Učinak sorte i gnojidbe na funkcionalnu vrijednost batata (Ipomoea batatas L.)

Bogović, Mara

Doctoral thesis / Disertacija

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:376217

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

KORICE



Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKULTET

Mara Bogović

UČINAK SORTE I GNOJIDBE NA FUNKCIONALNU VRIJEDNOST BATATA (*Ipomoea batatas* L.)

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2019.



University of Zagreb

FACULTY OF AGRICULTURE

Mara Bogović

EFFECT OF CULTIVAR AND FERTILIZATION ON FUNCTIONAL VALUE OF SWEET POTATO (*Ipomoea batatas* L.)

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKLUTET

MARA BOGOVIĆ

UČINAK SORTE I GNOJIDBE NA FUNKCIONALNU VRIJEDNOST BATATA (*Ipomoea batatas* L.)

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Nina Toth

Zagreb, 2019.



University of Zagreb

FACULTY OF AGRICULTURE

Mara Bogović

EFFECT OF CULTIVAR AND FERTILIZATION ON FUNCTIONAL VALUE OF SWEET POTATO (*Ipomoea batatas* L.)

DOCTORAL THESIS

Supervisor: Nina Toth, Ph.D.

Zagreb, 2019.

BIBLIOGRAFSKA STRANICA

Bibliografski podatci:

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje : Agronomija
Znanstvena grana: Povrćarstvo
Ustanova: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za povrćarstvo
Voditelj doktorskog rada: prof. dr. sc. Nina Toth
Broj stranica: 160
Broj slika: 30
Broj tablica: 22
Broj grafikona: 55
Broj literaturnih referenci: 200
Datum obrane doktorskog rada: 23.07.2019.

Sastav povjerenstva za obranu doktorskog rada:
1. Prof. dr. sc. Mirjana Herak Ćustić
2. Prof. dr. sc. Ivana Radojčić Redovniković
3. Doc. dr. sc. Sanja Fabek Uher

Rad je pohranjen u:
Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, Hrvatske Bratske Zajednice 4, p.p. 550,10 000 Zagreb, Knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb.

Tema rada prihvaćena je na sjednici Fakultetskog vijeća Agronomskog Fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, održanoj dana 10.07.2012. godine te odobrena na sjednici Senata Sveučilišta u Zagrebu, održanoj dana 16.10.2012. godine.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja, **Mara Bogović**, izjavljujem da sam samostalno izradila doktorski rad pod naslovom:

Učinak sorte i gnojidbe na funkcionalnu vrijednost batata (*Ipomoea batatas* L.)

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovog doktorskog rada;
- da je doktorski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (čl. 19.)

Zagreb, 23.07.2019. godine

_____

Potpis doktorandice

Ovu disertaciju je ocijenilo povjerenstvo u sastavu:

1. Prof. dr. sc. Mirjana Herak Ćustić,
   redovita profesorica u trajnom zvanju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

2. Prof. dr. sc. Ivana Radojčić Redovniković,
   redovita profesorica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

3. Doc. dr. sc. Sanja Fabek Uher,
   docentica Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Disertacija je obranjena na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, dana 23.07.2019. godine pred povjerenstvom u sastavu:

1. Prof. dr. sc. Mirjana Herak Ćustić, _____
   redovita profesorica u trajnom zvanju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

2. Prof. dr. sc. Ivana Radojčić Redovniković, _____
   redovita profesorica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

3. Doc. dr. sc. Sanja Fabek Uher, _____
   docentica Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Mentor: Prof. dr. sc. Nina Toth

Nina Toth, redovita profesorica, zaposlena je na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu u Zavodu za povrćarstvo. Akademski stupanj magistra znanosti iz znanstvenog područja Agronomije, znanstvene discipline Povrćarstvo stječe 1993. godine, a doktorice znanosti iz područja Biotehničkih znanosti, polja Agronomije, grane Bilinogojstvo, 2002. godine. Znanstvena djelatnost dr. sc. Nine Toth vezana je za introdukciju novih vrsta, sorata i tehnologija uzgoja povrća primjerenih različitim sustavima proizvodnje, na otvorenom i u zaštićenom prostoru. Poseban znanstveni interes iskazuje u istraživanju hidroponskog uzgoja lisnatog i plodovitog povrća, zatim utjecaja gnojidbe na nutritivnu vrijednost povrća te uzgoja povrća kao funkcionalne hrane. U nastavi na Agronomskom fakultetu sudjeluje kao nositeljica obveznih predmeta za koje je izradila programe: 'Opće povrćarstvo' na preddiplomskim studijima Hortikultura i Biljne znanosti te 'Biološki i ekološki čimbenici uzgoja povrća' i 'Suvremena tehnologija uzgoja povrća' na diplomskom studiju Hortikultura usmjerenje Povrćarstvo. Za poslijediplomski doktorski studij izradila je program i nositeljica je predmeta 'Uzgoj povrća kao funkcionalne hrane'. Također, nositeljica je predmeta 'Proizvodnja povrća' na preddiplomskim studijima Hortikultura i Biljne znanosti te suradnica na izbornom predmetu 'Korjenasto-gomoljaste kulture' na diplomskim studijima. Bila je nositeljica predmeta 'Osnove povrćarstva' na preddiplomskom međusveučilišnom studiju Mediteranska poljoprivreda. Bila je mentorica obranjenog magistarskog i doktorskog rada te član povjerenstva za obranu dva rada za magisterij znanosti i tri disertacije. Mentorica je dvije disertacije s prihvaćenom temom i pred obranom. Bila je mentor obranjenih studentskih kvalifikacijskih radova, 46 diplomskih i 30 završnih, a sa studentima redovito objavljuje zajedničke znanstvene radove. Od 2008. do 2014. godine bila je voditeljica preddiplomskog međusveučilišnog studija Mediteranska poljoprivreda, a od 2008. godine do danas voditeljica je diplomskog studija Hortikultura usmjerenje Povrćarstvo u izradi čijeg elaborata je aktivno sudjelovala. Od 2009. godine članica je Fakultetskog vijeća Agronomskog fakulteta, Odbora za nastavu i izbor nastavnika, a od 2012. do 2015. bila je članica Odbora za izbore u nastavna, znanstveno-nastavna i nastavna zvanja. Osam godina bila je članica Vijeća biotehničkog područja Sveučilišta u Zagrebu, a od 2012. do 2018. godine obnašala je funkciju predstojnice Zavoda za povrćarstvo. Održala je osamdeset jedno (81) priopćenje na dvadeset devet (29) međunarodnih znanstvenih skupova i trideset šest (36) priopćenja na devetnaest (19) nacionalnih znanstvenih skupova. Kao autor ili koautor ukupno je objavila 74 znanstvena rada, od kojih je 14 radova iz a1 skupine referalnih časopisa i 35 radova iz a2 skupine referalnih časopisa te 25 znanstvenih

radova registriranih u a3 skupini. Aktivni je recenzent radova u znanstvenim časopisima te projekata Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa te Ministarstva poljoprivrede. Vodila je jedan i surađivala na četiri nacionalna i dva međunarodna znanstvena projekta. Bila je član znanstvenog odbora sedam međunarodnih simpozija agronoma te član uređivačkog odbora šest zbornika radova međunarodnog simpozija agronoma. Bila je urednik zbornika radova 6th Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes te tehnički urednik dva zbornika radova znanstvenih skupova. Znanstveno se usavršavala u Italiji i Sloveniji. Član je Međunarodnog znanstvenog hortikulturnog društva (International Society for Horticultural Science). Govori engleski jezik. Vodila je devet i surađivala na trinaest stručnih projekata Ministarstva poljoprivrede i tijela koja se bave proizvodnjom i preradom povrća. Sudjelovala je na brojnim domaćim stručnim skupovima i održala 23 pozvana predavanja. Organizirala je osam javnih predstavljanja rezultata istraživanja na projektima, napisala stotinjak stručno-popularnih članaka te sudjelovala u radijskim i televizijskim emisijama vezanim uza struku. Sudjeluje u radu stručnih povjerenstava vezanih za povrćarstvo pri Ministarstvu poljoprivrede RH.

ZAHVALA

Zahvaljujem svojoj mentorici dr. sc. Nini Toth na velikom strpljenju i stručnom vodstvu prilikom izrade ovog rada.
Hvala dr. sc. Bruni Novak na ukazanoj prilici za istraživanja u sklopu projekta i dobroj suradnji, kao i stručnoj pomoći dr. sc. Ivani Radojčić Redovniković, dr. sc. Josipu Borošiću, dr. sc. Nadici Dobričević, dr. sc. Mirjani Herak Ćustić, dr. sc. Sanji Fabek Uher, dr. sc. Božidaru Benko i dr. sc. Sanji Radman.

Hvala članovima povjerenstva: prof. dr. sc. Mirjani Herak Ćustić, prof. dr. sc. Ivani Radojčić Redovniković i docentici dr. sc. Sanji Fabek Uher za obranu teme, ocjenu i javnu obranu doktorata te na konstruktivnim savjetima za poboljšanje rada.

Posebno želim zahvaliti svojoj obitelji, suprugu Tomislavu i najdražoj djeci Mariji Gabrijeli, Magdaleni, Heleni i Janku na velikom strpljenju, razumijevanju i pomoći.

Hvala mojim roditeljima, sestrama i braći na velikoj pomoći i podršci tijekom moga školovanja.

Zahvaljujem svim ostalim prijateljima i kolegama s kojima sam do sada imala priliku surađivati na podršci i razumijevanju.

SAŽETAK

Batat *(Ipomoea batatas* L.) je višegodišnja tropska vrsta iznimno velike nutritivne vrijednosti korijena i lista. Pripada u skupinu funkcionalne hrane zbog značajne količine specijaliziranih biljnih metabolita, antioksidativnih spojeva (vitamina, polifenola, karotenoida) i sadržaja esencijalnih minerala, dijetalnih vlakana, uz niski glikemijski indeks korijena. Sastav i koncentracija specijaliziranih biljnih metabolita su promjenjivi, zbog utjecaja genotipa, ekoloških uvjeta uzgoja i gnojidbe, što predstavlja problem u proizvodnji povrća kao funkcionalne hrane, od koje se očekuje ujednačena hranidbena i zdravstvena vrijednost. S obzirom na povećan interes za proizvodnjom batata stabilne antioksidacijske aktivnosti te malobrojne rezultate o toj problematici, uočena je potreba istraživanja utjecaja sorte i rastuće gnojidbe posebice kalijem na komponente prinosa, udio polifenola i antioksidacijsku aktivnost korijena i lista batata, u cilju dobivanja smjernica tehnologije uzgoja batata povećanih nutritivnih vrijednosti i ujednačene kvalitete. S tim ciljem je u SZ Hrvatskoj na Pokusno-pokaznom polju u Varaždinu, provedeno dvogodišnje istraživanje, radi utvrđivanja smjernica tehnologije uzgoja batata veće funkcionalne vrijednosti. Tijekom 2008. i 2009. godine postavljeni su istovjetni dvofaktorijalni poljski pokusi po metodi slučajnog bloknog rasporeda u četiri ponavljanja. Prvi faktor je sorta u dvije razine ('Bat' i 'Boniato'), i drugi gnojidba dušikom i kalijem u tri razine (kontrolna gnojidba odnos N i K 1:1, druga razina odnos N i K 1:2,5 i treća odnos N i K 1:5). Tijekom istraživanja s obzirom na sortu i rastuću gnojidbu dušikom i kalijem ostvareni su u obje godine veći prinosi korijena m^{-2} ('Bat' 2,78 do 4,67 kg i 'Boniato' 2,70 do 4,92 kg) i lista ('Bat' 1,82 do 3,73 kg i 'Boniato' 3,68 do 5,33 kg) veći postotak K u korijenu ('Bat' 1,49 do 2,34 % i 'Boniato' 1,20 do 1,81%) i listu ('Bat' 2,22 do 3,20 % i 'Boniato' 2,72 do 3,68 %), veći postotak N u korijenu ('Bat' 1,49 do 1,80 % i 'Boniato' 1,55 do 1,83 %) i listu ('Bat' 3,16 do 3,73 % i 'Boniato' 3,04 do 3,38 %),veći udio krupnije frakcije korijena ('Bat' 17,29 do 19,86% i 'Boniato' 9,61 do 17,79 %), veći udio ukupnih polifenola korijena sorte 'Bat' (3,75 do 16,08 mg GAE g^{-1} st) i ORAC vrijednosti korijena ('Bat' 15,10 do 73,03 µmol TE g^{-1} st) i veći udio flavonoida u listu ('Bat' 8,27 do 11,58 mg g^{-1} ST i 'Boniato' 9,59 do 20,61 mg g^{-1} ST), dok je udio ukupnih polifenola u listu ('Bat' 49,68 do 50,25 i 'Boniato' 51,77 do 53,31 mg g^{-1} ST) i ORAC vrijednosti ('Bat' 402,50 do 422,17 µmol TE g^{-1} ST i 'Boniato' 439,90 do 474,96 µmol TE g^{-1} ST) bio veći u drugoj godini istraživanja. Obje sorte su uz veću razinu gnojidbe dale veće prinose korijena i lista, veći udio N, sirovih proteina, K, dok je udio ukupnih polifenola i antioksidacijska aktivnost bila značajno veća u listu u odnosu na korijen kod obje razine gnojidbe.

Ključne riječi: *korijen, list, minerali, antioksidacijska aktivnost, polifenoli*

ABSTRACT

Effect of cultivar and fertilization on functional value of sweet potato (Ipomoea batatas L.)

Sweet potato (lat. Ipomoea batatas) is a vegetable species of extremely high nutritional value of roots and leaves. It belongs to a group of functional foods because of the significant amount of specialized herbal metabolites, antioxidants (vitamins, polyphenols, carotenoids) and the content of essential minerals, dietary fibres, with low glycaemic root index. Polyphenol compounds include a large group of specialized plant metabolites that contribute to better organoleptic and nutritional components of vegetables and fruits. Specialized secondary herbal metabolites are compounds synthesized in plants as secondary metabolic products in the interaction of plants with agro-environmental conditions. Specialized metabolites differ according to the chemical structure and their function in the organism. In food, specialized metabolites are most often defined as natural non-nutritional food ingredients, which have health-beneficial effects if consumed in adequate quantities. Moreover, antioxidants play an important role in human nutrition due to the strong function of protecting the body and boosting the immune system. By consuming foods rich in antioxidants, we help the body fight against various diseases caused by free radicals. The composition and concentration of specialized plant metabolites are variable due to the influence of genotypes, ecological conditions of cultivation and fertilization, which presents a problem in the production of vegetables as a functional food, which is expected to have a consistent nutritional and health value. The functional value of food is found in products that, besides basic nutritional value, have a positive effect on human health, preventing and reducing the risk of developing certain diseases. Due to the content of specialized metabolites, sweet potato is classified into functional foods because besides being a good source of minerals and vitamins, it supplies the body with important antioxidants. Antioxidants are produced in the cells or are introduced into our body through food intake, and function in several ways: they prevent the formation of new free radicals in the body, they destroy the radicals created in the body, or repair damage in the cells created by the action of free radicals. Oxidative stress implies a shift of balance in cellular oxidation-reduction reactions in the direction of oxidation. Oxidative stress causes excessive formation of free radicals of oxygen, resulting in the loss of balance in creating free radicals and the inability of a cell to disintegrate them, and causing changes related to cell damage. The root and leaf consumption of sweet potatoes is associated with various positive physiological effects on health, such as antioxidant activity, ant mutagenicity, anti cancerogenicity, antimicrobial activity, and antidiabetic effect. Functional values of the

sweet potato prompted producers to commercially breed sweet potato, as a new vegetable crop in Croatia. Due to the increased interest in the production of sweet potato with stable antioxidant activity and a small number of results on this problem, the need to investigate cultivar influence and growing fertilization, especially potassium on yield components, polyphenol concentrations and antioxidant activity of its root and leaf, has been recognized. With this aim, a two-year research was conducted in the Experimental-demonstration field in Varazdin to determine the guidelines for the breeding technology of equally balanced but nutritional and functional values of the sweet potato. During 2008 and 2009, identical two-factor polymorphisms were set up according to the method of randomized complete block design with four repetitions. The first factor is the variety in two steps, and the second fertilization with nitrogen and potassium in three steps. Two types of fertilization ('Bat' and 'Boniato') and two increased fertilization levels (500 and 1000 kg ha-1 NPK 7:14:21) were carried out with the addition of potassium salt K_2SO_4 to achieve a ratio of N:K 1:2.5 and 1: 5^t. As a control variant, a lower fertilization level was used with the ratio N:K 1:1 with 250 kg ha^{-1} NPK 15:15:15. Transplant production with a lump of substrate in polystyrene containers was organized in the protected area of the Department of Vegetable Crops of the Faculty of Agriculture. Planting was carried out in mid-May, with 2 plants per m^2 on raised bed covered with PE film, or 40 plants per basic parcel of 20 m^2. Sweet potato transplants were planted manually on a 1.2 m spacing distance and a 0.4 m line spacing, enabling 2 plants per square meter. Fertilization was performed prior to machine shaping and setting of PE film. Temperatures and rainfall were monitored daily on CDA devices. Thirty-sixty days after planting, leaves and stems were counted on each plot, and the length of the stem and leaf area index was measured, while the total yield of leaf mass and root was weighed at the end of the vegetation. After the roots' transport and storage, individual weighing of each root was performed, in order to calculate the share of individual root fractions and the influence of variety and fertilization on root size and marketable yield. The reference root and leaf sample were analyzed on the content of dry weigh, nitrogen, phosphorus and potassium at the Faculty of Agriculture, while total and individual polyphenols and antioxidant activity were analyzed at the Faculty of Food Technology at the Department of Biochemical Engineering. During the study, the validity of varieties was affirmed, along with fertilizers and their interaction on the amount of dry weigh in the leaf in both research years ('Bat' 5.97 to 7.34 %, 'Boniato' 5.81 to 7.29 %), on raw protein in the leaf ('Bat' 18.43 to 23.34 %, 'Boniato' 18.81 to 21.13 %), the total amount of N in the leaf ('Bat' 2.95 to 3.74 %, 'Boniato' 3.04 to 3.38 %), ('Bat' 0.22 to 0.33 %, 'Boniato' 0.21 to 0.34 %), quantity of K in the leaf ('Bat' 2.22 to 3.20 %, 'Boniato' 2.23 to 3.68 %). The values of the antioxidant activity of the leaf and total polyphenols of the 'Bat' variety were growing (80.07 to 121.27 µmol Trolox g-1 DW, that is 14.38 to 23.17 mg GAE g^{-1} DW in 2008 and

396.87 to 422 , 2 μmol TE g^{-1} DW, or 48.52 to 50.25 mg GAE g^{-1} DW in 2009) and the 'Boniato' variety values were falling (in 2008, 126 to 104 μmol TE g^{-1} DW, ie 22,03 to 20,58 mg GAE g^{-1} DW and increased in 2009 to 396.38 to 474.96 μmol TE g^{-1} DW, that is 50.02 to 53.31 mg GAE g^{-1} DW). There were higher values of individual and total flavonoids in the leaf ('Bat' 8.27 to 11.58 mg g^{-1} DW and 'Boniato' 9.56 to 20.61 mg g^{-1} DW). In the roots, bigger amounts of dry weigh were found in both research years ('Bat' 14.50 to 25.28 %, 'Boniato' 16.15 to 23.64 %), as well as raw protein in the root ('Bat' 9.18 to 11.25 %, 'Boniato' 8.56 to 11.44 %), the total amount of N in the root ('Bat' 1.47 to 1.80 %, 'Boniato' 1.37 to 1.83 %), the amount of P in the root ('Bat' 0.15 to 0.28 %, 'Boniato' 0.19 to 0.27 %), the amount of K in the root ('Bat' 1.49 to 2.34 %, 'Boniato' 1.18 to 1.81 %). The values of the antioxidant activity of root and total polyphenols of the Bat variety were growing (9.26 to 17.40 μmol TE g^{-1} fw, that is 2.30 to 4.32 mg GAE g^{-1} fw in 2008 and 48.73 to 61,56 μmol TE g^{-1} fw, or 13.03 to 16.08 mg GAE g^{-1} fw in 2009). The values of the 'Boniato' variety were falling (30.69 to 20.34 μmol TE g^{-1} fw, or 7.62 to 5.05 mg GAE g^{-1} fw in 2008, and in 2009 51.00 to 48.08 μmol TE g^{-1} fw, while polyphenols were growing 11.88 to 13.02 mg GAE g^{-1} fw). During the study, varying impact of variety and fertilization and their interaction with morphological properties (length of stem, number of stems, leaf counts and leaf area index) was determined, with 'Boniato' variety having significantly higher values compared to the 'Bat' variety. The length of stem thirty days after planting ('Bat' 27.68 to 29.90 cm, 'Boniato' 30.00 to 31.88 cm), number of stems ('Bat' 1.57 to 1.80, 'Boniato' 1.63 to 1.80), number of leaves ('Bat' 21.93 to 25.78, 'Boniato' 28.88 to 40.45), leaf area index ('Bat' 200.40 to 235.63 cm^2, 'Boniato '263.93 to 369.73 cm^2). The length of stem sixty days after planting was ('Bat' 50.93 to 61.45 cm, 'Boniato' 59.83 to 63.78 cm), number of stems ('Bat' 12.80 to 15.38, 'Boniato' 15.40 to 18.28), number of leaves ('Bat' 219.30 to 255.25, 'Boniato' 313.93 to 369.00), leaf area index ('Bat' 2004.40 to 2330.70 cm^2, 'Boniato' 2869.25 to 3305.95 cm^2). In both years, variety and fertilization interactions provided higher root yields per m^2 ('Bat' 2,78 to 4,67 kg and 'Boniato' 2,70 to 4,92 kg) and leaves ('Bat' 1,82 to 3,73 kg and 'Boniato' 3,68 to 5,33 kg), a higher share of a larger root fraction ('Bat' 17.29 to 19.86 % and 'Boniato' 9.61 to 17.79 %) and a higher share of the total marketable root ('Bat' 89.78 to 91,12 % and 'Boniato' 83.77 to 87.68 % in 2008 and in 2009 'Bat' 78.1 to 86.57 % and 'Boniato' 87.80 to 90.95 %). Higher level of fertilization in both varieties gave higher roots and leaf yields, higher percentage of dry weigh and crude protein, higher amounts of N, P and K, and bigger quantities of larger roots fractions. Total and individual polyphenols and antioxidant activity were variable (higher in 'Bat' variety and slightly lower in 'Boniato' variety), but significantly higher in the leaf of both varieties compared to the root.

Keywords: *roots, leaves, minerals, antioxidant activity, polyphenols*

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. HIPOTEZE I CILJEVI ISTRAŽIVANJA 4

1.1.1. Hipoteze 4

1.1.2. Ciljevi istraživanja 4

2. PREGLED LITERATURE 5

2.1. Funkcionalna vrijednost hrane 5

2.1.1. Specijalizirani biljni metaboliti 6

2.2. Batat kao funkcionalna hrana 7

2.2.1. Nutritivna vrijednost i glikemijski indeks korijena 8

2.2.2. Nutritivna vrijednost lista 10

2.3. Kemijski sastav 11

2.3.1. Suha tvar 13

2.3.2. Dušik i sirovi proteini 15

2.3.3. Minerali 16

2.3.4. Vitamini 21

2.4. Odnos i količina kalija i dušika u korijenu i listu 22

2.5. Važnost kalija i dušika za ljudsko zdravlje 24

2.6. Antioksidacijska aktivnost 25

2.6.1. Polifenoli 27

2.6.2. Flavonoidi 30

2.6.3. Fenolne kiseline 32

2.6.4. Antocijanini 34

2.7. Podrijetlo i povijesna rasprostranjenost batata 36

2.8. Biološki zahtjevi 39

2.9. Morfološka svojstva i sastavnice prinosa 40

2.9.1. Morfološka svojstva i botanička pripadnost 40

2.9.2. Tehnološka zrelost i berba 43

2.9.3. Sastavnice prinosa 44

2.10. Tehnologija uzgoja batata kao funkcionalne hrane 45

2.10.1. Sortiment 45

2.10.2. Rok uzgoja 46

2.10.3. Način uzgoja 47

2.10.4. Gnojidba 47

2.10.5. Navodnjavanje 49

2.10.6. Uvjeti čuvanja i način pripreme 50
3. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA 53
3.1. Postavljanje i provedba poljskih pokusa 53
3.1.1. Lokacija poljskih pokusa 54
3.1.2. Eksperimentalna organizacija poljskih pokusa 55
3.2. Kemijska analiza uzoraka tla 58
3.3. Kemijska analiza biljnog materijala 59
3.3.1. Suha tvar, proteini i minerali 59
3.4. Liofilizacija uzoraka lista 61
3.5. Udio ukupnih i pojedinačnih polifenola i antioksidacijska aktivnost 61
3.5.1. Određivanje udjela ukupnih polifenola Folin-Ciocateau (FC) reagensom 62
3.5.2. Određivanje udjela flavonoida tekućinskom kromatografijom visoke djelotvornosti (HPLC) 64
3.5.3. Određivanje antioksidacijske aktivnosti ORAC metodom 65
3.6. Statistička obrada podataka 69
3.7. METEOROLOŠKI UVJETI 70
3.7.1. Višegodišnji klimatski pokazatelji 70
3.7.2. Meteorološki uvjeti tijekom istraživanja 73
3.7.3. Vegetacijsko razdoblje batata 2008. i 2009. godine 73
4. REZULTATI 76
4.1. Kemijska analiza lista batata 76
4.1.1. Suha tvar 77
4.1.2. Sirovi proteini 79
4.1.3. Dušik 81
4.1.4. Fosfor 83
4.1.5. Kalij 84
4.1.6. Polifenoli 86
4.1.7. Flavonoidi 88
4.1.8. Antioksidacijska aktivnost lista 90
4.2. Kemijska analiza korijena batata 92
4.2.1. Suha tvar 94
4.2.2. Sirovi proteini 96
4.2.3. Dušik 98
4.2.4. Fosfor 100
4.2.5. Kalij 102
4.2.6. Polifenoli 103
4.2.7. Antioksidacijska aktivnost korijena 105
4.3. Morfološka svojstva nadzemnog dijela 107

4.3.1. Duljina vriježe 109
4.3.2. Broj vriježa 113
4.3.3. Broj listova 117
4.3.4. Indeks lisne površine 120
4.4. Prinos nadzemne biljne mase i korijena 124
4.4.1. Prinos nadzemne biljne mase 125
4.4.2. Ukupan prinos korijena 126
4.4.3. Udio frakcija tržnog korijena batata 128
5. RASPRAVA 132
6. ZAKLJUČCI 145
7. POPIS LITERATURE 146
ŽIVOTOPIS

POPIS KRATICA

AAK antioksidacijska aktivnost
CDA computerized diagnostic in agriculture; kompjutorska dijagnostika u poljoprivredi
DNK deoksiribonukleinska kiselina
DNS dana nakon sadnje
DRI Dietary Reference Intakes; dnevni referentni unos
FC Folin Ciocateau reagens
GAE Gallic Acid Equivalent – ekvivalent galne kisline
GI glikemijski indeks
HPLC High-performance liquid chromatography (tekućinska krom. visoke djelotvornosti)
IFIC International Food Information Council; međunar. vijeće za informiranje o hrani
ILP indeks lisne površine
K kalij
Kcal kilo kalorije
kJ kilo džula
LDL Low Density Lipoprotein; lipoprotein male gustoće
LSD Least Significant Difference; najmanja signifikantna razlika
N dušik
NPK Dušik (N) – fosfor (P) – kalij (K)
ORAC Oxigen Radical Absorbence Capacity (metoda određivanja antioks. aktivnosti)
P fosfor
PE polietilen
PP pepeo
RDA Recommended Dietary Allowances; preporučene dnevne doze
RNK ribonukleinska kiselina
ROS reactive oxygen species; reaktivni oblik kisika
RSR relativna stopa rasta
SP sirovi proteini
ST suha tvar
st svježa tvar
SZ Sjeverozapad
TE Trolox Equivalent; ekvivalent troloksa
UF ukupni flavonoidi
UL Tolerable Upper Intake Level; najveći sigurnosni dnevni unos
UP ukupni polifenoli

POPIS TABLICA

Tablica 1. Hranidbeni sastav batata 12
Tablica 2. Minerali u jestivom dijelu batata 17
Tablica 3. Nutritivna vrijednost batata i jestivih dijelova prehrambeno važnijih biljnih vrsta 18
Tablica 4. Sadržaj vitamina u jestivom dijelu batata 21
Tablica 5. Pozitivan zdravstveni učinak polifenola 32
Tablica 6. Derivati kava kiseline identificirani u batatu 34
Tablica 7. Prikaz 15 tipova antocijanina pronađenih u batatu 36
Tablica 8. Proizvodnja batata u svijetu 38
Tablica 9. Metode primijenjene u analizi uzoraka tla 58
Tablica 10. Rezultati kemijske analize tla prije sadnje i nakon gnojidbe i berbe 59
Tablica 11. Metode primijenjene u odredivanju suhe tvari i osnovnih makroelemenata 60
Tablica 12. Višegodišnji klimatski pokazatelji (1978. do 2007. godina) za Varaždin 70
Tablica 13. Petogodišnji klimatski pokazatelji (2003.do 2007. godina) za Varaždin 72
Tablica 14. Klimatski uvjeti tijekom vegetacije batata 73
Tablica 15. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na udio suhe tvari i sirovih proteina u listu 76
Tablica 16. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na udio ukupnog N, P i K u listu 77
Tablica 17. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnih i pojedinačnih flavonoida u listu 90
Tablica 18. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na udio suhe tvari i sirovih proteina u korijenu 93
Tablica 19. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na udio ukupnog N, P i K u korijenu 94
Tablica 20. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na duljinu i broj vrježa, broj listova po biljci i indeks lisne površine (trideset DNS) 108
Tablica 21. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na duljinu i broj vrježa, broj listova po biljci i indeks lisne površine (šezdeset DNS) 109
Tablica 22. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na prinos nadzemne mase i mase korijena 124

POPIS SLIKA

Slika 1. Klasifikacija prirodnih polifenola.....29
Slika 2. Flavonoidi identificirani u listovima i korijenu batata 31
Slika 3. Kemijska struktura kava i kina kiseline 33
Slika 4. Kemijska struktura klorogenske kiseline.....33
Slika 5. Kemijska struktura 4,5-dikafeoilkina kiselina 33
Slika 6. Kemijska struktura antocijanina u batatu 34
Slika 7. Strukturne formule antocijanina 35
Slika 8. Povijesni tijek širenja uzgoja batata.....37
Slika 9. Područja uzgoja batata i rasprostranjenost u svijetu.....38
Slika 10. Podzemni i nadzemni dijelovi biljke batata 42
Slika 11. List i cvijet batata.....43
Slika 12. Korijen i presjek korijena različitih sorti 45
Slika 13. i 14. Uzgoj presadnica.....54
Slika 15. i 16. Lokacija poljskih pokusa Varaždin 55
Slika 17. i 18. Postavljeni poljski pokusi 56
Slika 19. i 20. Formirane vriježe 2008. i 2009. godina.....56
Slika 21. i 22. Nadzemna lisna masa i vađenje batata 57
Slika 23. i 24. Korijen sorte 'Boniato' i sorte 'Bat'.....57
Slika 25. Kemijska struktura fluoresceina.....67
Slika 26. Kemijska struktura AAPH 67
Slika 27. Kemijska struktura Troloxa.....67
Slika 28. Tipičan kromatogram flavonoida sorte 'Bat' 88
Slika 29. Tipičan kromatogram flavonoida sorte 'Boniato' 88
Slika 30. UV spektar standarda (a) kvercetina, (b) miricetina, (c) apigenina i (d) kemferola 89

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Osnovni meteorološki pokazatelji (minimalne, srednje i maksimalne mjesečne temperature zraka i srednja mjesečna količina oborina) za Varaždin od 1978. do 2007. godine. 71
Grafikon 2. Osnovni meteorološki pokazatelji (minimalne, srednje i maksimalne mjesečne temperature zraka i srednja mjesečna količina oborina) od 2003. do 2007. godine ..72
Grafikon 3. Osnovni meteorološki pokazatelji tijekom eksperimentalnih pokusa, 2008. i 2009. godina 74
Grafikon 4. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio suhe tvari u listu, 2008. godina ...78
Grafikon 5. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio suhe tvari u listu, 2009. godina ...78
Grafikon 6. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio sirovih proteina u listu, 2008. godina 80
Grafikon 7. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio sirovih proteina u listu, 2009. godina 80
Grafikon 8. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnog N u listu, 2008. godina .82
Grafikon 9. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnog N u listu, 2009. godina .82
Grafikon 10. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio P u listu, 2008. godina 83
Grafikon 11. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio P u listu, 2009. godina 84
Grafikon 12. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio K u listu, 2008. godina 85
Grafikon 13. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio K u listu, 2009. godina 85
Grafikon 14. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnih polifenola u listu, 2008. godina 87
Grafikon 15. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnih polifenola u listu, 2009. godina 87
Grafikon 16. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na antioksidacijsku aktivnost lista, 2008. godina 91
Grafikon 17. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na antioksidacijsku aktivnost lista, 2009. godina 92
Grafikon 18. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio suhe tvari u korijenu, 2008. godina 95
Grafikon 19. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio suhe tvari u korijenu, 2009. godina 95
Grafikon 20. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio sirovih proteina u korijenu, 2008. godina 97
Grafikon 21. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio sirovih proteina u korijenu, 2009. godina 97

Grafikon 22. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnog N u korijenu, 2008. godina 98
Grafikon 23. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnog N u korijenu, 2009. godina 99
Grafikon 24. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio P u korijenu, 2008. godina 100
Grafikon 25. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio P u korijenu, 2009. godina 101
Grafikon 26. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio K u korijenu, 2008. godina 102
Grafikon 27. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio K u korijenu, 2009. godina 103
Grafikon 28. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnih polifenola u korijenu, 2008. godina 104
Grafikon 29. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnih polifenola u korijenu, 2009. godina 105
Grafikon 30. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na antioksidacijsku aktivnost korijena, 2008. godina 106
Grafikon 31. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na antioksidacijsku aktivnost korijena, 2009. godina 106
Grafikon 32. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na duljinu vriježe (trideset DNS), 2008. godina 110
Grafikon 33. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na duljinu vriježe (trideset DNS), 2009. godina 110
Grafikon 34. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na duljinu vriježe (šezdeset DNS), 2008. godina 111
Grafikon 35. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na duljinu vrieža (šezdeset DNS), 2009. godina 112
Grafikon 36. Relativna stopa rasta duljine vriježe cm/cm po danu 113
Grafikon 37. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj vrieža (trideset DNS), 2008. godina 114
Grafikon 38. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj vrieža (trideset DNS), 2009. godina 114
Grafikon 39. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj vrieža (šezdeset DNS) 2008. godina 116
Grafikon 40. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj vrieža (šezdeset DNS), 2009. godina 116
Grafikon 41. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj listova (trideset DNS), 2008. godina 117
Grafikon 42. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj listova (trideset DNS), 2009. godina 118

Grafikon 43. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj listova (šezdeset DNS), 2008. godina 119
Grafikon 44. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj listova (šezdeset DNS), 2009. godina 119
Grafikon 45. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na ILP (trideset DNS), 2008. godina 120
Grafikon 46. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na ILP (trideset DNS), 2009. godina ... 121
Grafikon 47. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na ILP (šezdeset DNS), 2008. godina . 122
Grafikon 48. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na ILP (šezdeset DNS), 2009. godina . 122
Grafikon 49. Relativna stopa rasta indeksa lisne površine (ILP cm/cm dan) 123
Grafikon 50. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na prinos nadzemne biljne mase, 2008. godina 125
Grafikon 51. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na prinos nadzemne biljne mase, 2009. godina 126
Grafikon 52. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na ukupan prinos korijena 2008. godina 127
Grafikon 53. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na ukupan prinos korijena, 2009. godina 127
Grafikon 54. Udio pojedinih frakcija tržnog korijena kod interakcije sorte i gnojidbe, 2008. godina 129
Grafikon 55. Udio pojedinih frakcija tržnog korijena kod interakcije sorte i gnojidbe, 2009. godina 130

1. UVOD

Udaljavanjem čovjeka od prirode, uza sve brži ritam života, premalo sna i sve veći pritisak uspjeha koji nam određuje život, došlo je do značajnih promjena u načinu i kvaliteti prehrane. Pravilna i cjelovita prehrana koja sadrži sve potrebne biološki aktivne spojeve, značajno utječe na vitalnost i zdravlje organizma. Kvalitetna prehrana osigurava organizmu kemijsku energiju potrebnu za funkcioniranje stanica i ujedno osigurava nutrijente potrebne za obnavljanje vlastitih tjelesnih rezervi (Adams,1999).

Kod prehrane je bitno međusobno uskladiti glavne grupe namirnica, pri čemu u današnjoj prehrani ugljikohidrati najčešće zauzimaju 50 do 55 %, masti 30 %, a proteini 15 do 20 % energije. Osim proteina, ugljikohidrata i masti za kvalitetno funkcioniranje metabolizma potrebno je više životno nužnih bioloških tvari (jedanaest vitamina, šest minerala, četrnaest elemenata u tragovima, deset esencijalnih aminokiselina), (Jopp i Strunz, 2005).

Povrće koje sadrži velik broj bioaktivnih tvari, koje se ne uklapaju u definiciju esencijalnih nutrijenata, najčešće ima vrlo povoljan utjecaj na zdravlje. U bioaktivne tvari ubrajamo vitamine, minerale, prehrambena vlakna, masne kiseline, karotenoide i flavonoide, koji mogu biti izvor energije i većinom sudjeluju kao materijal za endogenu sintezu gradivnih tvari (Adams, 1999; Danik i Singh, 2015). Bioaktivne tvari se ne sintetiziraju u tijelu i njihov nedostatak ne rezultira biokemijskim ili kliničkim manjkom. Unatoč tomu što njihove fiziološke uloge nisu esencijalne, u konačnici one imaju povoljan učinak na zdravlje i ukupnu kvalitetu života.

Prehrambeni proizvodi koji su industrijski obrađeni, u postupku prerade često gube određene mikrohranjive tvari, zbog čega se upravo naglašava važnost konzumiranja svježeg voća i povrća. Povrće i voće kao nemodificirana i neprerađena hrana predstavlja najpristupačniji oblik funkcionalne hrane. Važnost povrća kao funkcionalne hrane, koja može opskrbiti organizam hranjivim tvarima, sve veći značaj postiže zbog sadržaja biološki aktivnih spojeva kao specijaliziranih metabolita i njihova pozitivnog učinka na metabolizam i imunološki sustav. Specijalizirani metaboliti su produkti sekundarnog metabolizma biljaka, koji biljkama u fiziološkim procesima nisu nužni za primarne potrebe rasta i razmnožavanja.

U proizvodnji povrća kao funkcionalne hrane, zbog različitih abiotskih čimbenika i agrotehničkih mjera, koje mogu utjecati na nutritivne vrijednosti povrća, često dolazi do promjene u sastavu specijaliziranih metabolita i mineralnih tvari (Toth i sur., 2011b; Bogović i sur., 2010; Čustić i sur., 2003; Herak Ćustić i sur., 2007; Fabek i sur., 2012; Fabek, 2012; Petek, 2009; Žutić i sur., 2003; Šamec i sur., 2011). S obzirom na to da su i minerali nužni

za brojne funkcije organizma, puno veći značaj se pridaje povrću kao važnom izvoru minerala. Sve veći broj istraživanja u povrćarstvu usmjeren je osim postizanja visokih prinosa, na poboljšanje nutritivnih vrijednosti povrća kao funkcionalne hrane, pri čemu je poznavanje uvjeta uzgoja, uz ostale agrotehničke zahvate važno za postizanje veće kvalitete (Fabek 2012; Petek 2009; Radojčić Redovniković i sur., 2012; Toth i sur., 2011a).

Kao funkcionalna namirnica biljnog porijekla uz ostalo povrće navodi se i batat (Yang i sur., 2019; Campbell i sur., 2017; Wang i sur., 2016; Islam, 2006), koji osim dijetalnih vlakana i niskog glikemijskog indeksa, obiluje sadržajem esencijalnih minerala i bioaktivnih, antioksidativnih tvari (vitamina, polifenola i karotenoida). Batat je bogat prehrambenim vlaknima, mineralima, vitaminima i antioksidansima, kao što su fenolne kiseline, antocijani, tokoferoli i *beta*-karoten (Ji i sur., 2015; Vimala i sur., 2011; Islam i sur., 2016; Teow i sur., 2007). Korijen batata uzgaja se najčešće kao hrana ili za proizvodnju škroba, dok se listovi koriste kao stočna hrana (Islam, 2006). Rezultati istraživanja pokazuju da listovi batata sadrže visoku koncentraciju biološki aktivnih polifenolnih spojeva, koji mogu imati pozitivne zdravstvene učinke (Wang i sur., 2016; Islam i sur., 2002a; Radojčić Redovniković i sur., 2012).

Prirodni polifenolni spojevi u povrću predstavljaju važnu ulogu u zaštiti ljudskog zdravlja od oksidativnog stresa, bolesti povezanih sa starenjem, karcinoma, dijabetesa, kardiovaskularnih bolesti te Alzheimerove bolesti (Yoshimoto i sur., 2004). Posljednjih godina istraživanja su pokazala da polifenolni spojevi korijena i lista batata djeluju kao antioksidansi, imaju antimutagena i kemozaštitna svojstva te pokazuju antidijabetičke učinke (Alam i sur., 2016; Islam, 2006; Islam i sur., 2009). Zbog toga su provedena brojna istraživanja povezanosti sadržaja polifenola i antioksidacijske aktivnosti batata u ovisnosti o različitim genotipovima i sortama (Konczak-Islam i sur., 2003; Truong i sur., 2007; Harrison i sur., 2008), veličini korijena i starosti listova, utjecaju načina pripreme (Padda i Picha, 2007 i 2008a), te čuvanju u različitim uvjetima (Ishiguro i sur., 2007; Padda i Picha, 2008b).

Polifenolni sastav i koncentracija te antioksidativno djelovanje batata razlikuje se kao i kod drugog povrća ovisno o kultivaru i genotipu, također i razlikama uvjetovanim okolišnim i uzgojnim čimbenicima (Teow i sur., 2007; Truong i sur., 2007; Padda i Picha, 2008c; Rumbaoa i sur., 2009; Bogović i sur., 2010). S obzirom na to da su sastav i koncentracija specijaliziranih metabolita promjenjivi, zbog utjecaja genotipa, ekoloških uvjeta uzgoja i gnojidbe, to može predstavljati problem u proizvodnji povrća kao funkcionalne hrane od koje se očekuje ujednačena hranidbena i zdravstvena vrijednost.

Zbog povećanog interesa za proizvodnjom batata stabilne antioksidacijske aktivnosti te malobrojne rezultate o toj problematici, uočena je potreba istraživanja utjecaja sorte i rastuće gnojidbe posebice kalijem na komponente prinosa, koncentraciju polifenola i

antioksidacijsku aktivnost korijena i lista batata, s ciljem dobivanja smjernica tehnologije uzgoja batata povećanih nutritivnih vrijednosti i ujednačene kvalitete. Prinos batata u Hrvatskoj se uz uravnoteženu gnojidbu kretao oko 20 do 30 tona korijena, te oko 15 tona lista po hektaru (Bogović i sur., 2010).

Batat za postizanje visokih prinosa zahtijeva dobru opskrbljenost lako pristupačnim hranivima, osobito kalijem (Hossain i Fattah, 1987). Gnojidba batata u intenzivnom uzgoju obavlja se na osnovi provedene analize tla i stupnja opskrbljenosti tla hranivima te prema potrebama kulture za postizanje planiranog prinosa. Funkcionalne vrijednosti batata potaknule su poljoprivredne proizvođače na komercijalni uzgoj batata, kao nove povrtne kulture u Hrvatskoj. Napredna istraživanja u povrćarstvu, koja osim postizanja visokog prinosa pronalaze rješenja za poboljšanje funkcionalne vrijednosti, potaknula su i ova istraživanja u cilju dobivanja smjernica tehnologije uzgoja batata povećanih nutritivnih vrijednosti i ujednačene kvalitete kao funkcionalne hrane. Temeljem navedenih i uočenih razloga u proizvodnji batata kao funkcionalne hrane, u svrhu ovog istraživanja postavljene su sljedeće hipoteze i ciljevi.

1.1. HIPOTEZE I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

1.1.1. Hipoteze

Pretpostavlja se sljedeće:

H1. Da će sorta utjecati na komponente prinosa, koncentraciju polifenola i antioksidacijsku aktivnost korijena i lista batata.

H2. Da će povećana gnojidba kalijem rezultirati rastom količine kalija u listu i korijenu te ukupnih flavonoida u listu obje sorte, kao i ukupnih polifenola i antioksidacijske aktivnosti korijena narančaste sorte.

H3. Da će povećana gnojidba dušikom utjecati na povećanje ukupnog N i sirovih proteina u korijenu i listu batata.

H4. Da će rastuća gnojidba kalijem utjecati na povećanje prinosa i udio krupnije frakcije korijena obje sorte.

H5. Da će se izdvojiti kombinacija sorte i gnojidbe koja rezultira optimalnim funkcionalnim i agronomskim svojstvima batata.

1.1.2. Ciljevi istraživanja

1. Utvrditi utjecaj sorte na komponente prinosa, koncentraciju polifenola i antioksidacijsku aktivnost korijena i lista batata.
2. Utvrditi utjecaj gnojidbe kalijem na količinu kalija u korijenu i listu, koncentraciju ukupnih flavonoida u listu i polifenola u korijenu te antioksidacijsku aktivnost korijena.
3. Utvrditi utjecaj rastuće količine dušika na povećanje ukupnog N i sirovih proteina u korijenu i listu batata.
4. Utvrditi utjecaj rastuće količine kalija na povećanje prinosa i udio krupnije frakcije korijena na aluvijalnom, kalijem slabo opskrbljenom tlu.
5. Utvrditi utjecaj interakcije sorte i gnojidbe na istraživana svojstva lista i korijena batata.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Funkcionalna vrijednost hrane

Funkcionalnu vrijednost hrane imaju namirnice koje osim osnovne nutritivne vrijednosti imaju i pozitivan utjecaj na zdravlje ljudi, umanjujući rizik razvoja pojedinih bolesti (Adams,1999; Kalit Tudor, 2013). Razvojem kemijske i biološke znanosti, rasle su i cijene troškova liječenja kroničnih bolesti, što je potaknulo veću upotrebu funkcionalne hrane radi preveniranja različitih bolesti. Suvremena istraživanja su pokazala da funkcionalna hrana može sudjelovati u prevenciji i ublažavanju bolesti srca i krvožilnog sustava, karcinoma, pretilosti i osteoporoze (Dillard i German, 2000; Yoshimoto i sur., 2004; Kampulainen i Salonen,1998).

Međunarodno vijeće za informiranje o hrani (IFIC, 2002) dalo je definiciju koja kaže da je: „Funkcionalna hrana ona hrana koja pruža veću dobrobit za zdravlje nego osnovna prehrana.“ Prema (Danik i Singh, 2015) centar za funkcionalnu hranu definira „Funkcionalnu hranu“ kao svježu ili prerađenu hranu koja sadrži poznate ili nepoznate specijalizirane metabolite; koji u određenim i učinkovitim netoksičnim količinama, daju klinički dokazane i dokumentirane preventivne zdravstvene koristi, u sprječavanju i liječenju kroničnih bolesti. Zbog utjecaja specijaliziranih metabolita ili biokemijskih molekula koje poboljšavaju zdravlje kroz fiziološke mehanizme, ta definicija je važna za priznavanje funkcionalne hrane. Specijalizirani metaboliti se moraju uzimati u određenim netoksičnim količinama, jer i takvi bioaktivni spojevi imaju gornju granicu iznad koje mogu postati štetni za zdravlje.

Funkcionalna hrana s biološki aktivnim djelovanjem na jednu ili više funkcija u organizmu, prije svega doprinosi općem zdravstvenom stanju organizma, pozitivno utječe na pojedine tjelesne funkcije i prevenira nastanak bolesti (Jašić, 2010; Dillard i German, 2000; Adams, 1999). Povećanje informiranosti i svijesti potrošača o zdravijim mogućnostima prehrane, omogućava jednostavniji izbor proizvoda i uključivanje funkcionalne hrane u svakodnevnu prehranu (Čalić i sur., 2011; Roberfroid, 2002).

Važnost prehrane za ljudsko zdravlje kao i nova saznanja o pozitivnim učincima batata u prehrani svrstavaju ga u funkcionalnu hranu. Batat je svrstan u funkcionalnu hranu kao visoko energetska kultura bogata prehrambenim vlaknima, mineralima, vitaminima i antioksidansima, kao što su polifenoli, tokoferol i *beta*-karoten (Teow i sur., 2007; Mateljan 2010).

2.1.1. Specijalizirani biljni metaboliti

Biljni metaboliti sintetizirani u biljkama dijele se na primarne i sekundarne metabolite. Primarni metaboliti su prisutni u svim biljkama i omogućavaju osnovne funkcije u biljkama (šećeri, masne kiseline, aminokiseline i nukleinske kiseline). Specijalizirani biljni metaboliti su spojevi koji su sintetizirani u biljkama kao produkti sekundarnog metabolizma u interakciji biljke s agrookolišnim uvjetima. Specijalizirani biljni metaboliti se najčešće dijele na tri skupine; polifenole (prisutne u većini biljaka, osobito povrću i voću), terpene i spojeve s dušikom (alkoloide, glukozinolate i cijanohidrate). Prije se smatralo da sekundarni biljni metaboliti nisu nužni za rast i razvoj same biljke. Novija istraživanja potvrđuju njihovu važnost osobito u prilagodbi biljaka na nepovoljne uvjete. Osim njihove važnosti za biljke brojna istraživanja potvrđuju i njihov pozitivan učinak na zdravlje ljudi, zbog čega ih se često naziva specijaliziranim metabolitima, biološki aktivnim spojevima ili bioaktivnim komponentama, fitokemikalijama i nutraceuticima (Šamec, 2013).

Specijalizirani metaboliti u hrani najčešće su definirani kao prirodni nenutritivni sastojci hrane, koji imaju povoljne učinke na zdravlje ako se konzumiraju u primjerenim količinama. Konzumiranje određenog sastojka hrane povremeno može imati štetne učinke po zdravlje, a posebno onih koji imaju veću biološku aktivnost u procesima metabolizma u ljudskom organizmu (Adams, 1999). Zbog toga za većinu nutrijenata postoje preporučeni (RDA) i referentni (DRI) dnevni unosi, kao i maksimalne granice unosa (UL). Stoga je i za specijalizirane metabolite važna količina jer prekomjerne količine mogu izazvati suprotan neželjeni učinak.

Pri tome treba uzeti u obzir i način prehrane kao dio životnog stila i tradicije, prilikom određivanja potreba unosa hrane, koja sadrži određene specijalizirane metabolite. Visoku biološku aktivnost imaju spojevi u povrću, voću i začinskom bilju kao što su klorofil, karotenoidi, polifenoli, flavonoidi, glikozidi, tanini, alkaloidi, fitosteroli, lignani i drugi (Shetty i sur., 2013). Specijalizirani metaboliti se ne svrstavaju u nutrijente, ali imaju važnu ulogu u prehrani zbog preventivne funkcije kao npr: sulforafan, indol i karabinol u brokuli; likopen u rajčici i lubenici; *beta*-karoten u mrkvi, marelici i breskvama, lutein u kukuruzu; alicin u češnjaku, kvercetin u luku, elaginska kiselina u jabukama, genistein u soji, kapsaicini i karotenoidi u ljutim paprikama; katehini u zelenom čaju (Mateljan, 2008).

Specijalizirani metaboliti se međusobno razlikuju kemijskom strukturom i po funkciji u organizmu (Jašic, 2010; Adams,1999; Dragović-Uzelac i sur., 2009). Nutritivnu vrijednost povrća određuje njihov kemijski sastav, odnosno sadržaj i kvaliteta svih makro i mikronutrijenata te specijaliziranih metabolita. Kao specijalizirane metabolite-antioksidanse treba posebno istaknuti vitamine, biljne pigmente i enzime. Antioksidansi imaju vrlo važnu ulogu u ljudskoj prehrani zbog izražene funkcije zaštite organizma i jačanja imuniteta

(Dragović-Uzelac i sur., 2009). Brojna istraživanja pokazuju da konzumiranjem hrane bogate antioksidansima, pomažemo organizmu u obrani od različitih bolesti koje uzrokuju slobodni radikali. Prirodni antioksidansi su biljnog porijekla, nastaju u sekundarnom metabolizmu biljaka i prisutni su u svim vrstama svježeg voća i povrća (Shetty i sur., 2013).

Najpoznatiji antioksidansi su vitamin C i E, *beta*-karoten, te polifenolni spojevi. Oksidativni stres uzrokovan akumulacijom reaktivnih čestica kisika u organizmu, dovodi do pojave različitih patoloških procesa kao što su kardiovaskularne bolesti, tumori, neurodegenerativni poremećaji i starenje. Kardiovaskularne bolesti, uključujući aterosklerozu i hipertenziju, jedne su od najznačajnijih uzroka smrti u razvijenim zemljama. Stoga su polifenoli u posljednje vrijeme dobili veliko značenje u prehrani, zahvaljujući antioksidativnom kapacitetu i mogućem pozitivnom utjecaju na zdravlje.

Naziv specijalizirani metaboliti najčešće se odnosi na spojeve u biljkama koji imaju funkcionalna svojstva u organizmu jer djeluju kao pomoćna sredstva u preveniranju i liječenju bolesti. Mnogi mehanizmi preko kojih specijalizirani metaboliti utječu na zdravlje još uvijek nisu dovoljno istraženi (Jašic, 2010). Dostatna zastupljenost voća i povrća u svakodnevnoj prehrani od minimalno 5 obroka voća i povrća dnevno, najbolji je i siguran način da se osigura prisutnost tih specijaliziranih metabolita.

2.2. Batat kao funkcionalna hrana

Batat *(Ipomoea batatas* L.) je višegodišnja tropska vrsta koja pripada porodici slakova. U Hrvatskoj se uzgaja kao jednogodišnja povrtna kultura velike nutritivne vrijednosti korijena i lista. Batat je zbog sadržaja specijaliziranih metabolita svrstan u funkcionalnu hranu (Yang i sur., 2019; Campbell i sur., 2017; Wang i sur., 2016; Islam, 2006). Osim što je dobar izvor minerala i vitamina tijelo opskrbljuje i važnim antioksidansima (Ji i sur., 2015; Teow i sur., 2007; Mateljan, 2010). Batat je bogat kalcijem, željezom, *beta*-karotenom, vitaminom C i E te vitaminom K (Vimala i sur., 2011; Antia i sur., 2006; Ishida i sur., 2000; Islam, 2006).

Sadrži male količine masti, kolesterola i natrija, izvrstan je izvor dijetalnih vlakana, koji su nužni za pravilno funkcioniranje probave, čime se smanjuje rizik od raka debelog crijeva i sličnih bolesti (Alam i sur., 2016). Listovi batata dragocjeni su izvor i topivih dijetalnih vlakana (Wang i sur., 2016; Ishida i sur., 2000). Dijetalna vlakna snižavaju razinu kolesterola u krvi, ubrzavaju probavu, te usporavaju hidrolizu škroba i apsorpciju glukoze (Adams, 1999).

U batatu su utvrđene i brojne skupine spojeva glikozida (batatin) za koje se smatra da imaju antibakterijska i antifungalna svojstva, te protein sporamin koji ima antioksidativna svojstva (Rosas-Ramírez i Pereda-Miranda, 2013; Noda i Horiuchi, 2008; Qian i sur., 2017;

Mateljan, 2010; Yeh i sur., 1997; Nakamura i sur.,1993). U svijetu je zastupljen velik broj sorti batata koje se razlikuju prema nutritivnoj vrijednosti, ovisno o boji periderme i zadebljalog parenhimskog tkiva.

Narančaste sorte batata sadrže velike količine *beta*-karotena, dok ljubičaste sorte sadrže antioksidans antocijanin. Prema Novaku (2001), korijen batata težine 200 g daje istu količinu *beta*-karotena kao i 5 kg brokule. Karotenoidi su biljni pigmenti koji osiguravaju narančastu boju batatu, a važni su i kao izvor vitamina A (Milani i sur., 2017; Islam i sur., 2016). Provitamin vitamina A, odnosno *beta*-karoten se u organizmu pretvara u aktivni vitamin A. Karoten je antioksidans koji u molekulama LDL-a ulazi u obrambene antioksidacijske reakcije, te na taj način sprječava razvoj ateroskleroze (Mateljan, 2010; Adams, 1999). Vrlo je učinkovit hvatač slobodnih kisikovih radikala, može inhibirati peroksidaciju lipida, a smatra se da ima i preventivnu ulogu u razvoju karcinoma pluća ili kolona (http://www.belupo.hr).

2.2.1. Nutritivna vrijednost i glikemijski indeks korijena

Korijen batata kao nutritivno vrijedna namirnica u prehrani doprinosi boljoj ravnoteži razine glukoze u krvi. Prema energetskoj vrijednosti iznimno je važna kod problema s povišenim šećerom u krvi, kod osoba čije zdravlje ovisi o stabilnoj razini glukoze u krvi. Unatoč određenom sadržaju šećera u korijenu, preporučuje se batat koristiti u prehrani dijabetičara zbog niskog glikemijskog indeksa (Allen i sur., 2012).

Glikemijski indeks (GI) je mjera koja označava brzinu i intenzitet povišenja razine glukoze u krvi nakon konzumiranja određene hrane. Hrana koja posjeduje nisku vrijednost GI uzrokuje sporiji i manji porast glukoze u krvi, a hrana s visokim GI uzrokuje brži i veći porast razine glukoze u krvi. Glukoza koju dobivamo namirnicama bogatim ugljikohidratima, predstavlja osnovnu energiju za većinu tjelesnih stanica. Ugljikohidrati niskog GI povezani su s niskom razinom inzulina, što dovodi do bržeg sagorijevanja masti i manjeg nakupljanja u organizmu. Batat je visokoenergetska kultura, pečeni korijen batata s korom od 100 g sadrži oko 120 kcal. Korijen batata sadrži visok postotak škroba, analizom je utvrđeno 12,65 g škroba na 100 g sirovog korijena, uz malu količinu ukupnih šećera 4,18 g na 100 g sirovog korijena (Mateljan, 2008).

U korijenu batata glukoza se sintetizira u biljkama u procesu fotosinteze i pohranjuje u polimernom obliku kao škrob. U čovjekovu probavnom sustavu škrob se hidrolizira u glukozu, koja se resorbira u krvotok i iskorištava u glikolizi i drugim procesima metabolizma, a višak glukoze se pohranjuje u obliku glikogena. Aldehidna skupina glukoze kemijski reagira s amino-skupinama bjelančevina, zbog čega povećanje koncentracije glukoze u krvi može biti štetno jer dovodi do dijabetesa.

Ugljikohidrati imaju važnu ulogu u prehrani, jer glukoza predstavlja najvažniji i najzastupljeniji izvor energije u tijelu. Nužna je za rad mozga, bubrega i crvenih krvnih tjelešaca. Smatra se da mozak odrasle osobe treba oko 140 grama glukoze na dan. Glukoza se nalazi u mišićima i jetri uskladištena kao glikogen. Nutricionisti smatraju da je visoka razina šećera i inzulina u krvi posljedica prekomjernog unosa ugljikohidrata s visokim GI i jedan od ključnih faktora porasta kardiovaskularnih bolesti, hipertenzije, dijabetesa i inzulinske rezistencije. Zbog toga se hrana bogata prehrambenim vlaknima i s niskim GI smatra hranom s poželjnim ugljikohidratima.

Ugljikohidrati se s obzirom na probavljivost dijele na probavljive i neprobavljive. Probavljivi ugljikohidrati su škrob i šećeri jer se u organizmu hidroliziraju do jednostavnih šećera glukoze, fruktoze i galaktoze. Jednostavni šećeri se resorbiraju putem tankog crijeva i metaboliziraju na način da se postigne relativno konstantna koncentracija glukoze u krvi. Višak ugljikohidrata se pohranjuje u obliku glikogena u jetri i mišićima, a preostali dio se pretvara u mast i kao energetska rezerva pohranjuje u masno tkivo.

Neprobavljivi ugljikohidrati su polimeri ugljikohidrata biljnog porijekla, koji se u organizmu pod djelovanjem probavnih enzima ne mogu hidrolizirati i iskoristiti kao izvor energije. U tu skupinu spadaju vlaknaste tvari koje izgrađuju stanične stijenke biljaka, a najvećim dijelom to su celuloza, hemiceluloza, lignin i pektini, koji se zajednički nazivaju prehrambena vlakna. Biokemijskim i epidemiološkim istraživanjima utvrđena je velika važnost zastupljenosti prehrambenih vlakana u prehrani ljudi (Kaline i sur., 2007; Adams, 1999).

Hrana koja sadrži veće količine prehrambenih vlakana, pojačava peristaltiku crijeva, čime se smanjuje koncentracija i ubrzava odstranjivanje po zdravlje potencijalno štetnih sastojaka. Najveće količine prehrambenih vlakana sadržane su u povrću, voću te žitaricama i proizvodima od žitarica punog zrna. Stoga se spomenute namirnice preporučuju kao najbolji izvori takozvanih složenih ugljikohidrata.

Složeni ugljikohidrati koje konzumiramo iz batata razgrađuju se u jednostavne šećere, najčešće glukozu, koju potom mišići, mozak, srce i drugi organi koriste kao izvor energije. Jedan gram ugljikohidrata daje 4 kcal x 4,184, odnosno 16,736 kJ. Premda je osnovna uloga ugljikohidrata u organizmu opskrba energijom, oni također čuvaju proteine i preveniraju ketozu. Ugljikohidrati se u organizmu mogu izgraditi glukoneogenezom iz aminokiselina, zbog čega se ne smatraju najbitnijim sastojcima hrane. Unatoč tomu, u standardnoj prehrani se preporučuje od ukupne dnevne potrebe za energijom, podmiriti 55-60 % iz ugljikohidrata. Prehrana bez ugljikohidrata može izazvati nepovoljne promjene u metabolizmu.

Stoga se u cilju povećanja udjela složenih ugljkohidrata u prehrani preporučuje: povećati unos ugljikohidrata putem voća i povrća, konzumirati jela koja su bogata škrobom

(grah, riža, žitarice, batat), koristiti više proizvoda iz skupine žitarica od punog zrna, konzumirati kruh od cjelovitog zrna, umjesto slastica konzumirati voće, te smanjiti unos šećera i gaziranih pića. Upotreba namirnica bogatih složenim ugljikohidratima, osobito one koje sadrže minerale, vitamine i biološki aktivne spojeve (povrće, voće, leguminoze, grahorice) ima pozitivne učinke na zdravlje čovjeka.

Zbog niskog glikemijskog indeksa (GI=63±6) koji omogućava slabiju apsorpciju glukoze, konzumacija batata ne dovodi do štetnog stresa za organizam (Mateljan, 2008). Istraživanja pokazuju kako su možda fiziološke razine karotenoida i njihov unos prehranom, obrnuto proporcionalni rezistenciji na inzulin i visokim razinama šećera u krvi (Kusano i Abe, 2000). Novija istraživanja sugeriraju da antidijabetički sastojci batata potiču imunološki odgovor i imaju protuupalno djelovanje, zbog čega mogu biti korisni kao nefarmakološka terapija za dijabetes tipa II (Yuan i sur., 2017; Miyazaki i sur., 2005).

Smatra se da ekstrakti iz batata mogu značajno povećati razinu adiponektina u krvi kod osoba s dijabetesom tipa II (Mateljan, 2010). Adiponektin je proteinski hormon koji proizvodi masne stanice, a služi kao važan modifikator metabolizma inzulina. Osobe s loše reguliranim metabolizmom inzulina i inzulinske neosjetljivosti, imaju tendenciju stvaranja niže razine adiponektina, dok osobe s dobro reguliranim metabolizmom inzulina imaju tendenciju stvaranja više razine adiponektina (Jain, 2018; Mateljan, 2010).

2.2.2. Nutritivna vrijednost lista

Listovi batata su srcolikog oblika, svijetlo do tamnije zelene boje s istaknutim lisnim žilama. Mlado lišće batata se može koristiti svježe kao zeleno povrće (Islam, 2006) ili sušeno kao čaj. Čaj od lista batata preporučuje se za poboljšanje glikemijskog indeksa za dijabetičare, kod osoba koje pate od slabokrvnosti, za ublažavanje probavnih tegoba, za poboljšanje funkcija gušterače i jetre te za sprječavanje nesanice (Byamukama i sur., 2004).

Ovisno o sorti i uvjetima rasta, list batata se može nutritivno usporediti sa špinatom. Iznimno je bogat kalcijem, željezom, *beta*-karotenom, vitaminom C i E te vitaminom K (Ishida i sur., 2000; Islam, 2006). Razine željeza, kalcija i karotena su među najvišima u usporedbi s ostalim povrćem. Dovoljan unos kalcija u prehrani omogućuje razvoj zdravog kostura i umanjuje gubitak koštane mase, osobito u kasnijim razdobljima života. Kalcij može biti koristan i kao zaštita od hipertenzije, pri čemu odgovarajući unos kalcija može sniziti krvni tlak i tako poništiti učinak visokog unosa natrija (Mandić, 2007). Željezo je kofaktor enzimima u oksido-redukcijskim reakcijama. Ima važnu ulogu u lancu transporta elektrona i procesima dobivanja energije te u reakcijama oksidacije, sinteze aminokiselina, hormona i neurotransmitera. Vitamin A i njegov prekursor, *beta*-karoten omogućuju osjet vida, imaju

ulogu u sintezi proteina i diferencijaciji stanica, održavanju zdravlja epitelnog tkiva i kože, a važni su i u procesima rasta i reprodukcije (Mandić, 2007).

List batata sadrži i vitamin C koji u organizmu djeluje kao antioksidans i pomaže u prevenciji oštećenja tkiva, neutralizacijom slobodnih radikala. Vitamin C pomaže u stvaranju kolagena pa je u većim količinama potreban u stanju stresa, jer nadbubrežne žlijezde u takvim stanjima otpuštaju vitamin C u krv. Pokazalo se da vitamin C djeluje poput antihistaminika i pomaže u prevenciji prehlade (Mandić, 2007). Askorbinska kiselina je u visokim koncentracijama prisutna u kloroplastima, citosolu, vakuoli i apoplastu stanica lista u obliku soli askorbata. Ona je jedan od najvažnijih antioksidanasa u biljkama s glavnom ulogom uklanjanja vodikovog peroksida (Foyer i Noctor, 1998).

Batat sadrži i vitamin E koji štiti od razaranja stanične lipide i druge osjetljive komponente stanice i njihove membrane. Važan je u sprječavanju oksidacije polinezasićenih masnih kiselina i drugih lipida. Vitamin E ili tokoferol je topiv u mastima pa se u organizmu skladišti u masnom tkivu i jetri. Prehrana bogata vitaminom E smanjuje rizik od bolesti srca. Djelovanje vitamina E zbog antioksidacijskih svojstava važno je u sprječavanju starenja i odumiranja stanica. Vitamin E djeluje kao antikoagulans, snižava kolesterol u krvi, sprječava stvaranje ugrušaka, te se smatra da je koristan u preveniranju srčanih bolesti, raka i dijabetesa. (http://www.adiva.hr).

Batat sadrži i vitamin K koji ima najvažniju ulogu u procesu zgrušavanja krvi, a sudjeluje i u sintezi proteina kostiju (Mandić, 2007). Prema (Ishida i sur., 2000) rezultati istraživanja pokazuju da su listovi batata dragocjen izvor topivih dijetalnih vlakana, koja utječu na smanjenje glukoze i kolesterola u organizmu. Lišće batata je dobar izvor luteina, karotenoida koji ima mogućnost usporavanja degeneracije makule, koja je povezana sa sljepilom (Menelaou i sur., 2006).

Najveća vrijednost listova batata pripisuje se visokom sadržaju polifenola, posebice antocijanina i fenolnih kiselina, čija je količina znatno veća u usporedbi s ostalim povrćem (Islam, 2006; Radojčić Redovniković i sur., 2012; Bogović i sur., 2013a). Istraživanjima je utvrđeno da listovi batata sadrže najmanje 15 biološki aktivnih antocijanina, koji imaju važnu ulogu kod preveniranja određenih bolesti, a mogu se upotrijebiti i kao prirodna prehrambena bojila (Johnson i Pace, 2010; Islam, 2006).

2.3. Kemijski sastav

Kemijski sastav povrća može varirati ovisno o sorti, tlu, ekološkim faktorima i klimi, a predstavlja sadržaj svih sastojaka koji se nalaze u povrću, uključujući i vodu. Količina suhe tvari definira kvalitetu povrća, pri čemu više vrijednosti suhe tvari predstavljaju veće udjele vitamina, makro i mikroelemenata, šećera, pektina i drugih tvari, koje određuju

prehrambena svojstva odnosno nutritivnu vrijednost povrća. Topive krute tvari u povrću su: topivi proteini, amiloza, glukoza, fruktoza, saharoza, vitamini (C i B kompleks) i flavonoidi, a topive tekuće tvari su kiseline i alkohol.

Prema istraživanjima Oguntude (1994) provedenim na 49 kultivara batata sadržaj škroba se kretao od 30,80 do 41,80 g 100 g^{-1} od čega je amiloza iznosila 21 do 38,40 % dok je amilopektin iznosio 61,60 do 79 %. Ukupni šećeri su se kretali od 3,68 do 10,40 g 100 g^{-1}, sirovi proteini 1,39 do 9,40 mg 100 g^{-1}, dok je udio sirovih vlakana iznosio 3,84 do 5,89 %.

Voda je glavni sastojak povrća zbog važne funkcionalne uloge u izgradnji biljnih tkiva. Većina lisnatog povrća sadrži od 90 do 95 % vode, plodovito povrće preko 95 % vode, a gomoljasto i korjenasto povrće 65 do 83 % vode. Prema istraživanju Ingabire i Vasanthakaalam (2011) sadržaj vode u korijenu četiri ispitivane sorte batata kretao se od 62,58 do 64,34 %, a prema analizama provedenim na osam sorti batata sadržaj vlage se u prosjeku kretao oko 63,86 % u istraživanju Ellong i sur. (2014).

Istraživanja Sokoto i sur. (2007) pokazuju da maksimalna akumulacija suhe tvari u listu konstantno raste od 9 do 12 tjedana nakon sadnje batata, dok nakon petnaestog tjedna opada zbog starenja lista. Prema Nedunchezhiyan i sur. (2010) sadržaj suhe tvari, škroba i beta-karotena u korijenu batata je bio veći pri aplikaciji organskih gnojiva.

Tablica 1. Hranidbeni sastav batata

Sadržaj	Postotak
Voda	66,1-71,1
Sirovi proteini	1,57-2,08
Sirove masti	0,41-1,0
Ugljikohidrati	24,0-26
Vlakna	0,67-2,62
Minerali	1,03-1,39

(Izvor: Lešić i sur. 2016)

Prema istraživanju George i sur. (2002) provedenom na nekoliko genotipova batata, zabilježeno je povećanje sadržaja suhe tvari, te sadržaja karotena i antocijana zbog povećane gnojidbe kalijem. Prema Lešić i sur. (2016) zastupljenost glavnih hranidbenih sastojaka u batatu prikazana je u tablici 1.

2.3.1. Suha tvar

Sadržaj suhe tvari varira ovisno o dijelu biljke, a kod povrća se sastoji od brojnih kemijskih spojeva, ugljikohidrata, proteina, masti, vitamina i minerala. U suhoj tvari biljaka najviše su zastupljeni organogeni elementi: ugljik 44 do 49%, kisik 42 do 46% i vodik 5 do 7 %, dok dušik, fosfor i sumpor koji se usvajaju u mineralnom obliku predstavljaju važne konstitucijske elemente, uz kalcij, magnezij i kalij koji imaju ulogu aktivatora enzima.

Zelene biljke u procesu fotosinteze, sintetiziraju ugljikohidrate iz ugljičnog dioksida i vode uz pomoć sunčevog svjetla, pri čemu dolazi do oslobađanja kisika. Primarni produkt fotosinteze su vodotopivi šećeri koji se lako transportiraju kroz biljna i animalna tkiva i postaju stanična energija. Rezultati istraživanja Ellong i sur. (2014) pokazuju da je sadržaj ugljikohidrata u prosjeku iznosio oko 31,66 g 100 g^{-1} u osam analiziranih sorti batata. Prema rezultatima istraživanja Eleazu i Ironua (2015) utvrđen je 40,77 % udio ugljikohidrata u korijenu batata. Prema istraživanju Sun i sur. (2014) sadržaj ugljikohidrata u listu batata se kretao od 42,03 do 61,36 g 100 g^{-1} suhe tvari.

Namirnice bogate ugljikohidratima osim sjemenki zrnatih kultura su gomoljasto i korjenasto povrće, koje sadrži velike količine škroba i smatra se najvažnijim izvorom ugljikohidrata u prehrani. Najvažniji ugljikohidrati prisutni u hrani su šećeri, škrob i celuloza. Šećeri se u biljkama mogu polimerizirati do polisaharida, koji nisu lako topivi u vodi, ali se lako skladište u stanicama ili se ugrađuju u stanične stijenke.

Jednostavni šećeri iz voća i povrća su lako probavljivi dok je za digestiju disaharida, kao što je stolni šećer, potrebna određena količina energije. Disaharidi i škrob razgrađuju se u organizmu do jednostavnih šećera glukoze i fruktoze. Rezultati istraživanja Ellong i sur. (2014) pokazuju da je u osam analiziranih sorti batata sadržaj glukoze iznosio od 0,021 do 0,21 g 100 g^{-1}, sadržaj fruktoze od 0,014 do 0,26 g 100 g^{-1}, a sadržaj saharoze od 0,04 do 2,46 g 100 g^{-1}. Prema istraživanju Dobričević i sur. (2008b) u korijenu batata je izmjereno od 0,16 do 10,99 % maltoze, od 1,17 do 4,44 % saharoze i od 0,76 do 1,99 % glukoze ovisno o kultivaru i načinu pripreme namirnice. Prema rezultatima istraživanja Eleazu i Ironua (2015) utvrđen je sadržaj reducirajućih šećera od 1,58 g 100 g^{-1} analizom korijena batata.

Škrob pripada skupini polisaharida složene građe, čija razgradnja se odvija sporije i zahtijeva prisutnost odgovarajućih enzima. S obzirom na karakteristike i viskoznost, škrob batata pokazuje svojstva između krumpirovog i kukuruznog škroba. Prema rezultatima istraživanja Ellong i sur. (2014) sadržaj škroba u osam analiziranih sorti batata u prosjeku je iznosio oko 23,25 %.

Rezultati istraživanja Dobričević i sur. (2008b) pokazuju da se škrob u batatu kretao od 9,89 do 17,03 % ovisno o kultivaru i načinu pripreme korijena. Prema rezultatima

istraživanja Eleazu i Ironua (2015) utvrđen je 20,78 % udio škroba u batatu. Brojni kultivari zastupljeni u uzgoju batata razlikuju se prema količini škroba i suhe tvari u korijenu. Prema Lešić i sur. (2016) škrob batata sadrži trećinu amiloze i dvije trećine amilopektina, koji prilikom kuhanja prelazi u maltozu i daju jelu sladak okus. Rezultati istraživanja Dobričević i sur. (2008 b) pokazuju da se ovisno o kultivaru i načinu termičke obrade sadržaj suhe tvari u korijenu batata kretao 20,05 do 34,26 %, dok je topiva suha tvar iznosila od 5,73 % do 17,33 %.

Celuloza je najvećim dijelom neprobavljiva i ne smatra se izvorom energije, ali je važna za gastrointestinalnu funkciju i eliminaciju otpadnih tvari. Prema rezultatima istraživanja Vitali i sur. (2008.) udio prehrambenih vlakana kod batata se kretao 19 do 21 g 100 g^{-1}, od čega je oko 50 % otpadalo na topivu frakciju. Rezultati istraživanja Ellong i sur. (2014) pokazuju da je sadržaj vlakana u prosjeku iznosio oko 4,38 % u osam analiziranih sorti batata. Prema rezultatima istraživanja Sun i sur. (2014) na četrdeset ispitanih kultivara batata, sadržaj sirovih vlakana u listu se kretao od 9,15 do 14,26 g 100 g^{-1} suhe tvari. Prema istraživanjima Gichuhi i sur. (2014) u gnojidbenim pokusima sadržaj sirovih vlakana u korijenu batata se kretao od 3,9 do 4,5 % u suhoj tvari, dok je prema rezultatima istraživanja Ingabire i Vasanthakaalam (2011) sadržaj sirovih vlakana iznosio od 0,11 do 0,14 % u svježoj tvari, sukladno rezultatima istraživanja Eleazu i Ironua (2015) utvrđen je sadržaj sirovih vlakana od 0,12 % u batatu.

Istraživanja Jian Wei i sur. (2001) pokazuju da je sadržaj suhe tvari u batatu rastao gnojidbom K do optimuma od 225 kg K_2O ha^{-1}, pri čemu je sadržaj suhe tvari korijena batata bio veći kod primjene kalijevog sulfata u odnosu na kalijev klorid, dok Okpara i sur. (2009) iznose da aplikacija N do 120 kg N ha^{-1} utječe na povećanje indeksa lisne površine i sadržaj suhe tvari. Prema rezultatima Yeng i sur. (2012) istraživanja provedena na batatu sa šest razina gnojidbe mineralnim NPK i organskim (kokošjim) gnojem, utjecala su značajno na povećanje udjela suhe tvari.

Osim ugljikohidrata u batatu su u manjem udjelu zastupljene sirove masti i proteini ali i značajne količine vitamina i minerala. Rezultati istraživanja Sanoussi i sur. (2016a) pokazuju da se udio proteina u korijenu batata kretao od 2,03 do 4,19 %, udio masti od 0,54 do 2,22 %, uz najveće utvrđeno odstupanje i udio masti u samo jednoj bijeloj sorti batata od 8,88 % te udio pepela od 2,56 % do 4,70 %.

Prema rezultatima istraživanja Eleazu i Ironua (2015) udio proteina je iznosio 2,67 %, udio masti 0,65 %, te udio pepela 1,15 % u analiziranom korijenu batata. Rezultati istraživanja Sun i sur. (2014) pokazuju da je u listu batata bilo zastupljeno sirove masti od 2,08 do do 5,28 g 100 g^{-1}, dok se udio proteina u listu kretao od 16,69 do 31,08 g 100 g^{-1} suhe tvari.

2.3.2. Dušik i sirovi proteini

Dušik je u tlu zastupljen u obliku organskih i anorganskih spojeva u količini od 0,1 do 0,3 %, zbog čega je gnojidba dušičnim gnojivima u intenzivnoj proizvodnji nužna za postizanje visokih prinosa. Dovoljna raspoloživost dušika predstavlja bitan faktor u procesima rasta i razvoja biljaka, kao i u postizanju optimalnih prinosa i kvalitete. Istraživanjem Purcell i sur. (1982) utvrđena je pozitivna korelacija između gnojidbe dušikom i ukupnog sadržaja dušika u korijenu batata. Prema rezultatima istraživanja Bogović i sur. (2014) dušik je u korijenu batata pri različitim varijantama gnojidbe bio značajno niži u odnosu na udio dušika u listu batata.

Bljke kod nižih pH vrijednosti usvajaju dušik kao NO_3^-, dok kod viših pH vrijednosti preferiraju NH_4^+ oblik dušika. Dušik je u povrću zastupljen u različitim spojevima (od 1 do 5,5 %) u sastavu proteina, aminokiselina, amida, amina i nitrita. Prema istraživanjima Ćustić (1997) akumulacija nitrata glavatog radića uvjetovana je količinom dušika u tlu i agroekološkim uvjetima, zbog neprimjerene redukcije nitrata u biljci na štetu biosinteze amnokiselina.

Biljke bogate dušikom i sirovim proteinima mogu predstavljati važan izvor aminokiselina u svakodnevnoj prehrani. Količina dušika u biljkama je povezana s količinom proteina, budući da proteini sadrže oko 16 % dušika, odnosno sadržaj sirovih proteina se određuje množenjem dušika s faktorom 6,25.

Proteini su najsvestranije molekule u živim organizmima koje obavljaju bitne funkcije u svim biološkim procesima. Proteini u organizmu djeluju kao katalizatori, prenose i pohranjuju ostale molekule, osiguravaju mehaničku potporu i imunološku zaštitu, provode gibanje, prenose živčane impulse, te kontroliraju rast i diferencijaciju (Barg i sur., 2013).

Dosadašnja provedena istraživanja su pokazala da batat sadrži posebne proteine pohranjene u korijenu koji imaju trećinu antioksidativne aktivnosti glutationa, jednoga od najsnažnijih antioksidanasa koji se proizvode u organizmu (Hou i sur. 2001). Proteini u biljkama nisu postojani, nego se kontinuirano stvaraju i razlažu, pri čemu je njihovo obnavljanje puno brže u listu nego u korijenu.

Prema Rubatzky i Yamaguchi (1997) sadržaj proteina u korijenu batata kod većine kultivara se kretao između 1,5 % do 2,5 %, što je znatno niže od prosjeka u usporedbi s ostalim povrćem, dok je sadržaj proteina u listu bio za 30 % veći. Rezultati istraživanja Sun i sur. (2014) pokazuju da se sadržaj proteina u listu kod 40 ispitanih kultivara batata kretao od 16,69 do 31,08 g 100 g^{-1} suhe tvari.

Prema rezultatima istraživanja Eleazu i Ironua (2015) udio proteina u analiziranom korijenu batata je iznosio 2,67 %. Istraživanja George i sur. (2002) pokazuju da povećana gnojidba kalijem može dovesti do smanjenja sadržaja proteina, pri čemu su zabilježena

odstupanja između različitih genotipova u sadržaju proteina. Prema rezultatima istraživanja Ingabire i Vasanthakaalam (2011) udio sirovih proteina u korijenu batata kretao se od 0,71 do 0,91 % u svježoj tvari, dok se prema rezultatima istraživanja Ukom i sur. (2009) udio sirovih proteina ovisno o sorti i gnojidbi kretao do 1,75 do 9,84 % u suhoj tvari.

Rezultati istraživanja Sanoussi i sur. (2016a) pokazuju da se udio proteina u korijenu batata kretao od 2,03 do 4,19 %. Rezultati istraživanja Sun i sur. (2014) pokazuju da je u listu batata bilo zastupljeno sirove masti od 2,08 do do 5,28 g 100 g^{-1}, dok se sadržaj proteina u listu kretao od 16,69 do 31,08 g 100 g^{-1} suhe tvari.

2.3.3. Minerali

Batat sadrži značajne količine minerala (Ca, P, Zn, Cu, Na, Mn, Se, Cl, S) od kojih se posebno ističu (Mg, Fe i K). Minerali su anorganski kemijski elementi koji u organizmu čine 4,5 % tjelesne mase. Od ukupno 103 minerala u ljudskom organizmu se nalazi 80, a od toga se glavnina nalazi u kostima (http://www.adiva.hr). Minerali se moraju unositi u organizam putem hrane, vode ili dodataka jer se ne mogu stvarati niti potpuno potrošiti u organizmu. Ljudski organizam sadrži određene količine minerala i održava stabilne koncentracije u plazmi, što je nužno za normalno funkcioniranje.

Minerali su značajni u građi enzima, hormona, hemoglobina, strukturnih proteina i proteina odgovornih za ekspresiju gena, vitamina, te preko njih utječu na gotovo sve procese metabolizma. Svaki pojedini mineral ima svoju specifičnu funkciju, pa njegov nedostatak može utjecati i na sve funkcije u kojima ti minerali sudjeluju. Minerali, kao i svi drugi sastojci ljudskog organizma podložni su promjenama. Ulaze u organizam kao anorganske soli, organski spojevi ili dolaze u keliranim oblicima koji se lakše apsorbiraju, pri čemu valentnost minerala određuje veličinu apsorpcije. Sluznica probavnog trakta negativno je nabijena i privlači pozitivno nabijene ione. S obzirom na to da može propustiti samo jedan ion, problem apsorpcije rješava se keliranjem-vezanjem iona na aminokiseline.

Minerali se dijele u dvije skupine: oligoelemente (organizam ih treba u količini većoj od 100 mg dnevno) i elemente u tragovima. Oligoelementi su kalcij, magnezij, fluor, natrij, sumpor i klor, a svi ostali su elementi u tragovima. Među brojnim mineralima koji imaju značajnu ulogu u biološkom sustavu, u antioksidacijskoj obrani se najčešće spominju bakar, cink i selen kao dijelovi proteina, enzima i antioksidansa. Batat je dobar izvor minerala, naročito bakra i mangana, minerala potrebnih za aktivnost superoksid-dismutaze, jednoga od najsnažnijih antioksidativnih enzima (Mateljan, 2010).

Minerale zajedno s vitaminima i elementima u tragovima svrstavamo u mikronutrijente, koji predstavljaju tri četvrtine za život potrebnih bioloških tvari. Količina minerala u biljkama varira ovisno o biljnoj vrsti, starosti i dijelu biljke koji se analizira,

opskrbljenosti tla hranivima i vodom, kao i drugim vanjskim i unutarnjim faktorima rasta i razvoja biljke.

Količina minerala u listu predstavlja važan pokazatelj dobre ishranjenosti biljaka, uzimajući pri tome u obzir sposobnost premještanja pojedinih elemenata iz starijeg u mlađe fiziološki aktivno lišće. Mlado lišće sadrži više: dušika, fosfora, kalija, magnezija i sumpora, dok starije lišće sadrži više slabo pokretljivih elemenata kao što su kalcij, bakar i bor.

Istraživanje Sun i sur. (2014) potvrđuje da lišće batata koje sadrži hranjive tvari i biološki aktivne spojeve sadrži i značajne količine minerala K, P, Ca, Mg, Fe, Mn i Cu. Prema rezultatima istraživanja Laurie i sur. (2012) sadržaj minerala u korijenu 12 sorti batata kretao se u rasponu od 34 do 63 mg 100 g^{-1} kalcija, 15 do 37 mg 100 g^{-1} magnezija, od 28 do 51 mg 100 g^{-1} fosfora, od 191 do 334 mg 100 g^{-1} kalija, od 0,73 do 1,26 mg 100 g^{-1} željeza i od 0,51 do 0,69 mg 100 g^{-1} cinka.

Osim razlika među sortama odstupanja se mogu pripisati razlikama u mineralnom sastavu tla, pH tla ali i interakcije sorte i agrookolišnih uvjeta. Korijen biljaka ima relativno niži sadržaj minerala u odnosu na lišće. Prema rezultatima istraživanja Sanoussi i sur. (2016b) pokazuju da se mineralni sastav u suhoj tvari batata kretao za željezo do 0,53 do 0,73 mg 100 g^{-1}, cinka 0,23 do 0,27 mg 100 g^{-1}, kalcija od 23,04 do 29,97 mg 100 g^{-1}, magnezija 21,30 do 25,40 mg 100 g^{-1}, natrija 42,00 do 46,33 mg 100 g^{-1} i kalija od 310,67 do 326,67 mg 100 g^{-1} suhe tvari. Prema istom istraživanju odnos između minerala: kalcij-fosfor, natrij-kalij, te kalcij-magnezij pokazuju da je deset analiziranih sorti pogodno kao dobra hrana za bolesti hipertenzije i regulacije dijabetesa. Rezultati istraživanja Ellong i sur. (2014) na osam analiziranih sorata batata pokazuju da je prosječan sadržaj K u korijenu batata iznosio 407,04 mg 100 g^{-1}.

Prema Lešić i sur. (2016) sadržaj minerala u mg 100 g^{-1} jestivog dijela korijena batata također potvrđuju hranidbenu i zdravstvenu vrijednost te namirnice (tablica 2).

Tablica 2. Minerali u jestivom dijelu batata

Sadržaj minerala	**mg 100 g^{-1} ST**
Kalij	229-330
Magnezij	15-28
Kalcij	20-49
Fosfor	21-65
Željezo	0,7-2,24
Sumpor	31

(Izvor: Lešić i sur. 2016)

Tablica 3. Nutritivna vrijednost batata i jestivih dijelova prehrambeno važnijih biljnih vrsta

Sadržaj u 100 g jestivog biljnog dijela	**Batat**	**Kukuruz**	**Riža**	**Pšenica**	**Krumpir**	**Soja**	**Jam**
Voda (g)	77	76	12	11	79	68	70
Energija (kJ)	360	360	1528	1419	322	615	494
Proteini (g)	1,6	3,2	7,1	13,7	2,0	13,0	1,5
Masti (g)	0,05	1,18	0,66	2,47	0,09	6,8	0,17
Ugljikohidrati (g)	20	19	80	71	17	11	28
Vlakna (g)	3	2,7	1,3	10,7	2,2	4,2	4,1
Šećer (g)	4,18	3,22	0,12	0	0,78	0	0,5
Ca (mg)	30	2	28	34	12	197	17
Fe (mg)	0,61	0,52	4,31	3,52	0,78	3,55	0,54
Mg (mg)	25	37	25	144	23	65	21
P (mg)	47	89	115	508	57	194	55
K (mg)	337	270	115	431	421	620	816
Natrij (mg)	55	15	5	2	6	15	9
Zn (mg)	0,3	0,45	1,09	4,16	0,29	0,99	0,24
Bakar (mg)	0,15	0,05	0,22	0,55	0,11	0,13	0,18
Mangan (mg)	0,26	0,16	1,09	3,01	0,15	0,55	0,40
Selen (mcg)	0,6	0,6	15,1	89,4	0,3	1,5	0,7
Vitamin C (mg)	2,4	6,8	0	0	19,7	29	17,1
Thiamin (mg)	0,08	0,20	0,58	0,42	0,08	0,44	0,11
Riboflavin (mg)	0,06	0,06	0,05	0,12	0,03	0,18	0,03
Niacin (mg)	0,56	1,70	4,19	6,74	1,05	1,65	0,55
Pantotenska kiselina	0,80	0,76	1,01	0,94	0,30	0,15	0,31
Vitamin B6 (mg)	0,21	0,06	0,16	0,42	0,30	0,07	0,29
Folati ukupni (µg)	11	46	231	43	16	165	23
Vitamin A (IU)	14187	208	0	0	2	180	138
Vitamin E (mg)	0,26	0,07	0,11	0	0,01	0	0,39
Vitamin K (µg)	1,8	0,3	0,1	0	1,9	0	2,6
Beta-caroten (µg)	8509	52	0	0	1	0	83

Izvor: (The world's healthiest foods; http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=64; preuzeto: 20.10.2016.)

Prema tablici 3 u usporedbi s nekoliko važnijih biljnih vrsta, prosječan sadržaj kalcija u 100 grama batata iznosi 30 mg, željeza 0,61 mg, magnezija 25 mg, fosfora 47 mg, kalija 337 mg, natrija 55 mg, cinka 0,3 mg, bakra 0,15 mg, mangana 0,26 mg i selena 0,6 mg. Bitno je spomenuti da list batata sadrži i oksalate (56 mg 100 g^{-1}), što pojedinim osobama s određenim bubrežnim i žučnim oboljenjima može stvarati probleme (Mateljan, 2008).

Oksalati također mogu vezati esencijalne minerale iz hrane poput kalcija i tako smanjiti njihovu bioraspoloživost.

Prekomjeran unos oksalata može uzrokovati akutno trovanje, što rezultira hipokalcijemijom ili kroničnim trovanjem kod kojeg se kalcijevi oksalati kristaliziraju u bubrezima (Islam, 2006). Kuhanjem u vodi može se smanjiti količina topivih oksalata (30-87 %), s tim da se ne konzumira voda u kojoj se kuhala namirnica (Kralj, 2010).

Fosfor

Biljke usvajaju fosfor u anionskom obliku kao $H_2PO_4^-$ i HPO_4^{2-} i ugrađuju ga u organsku tvar bez redukcije. Fosfor se u biljakama nalazi u sastavu organskih spojeva: nukleinskih kiselina, nukleotida, fosfatida i enzima, a koncentracija fosfora u biljkama se kreće od 0,3 do 0,5 %. Rezultati istraživanja Bogović i sur. (2014) pokazuju da je udio fosfora u listu kod gnojidbe bio veći u odnosu na udio fosfora u korijenu batata.

Prema rezultatima istraživanja Sanoussi i sur. (2016b) fosfor kao važan mineral za ljudsko zdravlje, koji zajedno s kalcijem doprinosi jačanju kostiju i zubi (osobito kod djece), u analiziranim uzorcima batata utvrđen je u udjelu od 42,00 do 46,33 mg 100 g^{-1} u suhoj tvari. Prema istraživanju Laurie i sur. (2012) sadržaj fosfora u batatu se kretao od 28 do 51 mg 100 g^{-1} suhe tvari.

Najveće potrebe biljaka za fosforom su u vrijeme intenzivnog razvoja korijena i prilikom prijelaza biljke iz vegetativne u generativnu fazu života. Nedostatak fosfora može dovesti do slabijeg rasta biljaka i korijenovog sustava, kasnije cvatnje i zriobe, smanjene sinteze proteina uz povećan sadržaj amida i nizak sadržaj vitamina, a time i do nižeg prinosa i smanjene nutritivne vrijedosti.

Istraživanja Abdissa i sur. (2012) kod primjene različitih količina fosfora (0, 90 i 180 kg ha^{-1}) nisu pokazala utjecaj na povećanje prinosa batata i drugih istraživanih parametara, osim na vrijeme cvatnje i dozrijevanje. Provedenim istraživanjem Nicholaides i sur. (1985) kod gnojidbe fosforom nije zabilježen značajan utjecaj na prinos i kvalitetu batata. Gnojidba fosforom u količini od 90 kg ha^{-1} u kombinaciji sa stajnjakom (5, 10, 15, 20 t ha^{-1}) rezultirala je povećanjem suhe tvari kod batata.

Sličnim istraživanjima koja su proveli Pasković i sur. (2013) kod primjene organskih gnojiva uz dodatak makro i mikroelemenata putem tla, značajno je povećana koncentracija P, K i Mg u lišću radića. Rezultati istraživanja Dumbuya i sur. (2016) provedeni na batatu uz pet razina gnojidbe P (kontrola, 30, 60, 90 i 120 kg P_2O_5 ha^{-1}) pokazuju da količina od 60 kg P_2O_5 ha^{-1} daje najveći prinos korijena po biljci i najveći postotak suhe tvari, dok veće količine P nemaju značajan utjecaj na promatrane parametre.

Kalij

Kalij je u tlu zastupljen u prosjeku od 0,2 do 3%, pri čemu je dobro usvajanje kalija za biljku, osigurano kod dovoljne količine vode i kisika u tlu. Kalij se u biljkama najintenzivnije usvaja kod tvorbe ugljikohidrata potrebnih za razvoj fotosintetskog aparata i u reprodukcijskoj fazi kod nagomilavanja rezervnih tvari u skladišnim organima (Vukadinović i Lončarić, 1998). Iako kalij ne ulazi u sastav organske tvari, ima ulogu specifičnog aktivatora odnosno modulatora rada preko 40 enzima, a u biljkama je zastupljen kao jednovalentni kation K^+ od 2 do 5 % u suhoj tvari.

Prema rezultatima istraživanja Bogović i sur. (2014) udio kalija u korijenu i listu batata kod različitih varijanti gnojidbe je rastao s povećanom gnojidbom. Prema rezultatima istraživanja Ellong i sur. (2014) na osam analiziranih sorata batata sadržaj K u korijenu se kretao od 121,45 do 669,00 mg 100 g^{-1}. Prema rezultatima istraživanja Sanoussi i sur. (2016b) utvrđen je veliki udio kalija u svim analiziranim uzorcima batata od 310,67 do 326,67 mg 100 g^{-1} suhe tvari.

Prema rezultatima istraživanja Laurie i sur (2012) sadržaj kalija u batatu se kretao od 191 do 334 mg 100 g^{-1} suhe tvari. Uz dobru opskrbljenost kalijem dolazi do povećanja neto asimilacije i brže sinteze rezervnih tvari (saharoza, škrob, lipidi i proteini), kao i boljeg djelovanja drugih biogenih elemenata i faktora rasta, što značajno utječe na kvalitetu i povećanje prinosa (Mengel., 1984).

Druga važna uloga kalija u biljkama je u njegovu osmoregulacijskom djelovanju, kao važan elektrolit koji utječe na održavanje turgora i regulaciju mehanizma rada stoma te otpornosti biljaka prema suši. Nedostatak vode inducira povećanje apscisinske kiseline koja može djelovati na brzo izlaženje kalija iz stanice, pri čemu dolazi do zatvaranja stoma i smanjenog gubitka vode. Korjenasto i gomoljasto povrće iznosi velike količine kalija, zbog čega je gnojidba kalijem nužna agrotehnička mjera, osobito na lakim, pjeskovitim tlima, ali i teškim glinastim tlima kao i tlima dobro opskrbljenim kalcijem i magnezijem.

Prema istraživanju Bourke (1985) gnojidba kalijem u količini od 375 kg K ha^{-1} dala je znatno veći prinos korijena batata, veći broj i težinu korijena te veći postotak suhe tvari. Utjecaj kalija u provedenom istraživanju bio je vidljiv već sedam tjedana nakon sadnje i gnojidbe batata. Istraživanja George i sur. (2002) pokazuju različita odstupanja u učinkovitom usvajanju i koncentraciji kalija unutar različitih genotipova batata. Najveća koncentracija kalija kod batata zabilježena je u korijenu i peteljkama.

Prema istraživanjima Muoneke i sur. (2010) provedenom na dva kultivara batata, vrijeme primjene gnojidbe kalijem nije rezultiralo značajnim razlikama između kultivara u parametrima rasta, osim na količinu prinosa i sadržaj suhe tvari. Povećanje prinosa je zabilježeno kod primjene 100 kg K ha^{-1} četiri tjedna nakon sadnje te kod primjene 50 kg K

ha^{-1} nakon četiri tjedna uz 50 kg K ha^{-1} nakon osam tjedana, u odnosu na kasniju gnojidbu kalijem. Iako se u gnojidbi gomoljastog i korjenastog povrća preporučuje primjena K u obliku kalijevog sulfata, istraživanja Nicholaides i sur. (1985) kod primjene K u obliku KCL nisu utvrdila značajan utjecaj Cl u količini od 22,8 g kg^{-1} na prinos i kvalitetu batata.

2.3.4. Vitamini

Batat sadrži B vitamine, ali predstavlja i dobar izvor C vitamina. U skupinu B kompleksa ubrajamo vitamin B1 (tiamin), B2 (riboflavin), B3 (niacin), B5 (pantotenska kiselina), B6 (piridoksin), B7 (biotin), B9 (folnu kiselinu) te vitamin B12 (cijanokobalamin). Tiamin, riboflavin, biotin i niacin zajedno sudjeluju u proizvodnji energije, dok piridoksin, cijanokobalamin i folna kiselina sudjeluju u pretvorbi homocisteina.

Vitamin B12 i folna kiselina sudjeluju u procesu razvoja tkiva. Vitamini B6, B12 i folna kiselina djeluju na metabolizam aminokiseline metionina. Vitamini B skupine su esencijalni nutrijenti, topivi u vodi, s brojnim važnim zadaćama u ljudskom organizmu.

Neophodni su za proces stvaranja energije, metabolizam ugljikohidrata, masti i proteina, prijenos živčanih impulsa, stvaranje krvnih stanica, pravilan rad jetre i probavnog sustava te zdravlje kože i kose (http://www.adiva.hr). Prema (Lešić i sur. 2016) sadržaj vitamina koji pokazuje zdravstvenu vrijednost batata kao funkcionalne hrane prikazan je u tablici 4.

Tablica 4. Sadržaj vitamina u jestivom dijelu batata

Sadržaj vitamina	mg 100 g^{-1} ST
Karoten	0,03-0,42
Vitamin B1	0,03-0,1
Vitamin B2	0,04-0,08
Vitamin B3	0,6
Vitamin B5	0,079-0,87
Vitamin C	7-32

(Izvor: Lešić i sur. 2016)

Rezultati istraživanja Ellong i sur. (2014) na osam analiziranih sorata batata pokazuju da je prosječan udio B1 vitamina iznosio 136,75 µg 100 g^{-1}, B2 vitamin 0,03 mg 100 g^{-1}, B3 vitamin 1,03 mg 100 g^{-1}, B5 vitamin 0,62 mg 100 g^{-1}, B9 vitamin 36,31 µg 100 g^{-1}.

Vitamin C (askorbinska kiselina) je vitamin topiv u vodi, koji funkcionira kao koenzim u brojnim reakcijama hidroksiliranja i amidiranja. Svojim dehidro oblikom sudjeluje u oksidacijsko-redukcijskim procesima i u staničnom disanju. Sudjeluje u sintezi kolagena,

sintezi karnitina i prevođenju folne kiseline u folinsku kiselinu. Askorbinska kiselina djeluje i na neke peptidne hormone (oksitocin, antidiuretski hormon, kolecistokinin), potičući aktivnost enzima odgovornih za njihovo djelovanje. Vitamin C sudjeluje u redukciji trovalentnog oksidacijskog stanja Fe^{3+} u dvovalentno oksidacijsko stanje Fe^{2+}, u redukciji bakra, u sintezi adrenokortikosteroida te u sintezi međustanične tvari u kostima, zubima te kapilarnom endotelu (http://www.belupo.hr). Askorbinska kiselina i α-tokoferol izrazito su učinkoviti antioksidansi budući da su u normalnim fiziološkim uvjetima relativno slabi donori elektrona (Arora i sur., 2002).

Prema istraživanju Dobričević i sur. (2008b) u korijenu batata je ovisno o kultivaru i načinu obrade utvrđeno od 7,62 do 17,52 mg 100 g^{-1} C vitamina i od 7,26 do 15,72 mg 100 g^{-1} β-karotena. Prema rezultatima istraživanja Gichuhi i sur. (2014) sadržaj C vitamina u batatu se kretao od 6,43 do 15,51 mg 100 g^{-1}, a sadržaj *beta*-karotena kretao se od 139 µg 100 g^{-1} do 263 µg 100 g^{-1}. Rezultati istraživanja Ellong i sur. (2014) na osam analiziranih sorata batata pokazuju da se prosječan udio C vitamina kretao oko 15,56 mg 100 g^{-1}, dok je sadržaj *beta*-karotena u prosjeku iznosio oko 126,43 µg 100 g^{-1}. Rezultati istraživanja Eleazu i Ironua (2015) pokazuju da je sadržaj karotenoida u batatu iznosio 5,0 µg g^{-1}.

Snažan antioksidacijski učinak u batatu pokazuje također i vitamin E (α-tokoferol). On kao antioksidans, zajedno sa selenom iz hrane sprječava oksidaciju višestruko nezasićenih masnih kiselina, štiti nezasićene membranske lipide od oksidacije, reagira sa slobodnim radikalima, koji uzrokuju oksidacijsko oštećenje staničnih membrana i DNK, bez formiranja novih slobodnih radikala u procesu.

Vitamin E svojim antioksidacijskim svojstvima odgađa starenje i odumiranje stanica, a ima ulogu i u razvoju te održavanju funkcije živčanog i mišićnog sustava. Važan je i višestruki mehanizam djelovanja tog antioksidansa u razvoju ateroskleroze.

Vitamin E je smješten u membranama i lipoproteinima, gdje može prekinuti lančanu reakciju oksidacije LDL-kolesterola, potaknutu slobodnim radikalima, te smanjiti adheziju i agregaciju trombocita (http://www.adiva.hr). Količina od samo 140 g batata u potpunosti može osigurati dnevnu potrebu za vitaminom E, koji je izuzetno važan u zaštiti organizma od srčanih tegoba i začepljenja krvnih žila (Kralj, 2010).

2.4. Odnos i količina kalija i dušika u korijenu i listu

U ishrani bilja prisutan je određeni antagonizam između kalija i drugih iona, kao što su amonijev ion, natrijev, magnezij, kalcij i bor. Povećana prisutnost kalija može dovesti do manjeg nakupljanja kalcija, dok kod veće prisutnosti amonijevog iona može doći do manjeg usvajanja kalija. Prema Vukadinović i Lončarić (1998) niska koncentracija kalija u tlu utječe

na pojačano usvajanje dušika, dok smanjena raspoloživost dušika stimulira usvajanje fosfora.

Usvajanje većih količina amonijskog dušika može biti štetno kod mladih biljaka, dok kod starijih dovodi do znatnog utroška ugljikohidrata, zbog stvaranja ketokiselina koje vežu višak amonijaka (Vukadinović i Lončarić 1998). Kod povećane gnojidbe dušikom kalij može smanjiti njegovo štetno djelovanje, na način da potiče njegovu ugradnju u slabo topive dušične spojeve. Prema rezultatima istraživanja Bogović i sur. (2014) kod gnojidbe batata, zabilježeno je opravdano povećanje dušika u korijenu i listu (1,83 i 3,73 %), kao i značajno povećanje količine kalija u korijenu i listu (2,34 i 3,68 %).

Prema istraživanju Bourke (1985) gnojidba dušikom od 225 kg N ha^{-1} utjecala je na povećanje prinosa i težine korijena batata, povećanje suhe tvari, veću lisnu površinu i broj listova po biljci. Gnojidba kalijem u količini od 375 kg K ha^{-1} dala je znatno veći prinos korijena batata, veći broj i težinu korijena te veći postotak suhe tvari. Utjecaj kalija u provedenom istraživanju bio je vidljiv već sedam tjedana nakon sadnje i gnojidbe batata. Prema rezultatima istraživanja Purcell i sur. (1982) utvrđena je signifikantna korelacija (r=0,724) između gnojidbe N i ukupnog postotka N u korijenu batata, dok gnojdba kalijem nije utjecala na udio N i sirovih proteina.

Prema Vukadinović i Lončarić (1998) povećan sadržaj nitrata u biljkama može biti posljedica suše, visoke temperature, zasjenjenosti biljke, nedostatka fosfora, kalija i kalcija ili predozirane upotrebe dušičnih gnojiva. Istraživanja Herak Ćustić i sur. (2009) pokazuju da veća gnojidba lisnatog povrća dušikom može uzrokovati nepoželjno nakupljanje nitrata i smanjenje esencijalnih aminokiselina, što može rezultirati smanjenjem nutritivne vrijednosti proteina.

Preveliko nakupljanje nitrata nije povoljno za biljke jer njegovom naknadnom i brzom redukcijom dolazi do intenziviranja procesa disanja, razgradnje rezervnih ugljikohidrata i proteosinteze, što dovodi do produženja vegetacije i formiranja prevelike količine lišća na štetu prinosa (Vukadinović i Lončarić 1998).

Prema rezultatima istraživanja Herak Ćustić i sur. (2000) gnojidba dušikom je utjecala na kvalitetu i prinos glavatog radića pri čemu se suha tvar kretala od 4,23 do 5,30 %, sadržaj dušika od 3,33 do 4,95 %, fosfor od 1,20 do do 2,11 %, kalij od 4,25 do 5,68 %, te prinosi od 1,29 do 2,6 kg m^{-2}. Slična istraživanja provedena na glavatom radiću pokazuju da gnojidba stajskim gnojem i kompleksnim mineralnim gnojivom dovodi do značajnog povećanja količine kalija, te relativnog povećanja magnezija, željeza i mangana (Herak Ćustić i sur. 2003). Prema istraživanjima Jian Wei i sur. (2001) veća količina N i P gnojiva na visoko prinosnim tlima, može dovesti do disbalansa između K, N i P u uzgoju batata. Prema rezultatima istraživnja Ukom i sur. (2009) utvrđen je značajan utjecaj četiri razine

gnojidbe N (0, 40, 80, 120 kg N ha $^{-1}$) na smanjen sadržaj P, dok je sadržaj K pri gnojidbi od 40 kg N ha $^{-1}$ povećan kod većine ispitivanih sorata.

Rezultati istraživanja Agbede (2010) provedeni na batatu sa četiri razine gnojidbe (kontrola, 250 kg ha $^{-1}$ NPK 15:15:15, 10 t ha $^{-1}$ pilećeg gnoja i 125 kg ha $^{-1}$ NPK + 5 ha $^{-1}$ pilećeg gnoja) pokazuju značajan utjecaj gnojidbe na sadržaj K u listu batata. Prema rezultatima istraživanja Purcell i sur. (1982) nije utvrđena značajna korelacija između gnojidbe N i prinosa batata, dok je gnojidba kalijem uz korelacijski koeficijent (r=0,874) značajno utjecala na povećanje prinosa batata.

2.5. Važnost kalija i dušika za ljudsko zdravlje

Kalij je kao mineral široko zastupljen u hrani, osobito u povrću i voću. Kalij unosimo u organizam uglavnom namirnicama biljnog porijekla. Prirodni izvori kalija su: zeleno lisnato povrće, batat, rajčica, češnjak, krumpir, grah, brokula, banana, artičoka, sušena marelica, avokado, grožđice, orašasti plodovi, narančin sok, uz ostale namirnice; ribe, meso, mlijeko i mliječni proizvodi.

Kalij je esencijalni makroelement koji bitno utječe na rad srčanog mišića i funkcioniranje cijeloga mišićnog i živčanoga sustava. Glavna funkcija kalija u organizmu je regulacija tjelesnih tekućina i krvnog tlaka. Važan je u prijenosu živčanih impulsa, kod mišićne kontrakcije i za održavanje stabilnog krvnog tlaka. Osim snižavanja krvnog tlaka i boljeg protoka krvi smanjuje opasnost od začepljenja krvnih žila.

Razina kalija u krvi je uglavnom stalna uz regulaciju kore nadbubrežne žlijezde. (http://www.alternativa.com). Kalij zajedno s natrijem doprinosi ravnoteži pH-vrijednosti u krvi i tkivima te kontrolira električnu aktivnost srca i ostalih mišića.

Održavanje lužnatosti organizma utječe na zdravlje kostiju i mišića (zbog bolje ugradnje kalcija u kosti). Kalij je važan za stanične biokemijske procese i metabolizam jer sudjeluje u pretvaranju glukoze u glikogen koji se pohranjuje u jetri kao zaliha energije. Kalij održava električnu provodljivost mozga, stimulira aktivnost neurona, poboljšava kognitivne funkcije te održava optimalnu ravnotežu tekućina i elektrolita u tijelu.

Dovoljan unos kalija održava normalnu razinu šećera u krvi. Kalij pomaže u metaboličkim procesima povezanim s mastima i ugljikohidratima, opskrbi tijela energijom, pomaže u sintezi proteina, regeneraciji tkiva i obnovi stanica, potiče bubrege na izlučivanje otpadnih tvari iz organizma. Kalij je zastupljen u povrću i voću koje je siromašno natrijem, što odgovara osobama koje pate od hipertenzije ili povišenog tlaka. Očuvanju kalija u stanicama pomaže magnezij, dok gubitku kalija doprinose konzumacija brze i slane hrane te unos alkohola, kave i šećera.

Nedostatak kalija može se javiti kao nuspojava uzimanja diuretika, pri čemu se mogu pojaviti simptomi poput: anoreksije, mučnine, slabosti, ravnodušnosti, pospanosti ili iritiranosti. Nedovoljan unos kalija može izazvati bolove u crijevima, natečene žlijezde, a u nekim najtežim slučajevima dijabetes i paralizu. Preporučena dnevna doza (RDA) za zdravu, odraslu osobu je 2000 mg kalija na dan. (http://www.adiva.hr).

Dušik kao sastavni element aminokiselina i proteina nužan je u svim životnim funkcijama. Aminokiseline u prehrani dijelimo na esencijalne i neesencijalne aminokiseline. Esencijalne aminokiseline su: lizin, leucin, izoleucin, metionin, fenilalanin, triptofan, treonin, valin, a aminokiseline koje organizam ne sintetizira u dovoljnoj količini su arginin i histidin. Neesencijalne aminokiseline su: glicin, alanin, prolin, tirozin, serin, cistein, asparagin, glutamin, aspartat i glutamat.

Aminokiseline se dijele na pet klasa, na osnovi polarnosti R-grupa, odnosno njihove tendencije da reagiraju s vodom. Odsutnost samo jedne esencijalne aminokiseline može spriječiti sintezu proteina u organizmu. Organizam iz aminokiselina stvara proteinogene i neproteinogene aminokiseline, biogene amine i sintetske spojeve, aminokiseline tvore antitjela, grade DNK I RNK-a.

Proteini su linearni polimeri izgrađeni od monomernih jedinica nazvanih aminokiselinama, koje su vezane jedna na drugu. Značajno je da se proteini spontano sklapaju u trodimenzionalne strukture, određene redoslijedom aminokiselina u proteinskom polimeru. Funkcija proteina izravno ovisi o toj trodimenzionalnoj strukturi.

Proteini sadrže različite funkcijske skupine (alkohole, tiole, tioetere, karboksilne kiseline, karboksamide i razne bazne skupine). Većina tih skupina je kemijski reaktivna. Kad se kombiniraju u različitom rasporedu te funkcijske skupine omogućuju proteinima široki spektar djelovanja.

2.6. Antioksidacijska aktivnost

Antioksidansi prestavljaju različite skupine molekula, koje u niskim koncentracijama u usporedbi s koncentracijama oksidativnog supstrata, mogu zaustaviti ili spriječiti oksidaciju te kontrolirati odnos između stanja reduciranja ili oksidiranja u biološkom sustavu (Adams, 1999). Antioksidansi nastaju u stanicama ili se u organizam unose hranom, a djeluju na nekoliko načina: onemogućuju stvaranje novih slobodnih radikala u organizmu, uništavaju u organizmu stvorene radikale ili popravljaju oštećenja u stanicama nastala djelovanjem slobodnih radikala.

Najjednostavnija podjela antioksidanasa je na antioksidacijske enzime i male molekule antioksidanasa (tvari dobro topive u lipidima i tvari topive u vodi). U antioksidacijske enzime svrstavaju se oni koji nastaju u stanicama (superoksid-dizmutaza,

katalaza, glutation-peroksidaza), koji razgrađuju manje aktivne oblike kisikovih radikala u nenabijene neaktivne molekule te veliku grupu enzima koji obnavljaju slobodnim radikalima oštećene molekule DNK i proteina.

Drugu skupinu antioksidanasa čine brojne jednostavne ili složene molekule, koje pretvaraju nezasićene aktivne molekule slobodnih radikala u nove kemijski zasićene inaktivne oblike, koji nisu opasni za normalnu aktivnost organizma (askorbinska kiselina, bilirubin, urati, α - tokoferol, estrogen, flavonoidi, likopen, glukoza, koenzim Q, albumin, transferin). Oksidacijski stres podrazumijeva pomak ravnoteže u staničnim oksidativno-redukcijskim reakcijama u smjeru oksidacije. Zbog oksidacijskog stresa dolazi do prekomjernog stvaranja slobodnih radikala kisika, pri čemu dolazi do gubitka ravnoteže stvaranja slobodnih radikala i nemogućnosti neke stanice da ih razgradi, a rezultira promjenama vezanim uz oštećenje stanica.

Oksidacijsko oštećenje može utjecati na strukturu i funkciju brojnih biomolekula (polinezasićenih lipida, ugljikohidrata, proteina i nukleinskih kiselina), te dovesti do promjena u strukturi i funkciji stanica, tkiva i organa. Takva oštećenja mogu narušiti homeostazu iona, prijenos signala u stanici, gensku transkripciju te dovesti do drugih zdravstvenih poremećaja; kardiovaskularnih i infektivnih bolesti, karcinoma, dijabetesa, neurodegenerativnih bolesti, fibroze, hemolize i ubzanog procesa starenja (Adams, 1999).

Slobodni radikali predstavljaju svaku kemijsku vrstu, koja u vanjskoj ljusci posjeduje jedan ili više nesparenih elektrona. Sve slobodne radikale karakterizira iznimno visoka reaktivnost, što je rezultat njihova nastojanja da popune valentnu orbitalu, spare nespareni elektron i time postignu stabilnu elektronsku konfiguraciju.

Biokemijski su najznačajniji reaktivni oblici kisika (ROS), što je zajednički naziv za radikale kisika (superoksidni, hidroksilni, peroksilni) kao i reaktivne neradikalne derivate kisika (vodikov peroksid i hipokloritna kiselina). Proces nastanka radikala u stanicama je neprekidan i vezan uz normalne reakcije metabolizma.

U biljnim tkivima usljed različitih vrsta stresa dolazi do pojačane proizvodnje reaktivnih oblika kisika (ROS), pri čemu antioksidacijski obrambeni sustav pruža primjerenu zaštitu od ROS i slobodnih radikala (Asada i sur., 1987). Prema Wook i sur. (2011) u niskim koncentracijama ROS djeluju kao signalne molekule upozoravajući biljku na abiotičke i biotičke stresove, a kao odgovor na to povećava se antioksidacijska aktivnost jer biljke povećavaju proizvodnju antioksidacijskih molekula.

Povrće i voće visoke antioksidacijske aktivnosti sprječava nastanak slobodnih radikala u organizmu. Pozitivan zdravstveni učinak povrća i voća potječe većinom od vitamina i velikog broja biološki aktivnih spojeva snažnih antioksidacijskih svojstava (Adams, 1999; Dimitrios, 2006; Kampulainen i Salonen, 1998). U ukupnoj antioksidacijskoj aktivnosti povrća i voća doprinos vitamina C iznosi oko 10% (Slinkard i Singleton, 1977).

Vitamin C je jedan od najpopularnijih i najmanje toksičnih antioksidanasa, zbog čega se najviše koristi kao dodatak prehrani kako bi neutralizirao štetne učinke oksidativnog stresa (Gardner i sur., 2000).

Veliku antioksidacijsku aktivnost imaju korijen i list batata zbog visoke koncentracije vitamina i polifenolnih spojeva (Teow i sur., 2007; Antia i sur, 2006). Konzumiranje korijena i listova batata povezuje se s različitim pozitivnim fiziološkim djelovanjem na zdravlje, kao što su antioksidacijska aktivnost, antimutagenost, antikancerogenost, antimikrobna aktivnost, te antidijabetički učinak (Islam, 2006; Johnson i Pace, 2010). Smatra se da list batata kao povrće ili dodatak jelima može postati koristan prirodan izvor polifenolnih spojeva (Islam, 2006; Antia i sur, 2006).

Antioksidansi u batatu su spojevi koji mogu odgoditi, inhibirati ili spriječiti oksidaciju slobodnih radikala različitim mehanizmima, a njihova se aktivnost u ljudskom organizmu odražava smanjenjem oksidacijskog stresa. U prirodne antioksidanse osim vitamina A, C, E, i *beta*-karotena ubraja se i širok spektar molekula koje se nazivaju fenolnim spojevima, uključujući fenolne kiseline i flavonoide (Ferreres i sur., 2006).

Polifenoli predstavljaju specijalizirane sekundarne biljne metabolite zastupljene gotovo u svakom biljnom tkivu, a najviše u svježem povrću i voću. Najraširenija i najraznovrsnija skupina polifenola su flavonoidi. U povrću i voću zastupljenost polifenola može biti uvjetovana genetskim svojstvima, agroekološkim uvjetima rasta, uvjetima dozrijevanja i skladištenja (Radojčić Redovniković i sur., 2010; Bogović i sur., 2010; Kuti i Konuru, 2004). Istraživanja pokazuju da list batata sadrži znatno više polifenola od korijena, a prevladavaju fenolne kiseline i antocijanini (Islam i sur., 2002a i 2002b; Islam, 2006; Radojčić Redovniković i sur., 2012; Bogović i sur., 2013a).

2.6.1. Polifenoli

Polifenolni spojevi obuhvaćaju veliku skupinu specijaliziranih biljnih metabolita koji doprinose boljim organoleptičkim i nutritivnim svojstvima povrća i voća. Prisutni su u gotovo svakom biljnom materijalu, uključujući brojne biljne vrste i prehrambene proizvode (Gülçin, 2006). Prisutnost polifenola u povrću ovisi o agrookolišnim uvjetima, uvjetima sazrijevanja i skladištenja, kao i genetskim svojstvima povrća (Alam i sur., 2016; Kuti i Konuru, 2004; Radojčić Redovniković i sur., 2012; Bogović i sur., 2010).

Glavne skupine polifenola definiraju se prema prirodi ugljikovog kostura i dijele se na: fenolne kiseline, flavonoide i ne-flavonoidne polifenole (Andjelković i sur., 2006). Većina prirodnih polifenolnih spojeva prisutna je u obliku konjugata s mono i polisaharidima, vezanima za jednu ili više fenolnih skupina, a mogu se pojaviti i kao esteri (Balasundram i sur., 2006).

Polifenoli pokazuju širok spektar bioloških aktivnosti uključujući: antibakterijsku, protuupalnu, antialergijsku, antitrombotičnu, antivirusnu, antikarcinogenu, hepatozaštitnu i vazodilatatornu aktivnost (Arts i Hollman, 2005; Soobratte i sur., 2005; Kampulainen i Salonen, 1998; Yoshimoto i sur., 2004). Većina tih bioloških funkcija pripisuje se njihovoj antioksidacijskoj aktivnosti (Ninfali i sur., 2005; Soobratee i sur., 2005).

Smatra se da je biološka aktivnost polifenola povezana s njihovim antioksidacijskim svojstvima, koja su uglavnom posljedica njihove sposobnosti uklanjanja slobodnih radikala i slobodnih kisikovih skupina te stvaranja kompleksa s metalnim ionima, čime se sprječava oksidacija metala s kisikom. (Schmalhausen i sur., 2007).

Brojnoj skupini polifenola koja uključuje više od 8000 spojeva s velikom strukturnom raznolikošću pripadaju i fenolni spojevi (Garcia-Salas i sur., 2010). Najvažniji izvori fenolnih spojeva sa zdravstvenog stajališta jesu povrće, voće, žitarice, crno vino i bezalkoholna pića (Stratil i sur., 2007; Balasundram i sur., 2006).

Istraživanjem provedenim na cvatu brokule utvrđen je sadržaj ukupnih fenola od 89,88 do 124,88 mg kg^{-1} svježe tvari (Toth i sur., 2011a). Fenolni spojevi mogu imati značajnu ulogu u sprječavanju nepoželjnih promjena okusa i nutricionističke kakvoće hrane (Shahidi i sur., 2006), zbog velike antioksidacijske aktivnosti i sposobnosti smanjenja oksidativnog oštećenja (Kähkönen i sur., 1999).

Utvrđeno je nekoliko tisuća poznatih fenolnih spojeva koji se sintetiziraju u biljkama, a broj novootkrivenih još uvijek raste (Boudet, 2007). Fenolni spojevi se kao sekundarni metaboliti sintetiziraju u biljkama iz aromatskih aminokiselina fenilalanina i tirozina, tijekom normalnog razvoja, ali i kao odgovor na stresne uvjete kao što su infekcije, oštećenja i UV zračenje.

Prema Vladimir-Knežević i sur. (2011) fenolni spojevi u biljnim stanicama imaju različite uloge kao što su održavanje strukture stanice, pigmentacija, privlačenje oprašivača, otpornost prema patogenima, odbijanje herbivora, te djelovanje na rast i razvoj.

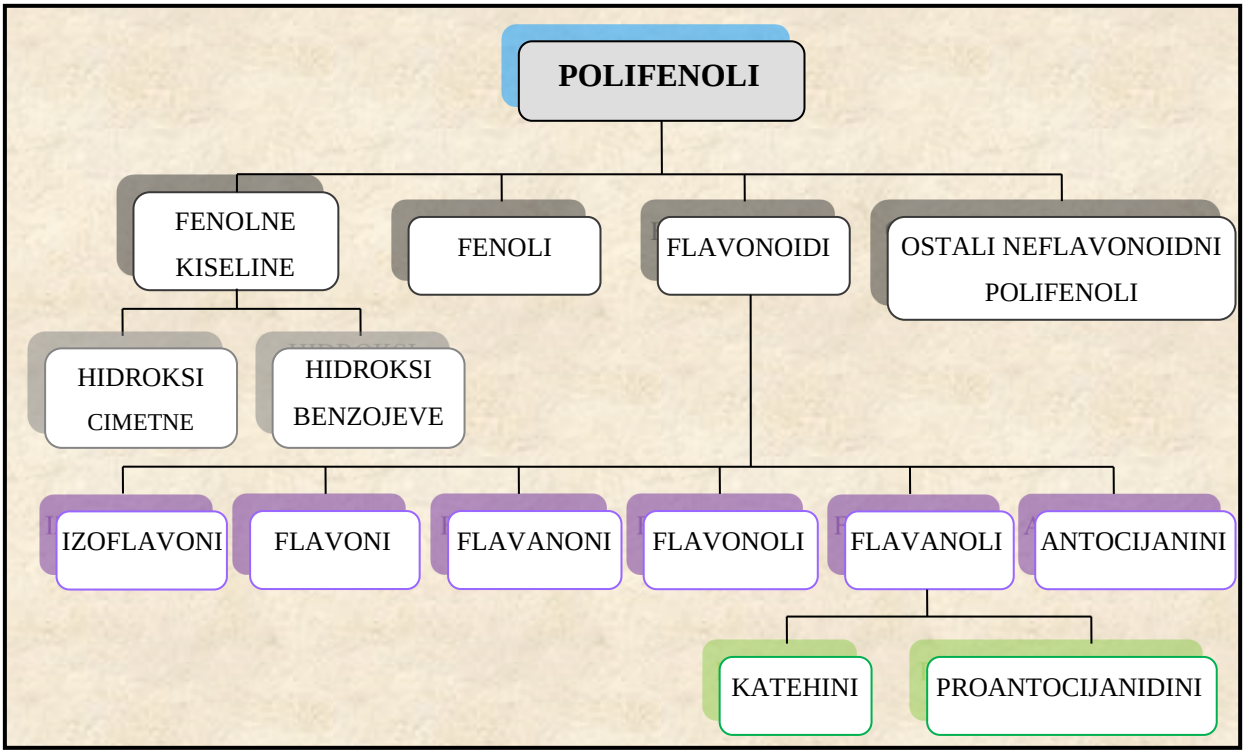
Prema Naczk i Shahidi (2004) polifenoli zastupljeni u biljkama dijele se na jednostavne fenole, fenolne kiseline (derivate benzojeve i cimetne kiseline), kumarine, flavonoide, stilbene, hidrolizirane i kondenzirane tanine, te lignane i lignine. U prehrambenim proizvodima biljnog porijekla polifenoli su važni specijalizirani metaboliti, odnosno biološki aktivni spojevi odgovorni za senzorska svojstva kao što su okus i boja.

Tijekom termalne obrade namirnica polifenoli imaju važnu ulogu u očuvanju senzorskih svojstava. Antocijani su odgovorni za crvenu, plavu i ljubičastu boju mnogih namirnica, uključujući povrće i voće, dok flavanoli i tanini sudjeluju u formiranju njihovog okusa (Safi i sur., 2003). Poznavanje polifenolnog sastava povrća i njihovih promjena tijekom skladištenja i prerade, od presudne je važnosti za osiguranje i očuvanje kvalitete.

Prema Meskin i sur. (2002) prisutnost fenolnih spojeva u prehrani ima veliki značaj zbog njihove izražene antioksidacijske aktivnosti, te prevencije razvoja karcinogeneze i mutageneze. Novija istraživanja upućuju na značajan sadržaj polifenola koji u korijenu i listu batata imaju različite biološke funkcije, a zbog antioksidacijske aktivnosti važni su u prevenciji bolesti kao što su hipertenzija, dijabetes, različite vrste raka i dr. (Islam, 2006.; Pada i sur. 2008c; Islam i sur., 2009, Rabah i sur., 2004).

Sadržaj ukupnih polifenola, karotenoida i antioksidacijska aktivnost variraju ovisno o genotipu, ekološkim uvjetima uzgoja i agrotehničkim mjerama (Alam i sur., 2016; Teow i sur., 2007; Troung i sur., 2007; Pada i sur., 2008b; Rumbaoa i sur., 2009; Bogović i sur., 2010). Najveću ukupnu količinu polifenola sadrži mlado lišće (Padda i Picha, 2007). List batata sadrži znatno više polifenola zbog čega pokazuje i znatno veću antioksidacijsku aktivnost od korijena (Radojčić Redovniković i sur., 2010; Radojčić Redovniković i sur., 2012; Bogović i sur., 2010).

Istraživanja pokazuju da listovi batata imaju višu koncentraciju polifenola nego ostalo lisnato povrće kao što su salata i kupusnjače (Islam, 2006). Najviše fenolnih kiselina sadrži lišće, zatim kora, cijeli korijen, a najmanje meso korijena batata (Truong i sur, 2007). Distribucija flavonoida prati zastupljenost ukupnih polifenola, odnosno listovi sadrže znatno veću količinu flavonoida od korijena batata (Ojong i sur., 2008).



Slika 1. Klasifikacija prirodnih polifenola
(Izvor: Escarpa i sur. 2001)

Najraširenija i najraznovrsnija skupina polifenola su flavonoidi, kojima difenilpropanski kostur (C6-C3-C6) čini osnovnu kemijsku strukturu. Flavonoidi su općenito hidroksilirani, metoksilirani i/ili glikozilirani derivati. Osnovna struktura se sastoji od dva aromatska prstena A i B, spojena preko mosta od tri C-atoma koji formiraju heterociklički prsten C (Balasundram i sur., 2006).

Batat također sadrži i flavonoide, čiji su sastav i udjeli manje istraženi (Ojong i sur., 2008; Carvalho i sur., 2010). U listovima (Bogović i sur., 2013a) i korijenu deset različitih kultivara batata (Ojong i sur., 2008) do sada je identificirano pet flavonoida: kvercetin, miricetin, luteolin, apigenin i kemferol.

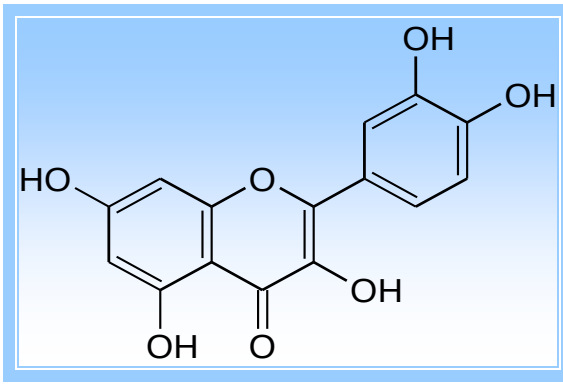
2.6.2. Flavonoidi

Prema rezultatima istraživanja Eleazu i Ironua (2015) batat sadrži velike količine flavonoida. U biljkama su najčešće zastupljeni flavonoidi; kvercetin, kempferol, miricetin, izorhamnetin (flavonol), apigenin i luteolin (flavon). Flavonoli i flavoni su od posebnog značaja zbog sposobnosti hvatanja slobodnih radikala i antioksidacijske aktivnosti u hrani. Smatra se da kvercetin inhibira proliferaciju raznih tumorskih stanica (Huang i sur., 1999).

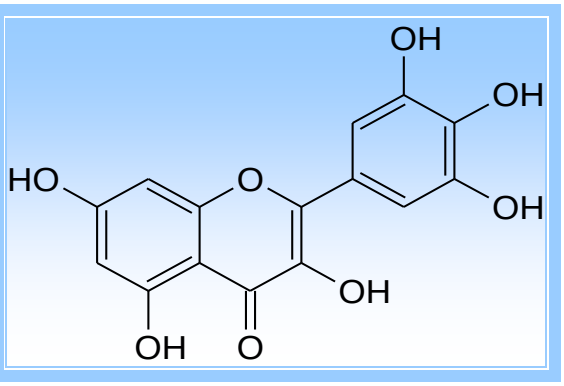
Batat sadrži također i flavonoide čiji su sastav i udjeli manje istraženi (Ojong i sur., 2008; Carvalho i sur., 2010). Prema provedenim istraživanja u listovima i korijenu deset različitih kultivara batata identificirano je pet flavonoida (slika 2): kvercetin, miricetin, luteolin, apigenin i kemferol (Ojong i sur., 2008).

Prema istraživanju Bogović i sur. (2013a) utvrđena je veća varijabilnost između sorata, u sastavu i sadržaju flavonoida u usporedbi s fenolnim kiselinama. Razlike u sastavu i sadržaju flavonoida utvrđene su također i u prijašnjim istraživanjima (Carvalho i sur., 2010; Ojong i sur., 2008). Sadržaj flavonoida u listu batata sukladan je sadržaju ukupnih fenola, što znači da listovi batata imaju znatno veći sadržaj flavonoida u odnosu na korijen batata (Radojčić Redovniković i sur., 2012; Ojong i sur., 2008).

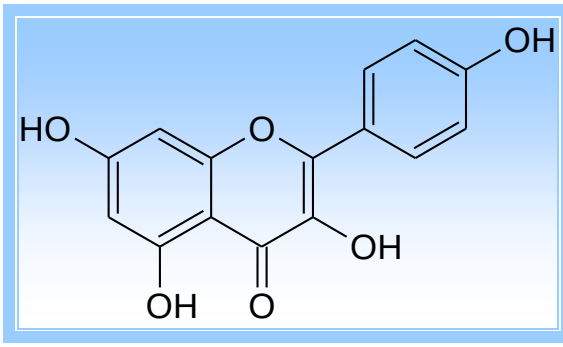
Prema rezultatima istraživanja Eleazu i Ironua (2015) analizom korijena batata utvrđena je velika zastupljenost flavonoida 50,77 mg 100 g^{-1}, fenola 0,945 mg 100 g^{-1},te antioksidacijska aktivnost 85,28 % prema DPPH metodi.



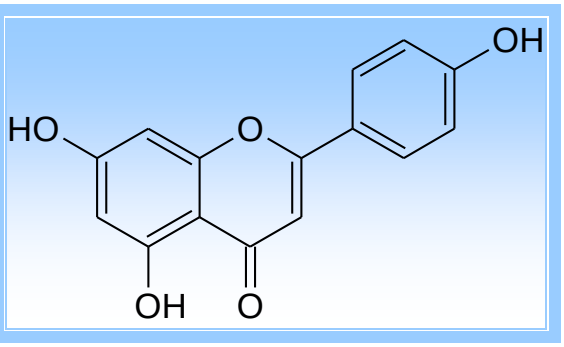
KVERCETIN



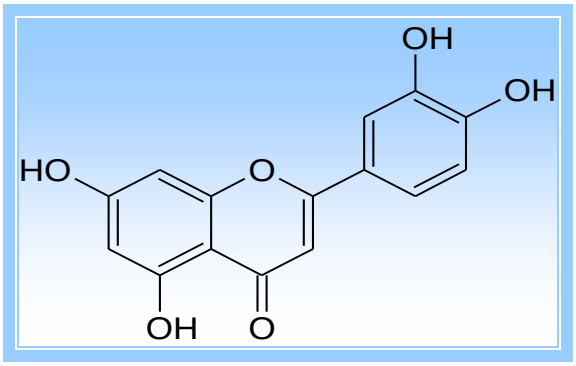
MIRICETIN



KEMFEROL



APIGENIN



LUTEOLIN

Slika 2. Flavonoidi identificirani u listovima i korijenu batata (Izvor: Ojong i sur., 2008)

Tablica 5. Pozitivan zdravstveni učinak polifenola

Vrsta/Sastojci	Pozitivan zdravstveni učinak
Antocijanidin-Cijanidin, Pelargonidin	Doprinose održavanju funkcije mozga i potiču staničnu antioksidativnu obranu
Flavanoli-Katehini, Epikatehini	Doprinose održanju zdravlja srca
Flavonoli-Kvercetin, Kemferol	Potiču staničnu antioksidativnu obranu i neutraliziraju slobodne radikale koji mogu oštetiti stanice
Proantocijanidini	Doprinose održavanju zdravlja urinarnog trakta i zdravlja srca
Fenolne Kiseline: Kava kiselina, ferulinska kiselina	Potiču staničnu antioksidativnu obranu; doprinose održavanju zdravlja i zdravog vida

Izvor: (Kampulainen i Salonen, 1998)

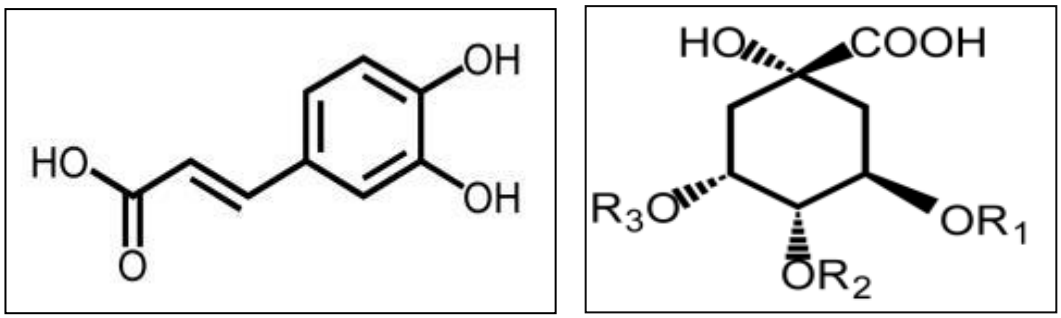
U tablici 5 prikazan je pozitivan zdravstveni učinak različitih vrsta polifenola koji uz značajnu antioksidacijsku aktivnost doprinose ljudskom zdravlju u preveniranju brojnih bolesti (Kampulainen i Salonen, 1998). U korijenu i listovima batata prevladavaju fenolne kiseline, dok je najviše antocijanina utvrđeno u batatu ljubičaste sorte (Radojčić i sur., 2012; Steed i Truong, 2008; Bogović i sur., 2013a).

2.6.3. Fenolne kiseline

Fenolne kiseline su prema strukturi jednostavni fenoli i uključuju dvije glavne podskupine: hidroksibenzojeve kiseline i hidroksicimetne kiseline. One su obično prisutne u dva osnovna oblika u hrani: slobodni i vezani oblik. Vezani oblik je češći i uključuje estere, glikozide i vezane komplekse (Andjelković i sur., 2006).

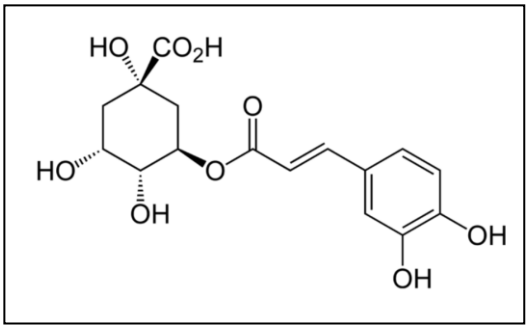
Hidroksibenzojeve kiseline uključuju galnu, p-hidroksibenzojevu, protokatehinsku, vanilinsku i siriginsku kiselinu, kojima je zajednička C6-C1 struktura. Hidroksicimetne kiseline su aromatski spojevi s bočnim lancem od tri ugljikova atoma (struktura C6-C3), a najčešće su kava kiselina, ferulinska, p-kumarinska i sinapinska kiselina.

Glavni predstavnik hidroksicimetnih kiselina jest kava kiselina. Ona se u hrani pojavljuje većinom kao ester s kina kiselinom, koji se naziva klorogenskom kiselinom. Glavni izvor klorogenske kiseline u ljudskoj prehrani je kava.



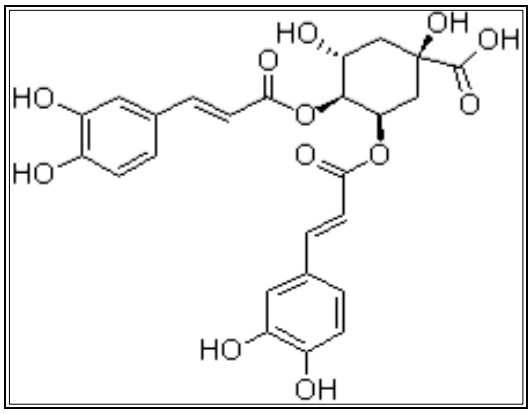
Slika 3. Kemijska struktura kava i kina kiseline (Izvor: Islam, 2006)

Osnovna struktura kava i kina kiseline prikazana je na slici 3., a razlikuju se prema R skupini vezanoj na osnovnu molekulu. Njihova antioksidacijska aktivnost pripisuje se aromatsko-cikličkom dijelu molekule, odnosno sposobnosti doniranja vodikovog elektrona, čime se gase slobodni radikali.



Slika 4. Kemijska struktura klorogenske kiseline
Izvor: PUBMED
(https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4167235/figure/fig1/; pristup: 22.01.2010.)

Od fenolnih kiselina u korijenu batata najzastupljenija je klorogenska kiselina (slika 4.), dok su 3,5-dikafeoilkina kiselina i/ili 4,5-dikafeoilkina kiselina (slika 5.) zastupljenije u listu batata (Truong i sur., 2007; Radojčić Redovniković i sur., 2012; Bogović i sur., 2013a).



Slika 5. Kemijska struktura 4,5-dikafeoilkina kiselina
Izvor: Chem blink, Online Database of Chemicals from Around the World
(https://www.chemblink.com/products/32451-88-0.htm; pristup: 10.04.2011.)

Brojna istraživanja pokazuju da su u batatu prisutne fenolne kiseline derivati kava i kafeoilkina kiselina (tablica 6), a identificirane su klorogenska kiselina (CGA), 3,4-dikafeoilkina kiselina (3,4-diCQA), 3,5-dikafeoilkina kiselina (3,5-diCQA), 4,5-dikafeoilkina kiselina (4,5-diCQA), i 3,4,5-trikafeoilkina kiselina (3,4,5-triCQA) (Troung i sur., 2007; Islam, 2006; Radojčić Redovniković i sur., 2012; Bogović i sur., 2013a).

Tablica 6. Derivati kava kiseline identificirani u batatu

Derivati	R1	R2	R3
klorogenska kiselina	kafeoil	H	H
4,5-dikafeoilkina kiselina	H	kafeoil	kafeoil
3,5-dikafeoilkina kiselina	kafeoil	H	kafeoil
3,4-dikafeoilkina kiselina	kafeoil	kafeoil	H
3,4,5-trikafeoilkina kiselina	kafeoil	kafeoil	kafeoil

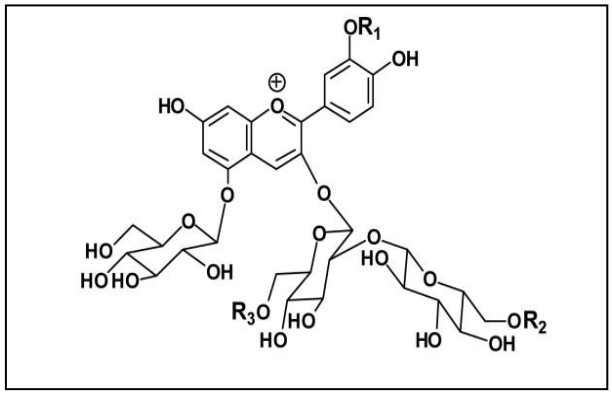
Izvor: (Islam, 2006)

2.6.4. Antocijanini

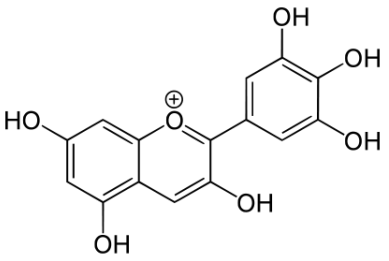
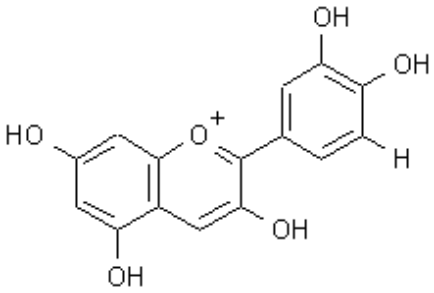
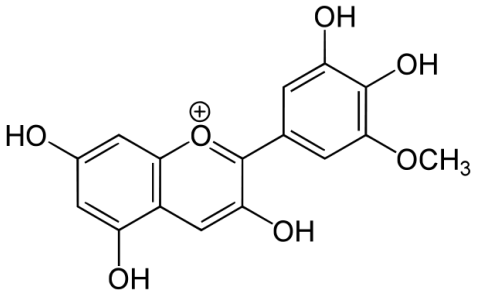
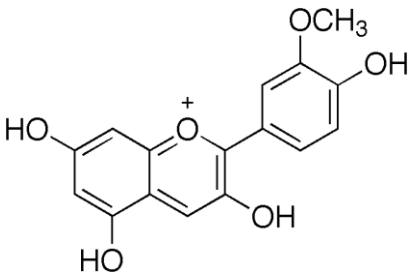
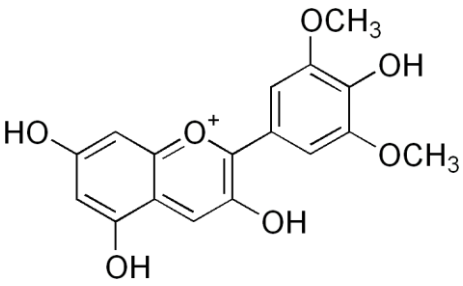
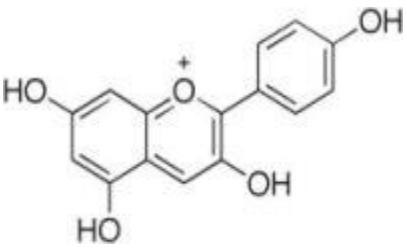
Antocijanini pripadaju flavonoidima kao najvećoj skupini polifenolnih spojeva. Flavonoidi su hidroksilirani, metoksilirani i /ili glikozilirani spojevi čija se osnovna struktura sastoji od dva aromatska prstena A i B, spojena preko mosta od tri C-atoma koji formiraju heterociklički prsten C. Antocijanini predstavljaju najrašireniju i najvažniju skupinu biljnih pigmenata topivih u vodi. Osnovna je struktura antocijana 2-fenilbenzopirilijev ion (slika 6).

Antocijani se pojavljuju u obliku glikozida, dok su aglikoni rijetko prisutni u prirodi. Ako se glikonska jedinica antocijanina hidrolizira, aglikon, odnosno nešećerni produkt hidrolize, naziva se antocijanidin. Šest osnovnih antocijanidina dolazi u višim biljkama u obliku glikozida: cijanidin, peonidin, pelargonidin, malvidin, delfinidin i petunidin (slika 7).

Različite boje potječu od -H, -OH i -OCH_3 skupina. Najslabije je obojen pelargonidin, cijanidin je crven s jednom -OH grupom, plavo obojenje je intenzivnije što ima više -OH skupina, a ljubičasto što je više -OCH_3 skupina (Balasundram, 2006).



Slika 6. Kemijska struktura antocijanina u batatu (Islam i sur., 2002a)

 delfinidin	 cijanidin
 petunidin	 peonidin
 malvidin	 pelargonidin

Slika 7. Strukturne formule antocijanina (Izvor: Balasundram i sur., 2006)

Prema rezultatima istraživanja Rumbaoa i sur. (2009) utvrđeno je da su antocijanini glavni antioksidansi u korijenu ljubičaste sorte batata. Prema istraživanju Islam i sur. (2002a) u korijenu batata je utvrđeno 15 tipova antocijanina prikazanih u tablici 7.

Tablica 7. Prikaz 15 tipova antocijanina pronađenih u batatu

Antocijanin	Kemijsko ime	R1	R2	R3
YGM-0a	cijanidin 3-soforozid-5-glukozid	H	H	H
YGM-0b	peonidin 3-soforozid-5-glukozid	CH_3	H	H
YGM-0c*	*p*-hidroksibenzoilirani (cijanidin 3-soforozid-5-glukozid)	H	ND	ND
YGM-0d*	kafeoilirani (cijanidin 3-soforozid-5-glukozid)	H	ND	ND
YGM-0e*	*p*-hidroksibenzoilirani (peonidin 3-soforozid-5-glukozid)	CH_3	ND	ND
YGM-0f*	kafeoilirani (peonidin 3-soforozid-5-glukozid)	CH_3	ND	ND
YGM-0g*	fer (cijanidin 3-soforozid-5-glukozid)	H	ND	ND
YGM-1a	cijanidin 3-(6,6'-kafeoil-*p*-hidroksibenzoilsoforozid)-5- glukozid	H	PHB	Caf
YGM-1b	cijanidin 3-(6,6'-dikafeoilsoforozid)-5-glukozid	H	Caf	Caf
YGM-2	cijanidin 3-(6-kafeoilsoforozid)-5-glukozid	H	H	Caf
YGM-3	cijanidin 3-(6,6'-kafeoilfer soforozid)-5-glukozid	H	Fer	Caf
YGM-4b	peonidin 3-(6,6'-dikafeoilsoforozid)-5-glukozid	CH_3	Caf	Caf
YGM-5a	peonidin 3-(6,6'-kafeoil-*p*-hidroksibenzoilsoforozid)-5-glukozid	CH_3	PHB	Caf
YGM-5b	cijanidin 3-(6-kafeoilsoforozid)-5-glukozid	CH_3	H	Caf
YGM-6	peonidin 3-(6,6'-kafeoilfer soforozid)-5-glukozid	CH_3	Fer	Caf

YGM= Yamagawamurasaki; PHB, Caf, Fer= p-hidroksibenzojeva, kava, fero kiselina,ND= nije dokazano, *kemijske strukture ovih antocijanina djelomično su otkrivene

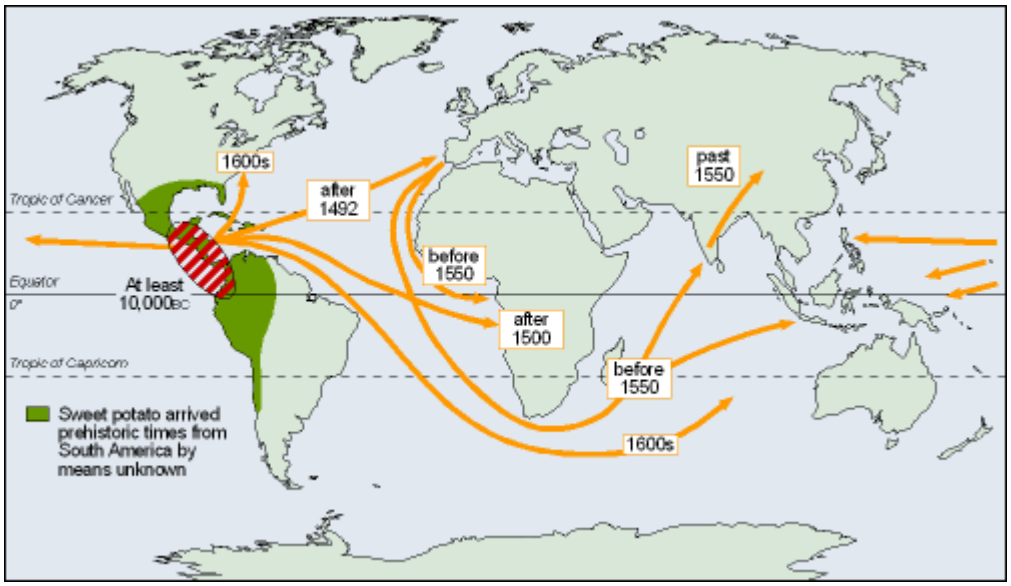
Izvor: (Islam i sur., 2002a)

Prema istraživanju Islam (2006) u batatu su utvrđeni antocijanini peonidinske strukture. Na osnovi dosadašnjih istraživanja antocijanini su identificirani u višim koncentracijama uglavnom u sortama batata tamnije boje mesa (ljubičasto i crveno meso), a cijanidin i peonidin pokazali su se kao najzastupljeniji među njima (Oki i sur., 2002).

2.7. Podrijetlo i povijesna rasprostranjenost batata

Batat (*Ipomoea batatas L*.) je višegodišnja tropska kultura, podrijetlom iz srednje i sjevernog dijela Južne Amerike, a pripada među najstarije vrste povrća poznate čovjeku. Uzgajali su ga Maje i Inke u Peruu, ali i Maori na Novom Zelandu. Iako su istraživači pronašli ostatke batata stare osam tisuća godina u peruanskim pećinama, to povrće nije bilo poznato u Europi do 1492. godine, kada ga Cristophor Columbo donosi sa svojega putovanja u Novi svijet.

Prvi istraživači ga donose oko 1600-te godine u Španjolsku, odakle se proširio u južnu Francusku, Italiju i Grčku. Nakon toga se širi u zapadnu Afriku, a kasnije u Indiju, Indokinu, Japan i Kinu gdje postaje glavna hrana (slika 8). Oko 1850. godine zbog nestašice krumpira i prijetnje glađu, batat se počeo saditi u Njemačkoj i oko Pariza.



Slika 8. Povijesni tijek širenja uzgoja batata
Izvor: Vegetable crops – PLSC 541-551 Lesson 12, Sweet Potato, Stephen L. Love (http://slideplayer.com/slide/8301961/; pristup: 10.12.2011.)

Danas se batat ubraja među sedam najvažnijih namirnica u svijetu, kao jedna od najhranjivijih vrsta povrća. Kina je posljednje desetljeće najveći svjetski proizvođač koji osigurava veći dio svjetske proizvodnje, ali i jedna od vodećih prema potrošnji batata.

U Hrvatskoj se posljednjih petnaest godina značajno povećala proizvodnja batata. Prinos batata u Hrvatskoj uz uravnoteženu gnojidbu može iznositi 20 do 30 tona korijena, te oko 15 tona lista po hektaru (Bogović i sur., 2010; Bogović i sur. 2013 b).

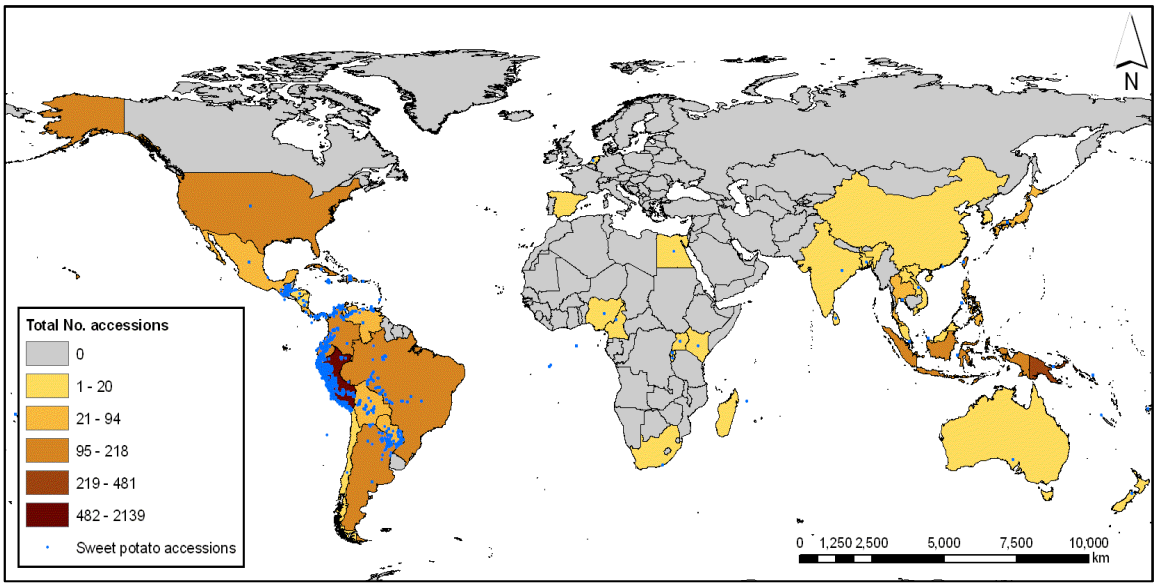
Tablica 8 prikazuje proizvodnju batata prema površinama i količini, koja je najviše zastupljena u Aziji (78.595.547 t), značajno manje Afrika (21.316.860 t) i Amerika (4.319.809 t), te Australija i Novi Zeland (83.670 t), dok se najmanja proizvodnja odvija u Europi (52.184 t). Prosječni prinosi u Aziji se kreću oko 20,08 t ha^{-1}, značajno manji prinosi u Africi se kreću oko 5,10 t ha^{-1}, prinosi u Americi su oko 11,93 t ha^{-1}, najveći prinosi su u Australiji i Novom Zelandu od 26,46 t ha^{-1}, dok prosječni prinosi batata u Europi iznose 19,83 t ha^{-1}.

Tablica 8. Proizvodnja batata u svijetu

Proizvodnja u 2016. godini	Ukupna površina	Prinos	Proizvodnja
	ha	t/ha	t
Svjetska proizvodnja	8.623.973	12,20	105.190.501
Amerika	362.126	11,93	4.319.809
Afrika	4.187.768	5,10	21.316.860
Azija	3.913.673	20,08	78.595.547
Europa	2.632	19,83	52.184
Australija i Novi Zeland	3.163	26,46	83.670

Izvor: FAOSTAT 2016, (http://www.fao.org/potato-2016/en/world/; pristup: 24. 07. 2018.)

Rasprostranjenost batata i područja uzgoja u svijetu prikazana su na slici 9, gdje uz Aziju dominiraju južna i srednja Amerika, dok je ranije manja rasprostranjenost bila u Africi i Australiji, a najmanja u Europi.



Slika 9. Područja uzgoja batata i rasprostranjenost u svijetu

Izvor: Cartographers guild
(http://www.cartographersguild.com/showthread.php?t=27347; pristup: 15.12.2011.)

Posljednjega desetljeća u Africi je došlo do značajnog povećanja površina pod batatom (4.187.768 ha), dok je u Aziji zbog većih prinosa još uvijek zastupljen najveći dio svjetske proizvodnje (78.595.547 tona). Kina je posljednje desetljeće najveći svjetski proizvođač koji osigurava 80 % svjetske proizvodnje, slijede Indonezija, Vijetnam, Japan, Indija, Nigerija, Uganda, te srednja i Južna Amerika.

2.8. Biološki zahtjevi

Batat za svoj rast i razvoj zahtijeva 120 do 150 dana bez mraza, s dnevnim temperaturama od 21 do 25 ºC i noćnim temperaturama iznad 12 ºC (Lešić i sur., 2016). Prema istraživanju Novak i sur. (2007b) provedenom u kontinentalnoj Hrvatskoj, batat za rast i razvoj treba godišnje minimalno tri mjeseca s temperaturama zraka iznad 15 ºC.

Temperature iznad 30 ºC mogu djelovati ograničavajuće na rast i dovesti do smanjenja prinosa, kao i temperature ispod 15 ºC, dok temperature niže od 10 ºC mogu uzrokovati unutrašnja oštećenja (Lešić i sur., 2016).

Za ujednačen rast i razvoj batat zahtijeva oko 25 mm vode tjedno, oborinama ili navodnjavanjem (Lešić i sur., 2016). Najpogodnija za uzgoj batata su lakša aluvijalna pjeskovita, neutralno do blago kisela tla, pH 5,5 do 7,2. Prema Shultheis i sur. (1994) batat se može razmnožavati sjemenom, vegetativnim reznicama i kulturom tkiva.

Prema istraživanju Novak i sur. (2004) utvrđeno je da način uzgoja presadnica značajno utječe na komponente prinosa, pri čemu su presadnice s grudom supstrata uzgojene u kontejneru dale opravdano veće vrijednosti u odnosu na presadnice proizvedene izravno iz spavajućih pupova. Istraživanja Novak i sur. (2007b) pokazuju da je metoda proizvodnje ukorijenjene presadnice sa supstratom, značajno utjecala na povećanje mase tržnog korijena i povećanje prinosa u odnosu na tradicionalno proizvedene presadnice.

Za komercijalnu proizvodnju batat se najčešće uzgaja sadnjom presadnica dobivenih iz spavajućih pupova na korijenu ili sadnjom reznica dobivenih od vršnih dijelova vrježa (Lewett, 1993). Rezultati istraživanja Novak i sur. (2007a) pokazuju značajan pozitivan učinak endomycorize (inokulacijom mikoriznom gljivom Glomus mossae) u organskoj proizvodnji batata, na povećanje prinosa i prosječnu masu korijena.

Sadnja batata se obavlja ručno ili strojno sredinom svibnja na humke ili uzdignute gredice, sa ili bez primjene malča. Preporučeni razmak sadnje između redova je 100 do 120 cm i unutar reda 30 do 40 cm. Batat se sadi na dubinu 5 do 10 cm tako da prva dva nodija budu u tlu. Prema istraživanjima Novak i sur. (2006) kod dva različita sklopa prilikom sadnje batata, narančasta sorta je dala opravdano veću masu tržnih korijenova po biljci u odnosu na crvenu sortu. Novak i sur., (2007b) iznose podatak da je u kontinentalnoj Hrvatskoj postignut veći prinos kod sadnje batata na crni polietilenski film u usporedbi sa sadnjom na golo tlo, pri sklopu od 2,8 biljaka m^{-2}. Prema istraživanju Frahm (2004) dobri rezultati u pogledu prinosa na slabo opskrbljenim tlima postižu se dodatkom Vermikomposta u kombinaciji s mineralnom gnojidbom. Ovisno o stanju hraniva u tlu Bianco (1990) preporučuje gnojidbu na bazi 60 do 100 kg N, 80 do 120 kg P_2O_5 i 100 do 200 kg K_2O. Prinos korijena batata raste povećanom gnojidbom N, P, K dok prekomjerna gnojidba

N može izazvati pad prinosa korijena zbog većeg formiranja lisne mase. Okpara i sur. (2009) iznose da aplikacija N do 120 kg N ha^{-1} utječe na povećanje indeksa lisne površine i suhe tvari. Prema Nicholaides i sur. (1985) gnojidba fosforom nema značajan utjecaj na prinos i kvalitetu batata. Značajan utjecaj na povećanje prinosa korijena batata na osnovi dosadašnjih provedenih pokusa, utvrđen je pri povećanoj gnojidbi kalijem (Bogović i sur., 2013 b). Prema Jian-Wei i sur. (2001.) prosječna masa korijena i sadržaj ugljikohidrata je rastao gnojidbom K do optimuma od 225 kg K_2O ha^{-1}.

2.9. Morfološka svojstva i sastavnice prinosa

Morfološka svojstva značajno utječu na prilagodljivost batata na nepovoljne biotske i abiotske čimbenike, otpornost na sušu i visoke temperature, dobro podnošenje gušćeg ili rjeđeg sklopa, dobru razvijenost korijenovog sustava i sposobnost usvajanja hraniva, kao i otpornost korijena na pucanje, uvijenost i isprepletenost korijena te mogućnost dugotrajnog skladištenja. Navedena morfološka svojstva ocjenjuju se po ujednačenom obliku korijena u tehnološkoj i fiziološkoj zrelosti (formiranje cvijeta i sjemena), boji pokožice i parenhima, zastupljenosti karotenoida i antocijana te broju formiranih listova i duljini vriježe. Brojna istraživanja potvrđuju da u različitim agroekološkim uvjetima morfološka i genetska svojstva mogu imati pozitivan ili negativan učinak na komponente prinosa.

Na komponente prinosa, nutritivne i funkcionalne vrijednosti pojedine sorte batata značajno utječu dominantni ekološki čimbenici (temperatura zraka i tla, količina i raspored oborina, fizikalna i kemijska svojstva tla) i primijenjene agrotehničke mjere (tip presadnice, sklop, gnojidba, malčiranje, navodnjavanje, zaštita od štetočina, rokovi vađenja te način i vrijeme skladištenja). Najvažnije komponente prinosa koje se prate u uzgoju batata su: ukupna masa korijena, broj korijenova po biljci, veličina i masa pojedinog korijena, tržni prinos i postotak tržnog korijena, te ukupna masa lista i indeks lisne površine.

2.9.1. Morfološka svojstva i botanička pripadnost

Prema botaničkoj sistematizaciji vrsta Ipomoea batatas svrstava se u :

Carstvo: Plantae

Odjeljak: Magnoliophyta

Razred: Magnoliopsida

Red: Solanales

Porodica: Convolvulaceae

Rod: Ipomoea

Vrsta: Ipomoea batatas (L.)

Batat je višegodišnja zeljasta trajnica iz porodice slakova (Convolvulaceae). Biljka kroz vegetaciju, ovisno o sorti može formirati 10 do 20 nadzemnih vrježa, odnosno stabljika s bočnim granama. Nadzemne vrježe u dodiru s tlom na donjoj strani nodija, mogu formirati primarno adventivno korijenje. Glavne stabljike su horizontalno ispružene s neograničenim rastom i velikim brojem dugih internodija i nodija. Stabljika je u obliku razgranatih vrježa različite duljine, koja do kraja vegetacije može narasti do 6 metara. Duljina i broj vrježa je također ovisan o sorti i uvjetima uzgoja. Grananjem stabljika povećava lisnu površinu te omogućuje stvaranje većeg broja listova i njihovog povoljnijeg rasporeda.

Na dugim uspravnim peteljkama spiralno raspoređeni, na stabljici se nalaze jednostavni ravni ili urezani srcoliki listovi. Plojka lista ima srcoliku bazu, mrežastu nervaturu, cjelovit rub i ušiljen vrh. Pojedine sorte batata imaju streličastu ili razdijeljenu plojku u 3 do 5 režnjeva. Boja lista varira od svijetlo do tamno zelene, dok pojedine sorte imaju jače ili slabije izraženu tamnocrvenu ili ljubičastu pigmentaciju plojke.

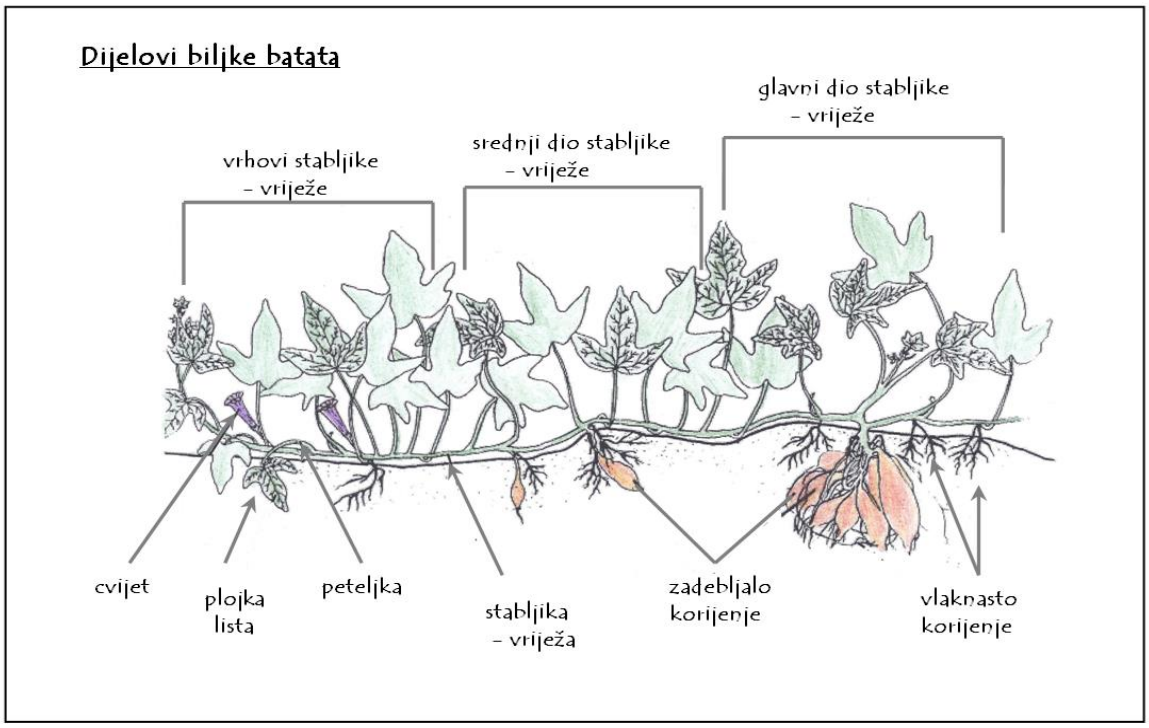
Cvijet batata je dvospolan i ljevkast. Čaška cvijeta se sastoji od pet lapova, a vjenčić od pet latica. U cvijetu se nalazi pet prašnika i jedan tučak koji ima nadraslu plodnicu. Cvatnja započinje u rujnu. Cvjetovi su promjera oko 4 cm oblikom slični cvjetovima slaka. Boja cvijeta varira ovisno o sorti od svijetloružičaste, crvenkaste do svjetlije ili tamnije ljubičaste. Cvjetovi se otvaraju u ranim jutarnjim satima i zatvaraju u večernjim satima, a oprašuju se kukcima. Plod batata je u obliku tobolca koji sadrži jednu do četiri sjemenke. Dozrijevanjem tobolac poprima smeđu boju. U tobolcu se nalaze zrele sjemenke nepravilnog oblika smeđe ili crne boje. Plodovi i sjeme ne dozrijevaju u našim uvjetima jer je batat biljka kratkog dana. Korijen batata prodire u dubinu do 2 m, dok se glavnina apsorpcijskog i zadebljalog korijenja razvija u gornjih 30 do 40 cm tla. Nakon sadnje korijen batata počinje zadebljavati, pri čemu do kraja vegetacije pojedino korijenje može postići masu od 1 do 2 kg. Biljka može razviti od 4 do 10 zadebljalih korijenova (Rubatzky i Yamaguchi, 1996). Prema anatomskoj građi zadebljali korijen predstavlja pravi korijen od parenhimskog tkiva, kod kojeg zadebljanje nastaje povećanom aktivnošću primarnog kambija, s krupnijim i slabije lignificiranim stanicama centralnog cilindra.

U Hrvatskoj se batat uzgaja kao jednogodišnja povrtna vrsta zbog zadebljalog korijena. Batat se najlakše razmnožava vegetativno presadnicama dobivenim od korijenovih izdanaka. Prema Novak i sur. (2004) način proizvodnje presadnica je značajno utjecao na prinos tržnih korijenova (150 do 400 g). Opravdano veći prinos tržnih korijenova dobiven je uzgojem iz presadnica s grudom supstrata oko korijena, u odnosu na presadnice bez grude supstrata. Sekundarni zadebljali korijenovi se na lakšim pjeskovitim tlima razvijaju na dubini 30 do 40 cm, dok primarni korijen može doseći dubinu i do 2 m. Formiranje zadebljalog korijena počinje oko 30 do 35 dana nakon sadnje i nastavlja se ovisno o uvjetima uzgoja do kraja vegetacije (Rubatzky i Yamaguchi, 1996). Mjesec dana

nakon sadnje sekundarno korijenje počinje zadebljavati u obliku gomolja te do kraja vegetacije dosegne masu između 100 i 500 g, dok pojedino korijenje postigne masu od 1 do 2 kg. Intenzivnije zadebljanje pravog korijena nastaje povećanom aktivnošću primarnog kambija, dok glavninu zadebljalog korijena čini parenhimsko tkivo. Prema Lešić i sur. (2016) biljke do kraja vegetacije u optimalnim uvjetima mogu formirati 4 do 10 zadebljalih korijenova različite veličine, ovisno o sorti i uvjetima uzgoja (vrsta tla, gnojidba, oborine, temperatura i sklop). Optimalna težina tržnog korijena kreće se od 100 do 400 grama, dužine 15 do 20 cm i promjera 5 do 8 cm.

Korijen narančaste sorte batata najčešće je vretenasto izdužen, rjeđe je okruglog oblika, dok je za sorte batata crvenog korijena karakterističan veći udio korijena okruglog oblika. Pokožica korijena može biti narančasta, crvena, ljubičasta ili žuta, a parenhimsko tkivo bijelo, svjetložuto, narančasto, crveno i ljubičasto. Podzemni i nadzemni dijelovi biljke batata prikazani su na slici 10, a sastoje se od: zadebljalog korijena, vlaknastog korijenja, stabljike u obliku vriježe, peteljke i plojke lista, te cvijeta (slika 11).

Kod sorti narančastog i crvenog batata na vriježi su raspoređeni jednostavni srcoliki listovi s urezanim rubom. Kao usjev s velikom lisnom površinom, batat je značajno tolerantniji na bolesti, štetočine i visoku vlagu u odnosu na ostalo lisnato povrće (Islam, 2006). Prema Sokoto i sur. (2007) utvrđen je najveći indeks lisne površine (ILP) prilikom sadnje batata na razmak u redu 20 cm u odnosu na 30, 40 i 50 cm, zbog većeg broja biljaka po jedinici površine, dok gnojidba kalijem nije imala značajan utjecaj na ILP.



Slika 10. Podzemni i nadzemni dijelovi biljke batata



Slika 11. List i cvijet batata

Listovi batata su manje zastupljeni u prehrani ljudi i najčešće se koriste kao stočna hrana. Novija istraživanja sve više potvrđuju njihovu nutritivnu vrijednost i proširuju spoznaje o povezanosti između konzumacije lista batata i ljudskog zdravlja (Islam, 2006).

2.9.2. Tehnološka zrelost i berba

Rast i razvoj batata traje od 3 do 6 mjeseci i odvija se u tri faze: prva faza od sadnje do formiranja korijena (30 do 60 dana); druga faza od najvećeg razvoja lisne mase do ukupnog razvoja korijena (60 do 120 dana); treća faza od ukupnog razvoja korijena (tehnološka zrelost) do cvatnje (fiziološka zrelost, 120 do 180 dana). U sjeverozapadnoj Hrvatskoj tehnološka zrelost i berba batata nastupaju 120 do 140 dana nakon sadnje, prije pojave ranog jesenskog mraza.

Rubatzky i Yamaguchi (1996) navode da je u umjerenom klimatu uzgoj batata moguć kada su prosječne temperature oko 20 ºC, a minimalne nisu niže od 15 ºC. Temperature ispod 15 ºC usporavaju formiranje korijena dok pri temperaturi ispod 10 ºC prestaje rast. Isto tako dugi period s temperaturama iznad 30 ºC i bez oborina može utjecati na tehnološku zrelost i smanjenje prinosa.

U kontinentalnoj Hrvatskoj rani jesenski mrazevi mogu uništiti lisnu masu i ubrzati procese fermentacije u korijenu izloženom niskim temperaturama. Tehnološka zrelost korijena batata nije jasno određena, zbog toga se korijen može početi vaditi već 90 dana nakon sadnje. Kasnija berba značajno utječe na povećanje prinosa i većeg udjela krupnijeg korijena. Zbog dubokog zadebljalog korijena koji lako puca, korijen se najčešće vadi ručno ili prilagođenom vadilicom za korjenasto povrće. Lisna masa s vriježama se može nekoliko

dana ranije pokositi, kako bi se pospješio razvoj čvršće pokožice i ujedno spriječio negativan utjecaj ranih jesenski mrazeva. Nakon vađenja i sušenja korijen batata gubi na težini do 5 do 10 % u odnosu na ukupnu masu izmjerenu prilikom vađenja korijena.

2.9.3. Sastavnice prinosa

Sastavnice prinosa batata važne za komercijalnu proizvodnju su: ukupna masa korijena, broj korijenova po biljci, veličina i masa pojedinog korijena, tržni prinos i postotak pojednih frakcija tržnog korijena, te u proizvodnji lista ukupna masa lista i indeks lisne površine.

Prema Novak i sur. (2007a, 2007b) najveći prinos korijena ostvaren je kod ukorijenjene presadnice, te inokulacije presadnica endomikoriznom gljivom uz primjenu crnog PE filma i sklop od 2 do 3 biljke m^{-2}. Slični rezultati dobiveni istraživanjem Farzana i sur. (2005) pokazuju značajan utjecaj inokulacije nekoliko sojeva Rhizobakterijama na promatrane komponente prinosa batata (sadržaj minerala, suha tvar, prinos).

Prema rezultatima istraživanja Sanoussi i sur. (2016b) prinosi korijena batata narančaste sorte kretali su se od 18,51 do 36,96 t ha^{-1}, bijela sorta s crvenom pokožicom ostvarila je prinose od 33,90 do 40,80 t ha^{-1}, dok se prinos žute sorte kretao od 12,65 do 39,88 t ha^{-1}. Prema istraživanjima Jian Wei i sur. (2001) rastuća gnojidba K u uzgoju batata utjecala je na povećanje prinosa od 5,1 do 50,7 % i povećanje ukupne suhe tvari na tri ispitivane lokacije.

Rezultati istraživanja Sokoto i sur. (2007) pokazuju da je gnojidba K u količini od 150 i 200 kg ha^{-1} značajno utjecala na povećanje prinosa tržnog gomolja u odnosu na ostale razine gnojidbe, što može biti i rezultat prijašnjega nedostatka K u tlu. Prema istom istraživanju razmak u redu od 20 cm dao je veći ukupni prinos ali i veći udio sitnog korijena, u odnosu na razmak od 50 cm koji je rezultirao većim udjelom krupnijeg tržnog korijena.

Prema rezultatima istraživanja Agbede (2010) utvrđen je značajan utjecaj gnojidbe na povećanje prinosa korijena batata. Prema istraživanjima Purcell i sur. (1982) i Jian Wei i sur. (2001) gnojidba K značajno je utjecala na povećanje prinosa batata.

Prema rezultatima istraživanja Osundare (2004) gnojidba mineralnim i organskim gnojivima utjecala je na povećanje duljine korijena i prinosa batata. Rezultati istraživanja Yeng i sur. (2012) provedeni na batatu uz primjenu mineralnog NPK i organskog gnoja, pokazuju značajan utjecaj na povećanje prinosa batata i veći udio krupnije frakcije korijena.

2.10. Tehnologija uzgoja batata kao funkcionalne hrane

2.10.1. Sortiment

U svijetu je zastupljen veliki broj kultivara batata koji se razlikuju prema nutritivnoj vrijednosti, ovisno o boji periderme i zadebljalog parenhimskog tkiva. Najčešće se uzgajaju sorte narančaste boje pokožice i parenhimskog tkiva, crvenoljubičaste boje pokožice i parenhimskog tkiva te bijele ili crvene boje pokožice i bijelog parenhimskog tkiva (slika 12).

Među brojnim kultivarima najviše se cijene kultivari tamnije boje pokožice i narančastog ili žutog parenhimskog tkiva. Razlike u komponentama prinosa i nutritivnim vrijednostima pojedinih sorata batata mogu biti uvjetovane i raznim ekološkim čimbenicima kao što su: temperatura, oborine, tip tla, sklop, gnojidba kalijem i dušikom, ali i rokovima vađenja i vremenom skladištenja.



Slika 12. Korijen i presjek korijena različitih sorti

Izvor: Vitamin.sg
(http://www.vitamin.sg/blog/sweetpotatobenefits/; pristup: 10.02.2012.)

Unutar sorata postoje razlike prema obliku i veličini korijena, količini lisne mase, količini prinosa, te količini škroba i ukupnom hranidbenom sastavu korijena. Prema rezultatima Novak i sur. (2006) na pokusima provedenim u Hrvatskoj, nisu utvrđene značajne razlike u broju i masi tržnih korijenova narančastog i crvenog batata kod dva različita sklopa, dok je opravdano veća masa tržnih korijenova po biljci dobivena kod narančaste sorte.

Prema Guo i sur. (2009) utvrđene su značajne razlike tržnog prinosa korijena batata među različitim sortama. Utjecaj sorte potvrđuju istraživanja koja pokazuju da reakcije na različite koncentracije kalcija variraju ovisno o sorti batata (Sulaiman i sur., 2004). Prema istraživanju Menelaou i sur. (2006) sadržaj luteina u listovima šest različitih sorata batata

kretao se od 0,38 do 0,58 mg g^{-1} sveže tvari, što ujedno može predstavljati važan izvor luteina u ljudskoj prehrani i važno sortno svojstvo.

Prema istraživanju Mukhtar i sur. (2010) na dvije sorte batata ('Dan Bakalori' – narančasto meso i 'Dan Zaria' – bijelo meso i purpurno crvena pokožica), uz tri razine gnojidbe mineralnim i organskim gnojivima, nije zabilježen značajan utjecaj na broj i dužinu vriježe, broj listova i ukupnu suhu tvar, dok je značajno veći broj vriježa utvrđen kod purpurno crvenog kultivara kao sortno svojstvo. Rezultati istog istraživanja pokazuju da je narančasta sorta dala veći prinos korijena od purpurno crvene sorte.

Batat kao funkcionalna hrana se razlikuje ovisno o sorti prema sadržaju ukupnih polifenola. Rezultati istraživanja Rumbaoa i sur. (2009) pokazuju da se udio ukupnih fenola u batatu bitno razlikovao među sortama. Sorta batata s ljubičastim parenhimom imala je najveći sadržaj fenola, nešto manje tamno ljubičasta sorta, dok su znatno manji udio imale bijela i žuta sorta, što je u skadu s prijašnjim istraživanjima (Teow i sur. 2007).

2.10.2. Rok uzgoja

Sadnja batata u kontinentalnom dijelu Hrvatske obavlja se sredinom svibnja, zbog smanjene opasnosti od pojave i negativnog utjecaja kasnog proljetnog mraza. Ranija sadnja je moguća u zatvorenom prostoru ili područjima s mediteranskom klimom, dok je nešto kasnija sadnja moguća u područjima bez pojave ranog jesenskog mraza. Sadnja se obavlja na uzdignute gredice uz primjenu crnog PE malča, radi postizanja optimalnih uvjeta za rast, te sprječavanja evaporacije i rasta korova. Za sadnju jednog ha potrebno je 20 do 30 tisuća presadnica, koje su prethodno proizvedene i ukorijenjene u zatvorenom prostoru.

Nakon sadnje i ukorjenjivanja započinje intenzivan rast korijena, vriježa i lišća, a mjesec dana nakon sadnje započinje povećana translokacija asimilata u zadebljali korijen, koja se intenzivira do kraja vegetacije. Prema dosadašnjim istraživanjima batat se može uzgajati u širokom rasponu tala od smeđih humusnih do vapnenastih tala. Kemijska svojstva su manje ograničavajući faktor za postizanje dobrih prinosa u odnosu na strukturna svojstva. Batat preferira rastresita tla dubine veće od 30 cm s dobrom površinskom i podzemnom drenažom.

Prema rezultatima istraživanja Ogbodo (2005) obrada tla na 40 cm dubine značajno je utjecala na povećanje prinosa korijena, zbog poboljšanih fizikalnih svojstava tla i drenaže u odnosu na reduciranu obradu tla. Iako su rezultati istraživanja Sokoto i sur. (2007) kod sadnje batata na razmak u redu od 20 cm dali veći prinos korijena, razmak u redu od 40 cm smatra se optimalnim, zbog većeg udjela tržnog korijena (60 %) u odnosu na gušći sklop sa (43,5 i 49,5 %) tržnog korijena.

2.10.3. Način uzgoja

Batat u tropskom području raste kao trajnica, dok se u Hrvatskoj uzgaja kao jednogodišnja biljka, presadnicama dobivenim iz korijenovih izdanaka. Presadnice se proizvode od zdravog korijena bez mehaničkih oštećenja, u toplim i vlažnim gredicama (ili kontejnerima) u zatvorenom prostoru. Za proizvodnju kvalitetnih presadnica koristi se korijen prosječne mase oko 100 grama. Na dobro pripremljene gredice ili kontejnere posadi se na 1 m^2 oko 100 korijenova, koji se pokriju s 3 do 4 cm komposta. Uz održavanje temperature od 25 do 30 ºC spavajući pupovi počinju tjerati za 2 tjedna, a već nakon 5 tjedana se mogu presađivati.

Prema Novak i sur. (2005) batat se komercijalno uzgaja sadnjom izboja dobivenih iz spavajućih pupova ili reznicama dobivenim iz vriježa, pri čemu su reznice starosti 3 mjeseca i dužine 40 cm ostvarile signifikantno veći prinos u uporedbi s reznicama starosti 5 mjeseci i dužine 20 cm. Istraživanja Novak i sur. (2004) pokazuju da presadnice s grudom supstrata uzgojene u kontejneru daju opravdano veće vrijednosti u odnosu na presadnice uzgojene izravno iz spavajućih pupova.

Na promatrana svojstva značajno pozitivno utječe i malčiranje tla crnim PE filmom u usporedbi s uzgojem na golom tlu (Novak i sur. 2004). Razultati istraživanju Novak i sur. (2007a) pokazuju da mikoriza ima pozitivan utjecaj na prinos i masu zadebljalih korjenova batata uz upotrebu malča crnog PE filma prilikom sadnje batata.

Istraživanja Sokoto i sur. (2007) s različitim razmakom u redu pokazuju da se kod manjeg razmaka od 20 cm u redu, dobiva korijen relativno manje težine, dok je razmak od 50 cm rezultirao znatno većim korijenom. Prema istom istraživanju zabilježen je znatno veći indeks lisne površine ILP, kod razmaka u redu od 20 cm u odnosu na razmak od 30, 40 i 50 cm, kao rezultat većeg broja biljaka po jedinici površine.

Prema rezultatima istraživanja Chagonda i sur. (2014) horizontalni položaj vriježe kod uzgoja batata je dao znatno širi promjer korijena, uzgoj na uzdignutom humku je dao najveću dužinu korijena, dok je značajno veći prinos korijena postignut kod uzgoja na petlju i horizontalnog uzgoja vriježe na uzdignutom humku u odnosu na preklopljenu vriježu. Slični rezultati istraživanja Dumbuya i sur. (2016) dobiveni kod uzgoja batata na uzdignutom humku, pokazuju značajno veći broj vriježa i listova, te značajno veći prinos i udio tržnog korijena u odnosu na sadnju na gredicu.

2.10.4. Gnojidba

Za ostvarivanje većeg prinosa korijena, batat osim optimalnih uvjeta uzgoja zahtijeva i gnojidbu kalijem, osobito na pjeskovitim tlima koja imaju nisku sposobnost vezivanja kationa. Prema Lešić i sur. (2016) na mineralnim i pjeskovitim tlima korisna je i

gnojidba organskim gnojivima. Ovisno o stanju hraniva u tlu, preporučuje se gnojidba na bazi 60-100 kg N, 80-120 kg P_2O_5 i 200 kg K_20 (Lešić i sur., 2016).

Kalij kao važno hranivo aktivira rad brojnih enzima i utječe na regulaciju permeabilnosti stanične membrane. Dobra opskrbljenost kalijem utječe na povećanje neto asimilacije uz bržu sintezu rezervnih tvari, a time i na povećanje prinosa i kvalitete preko boljeg djelovanja drugih biogenih elemenata (Mengel,1984).

Kalij utječe na održavanje turgora i regulaciju mehanizma rada stoma, zbog čega se utjecaj kalija povezuje s otpornosti biljaka prema suši, što je bitno kod uzgoja batata bez navodnjavanja. Sokoto i sur. (2007) u svom istraživanju utvrdili su značajan utjecaj sklopa i gnojidbe kalijem na prinose i postotak tržne frakcije korijena, dok gnojidba kalijem nije utjecala na indeks lisne površine.

Prosječni prinosi batata u svijetu se kreću oko 15 t ha^{-1}, dok se u Hrvatskoj uz povećanu gnojidbu kalijem na određenim lokalitetima mogu ostvariti prinosi od 20 do 30 t ha^{-1} (Novak i sur. 2008.). Purcell i sur. (1982) utvrdili su značajan utjecaj rastuće gnojidbe kalijem na povećanje prinosa korijena, dok je gnojidba dušikom utjecala na povećanje lisne mase. Istraživanja Jian Wei i sur. (2001) pokazuju da je gnojidba 225 kg K_2O ha^{-1} utjecala na povećanje mase korijena i sadržaja škroba. Prema George i sur. (2002) rastuća gnojidba K utjecala je na povećanje prinosa korijena kod svih genotipova i povećanje testiranih parametara kvalitete: suha tvar, karotena i antocijanina.

Prema navodima Bourke (1985) i George i sur. (2002) gnojidba kalijem ima učinak na sastavnice prinosa te nutritivnu i funkcionalnu vrijednost batata. Rezultati istraživanja Sokoto i sur. (2007) s različitim količinama kalija pokazuju značajno veći prinos tržnog gomolja zbog rastuće gnojidbe kalijem. Istraživanja Laurie i sur. (2012) pokazuju značajan utjecaj dvije razine gnojidbe na sadržaj *beta*-karotena u batatu, u odnosu na kontrolnu varijantu.

U cilju povećanja prinosa korijena batata kalij se u tlo može dodavati i u obliku organskih gnojiva. Prema istraživanju Osundare (2004) gnojidba mineralnim i organskim gnojivima je značajno utjecala na povećanje lisne mase, povećanje duljine korijena te povećanje prinosa batata.

Rezultati istraživanja Nedunchezhiyan i sur. (2010), pokazuju da je gnojidba vermikompostom značajno utjecala na prinos, sadržaj suhe tvari, škroba i *beta*-karotena narančastog batata. Istraživanja Oliveira i sur. (2010) pokazuju da gnojidba stajnjakom od 30 t ha^{-1} rezultira većim tržnim i ukupnim prinosom batata, kao i primjena biofertilizatora 27 do 30 % koncentracije. Rezultati istraživanja Ossom i Rhykerd (2007) pokazuju da upotreba nusproizvoda u preradi šećerne trske od 10000 kg ha^{-1} u kombinaciji sa standardnom gnojidbom utječe na povećanje prinosa batata.

Prema istraživanju (Nicholaides i sur. 1985, Rashid i Waithaka 1985) gnojidba fosforom nema značajnog utjecaja na prinos i kvalitetu batata. Slična istraživanja provedena s tri razine gnojidbe fosforom (0, 90, 180 kg P_2O_5 kg ha^{-1}) nisu utjecala na komponente prinosa, dok je gnojidba stajnjakom (0, 5, 10, 15 i 20 t ha^{-1}) utjecala na dužinu korijena, suhu tvar i prinos, što je osobito došlo do izražaja u sušnim uvjetima zbog popravljanja fizikalnih svojstava tla i boljeg usvajanja hraniva (Abdisa i sur. 2012).

Istraživanja provedena na dvije sorte batata uz primjenu tri razine mineralnog i organskog gnojiva nisu pokazala značajan utecaj na lisnu masu i udio suhe tvari u korijenu batata (Mukhtar i sur. 2010). Rezultati istog istraživanja nisu pokazali značajan utjecaj gnojiva na prinos batata, zbog vrlo kiselog tla u kojem hraniva nisu bila dostupna biljkama, dok je gnojidba organskim gnojivima od 4 t ha^{-1} utjecala na povećanje ukupne suhe tvari u odnosu na ostale razine gnojidbe.

Rezultati istraživanja Agbede (2010) provedeni na batatu uz dva načina obrade tla (reducirana i konvencionalna obrada) te četiri razine gnojidbe (kontrola, 250 kg ha^{-1} NPK 15:15:15, 10 t ha^{-1} pilećeg gnoja i 125 kg ha^{-1} NPK + 5 t ha^{-1} pilećeg gnoja), pokazuju značajan utjecaj kombinirane gnojidbe organskim i mineralnim gnojivima kod oba načina obrade tla na prinos batata.

Prema istraživanju Sokoto i sur. (2007) provedenom na batatu uz pet razina gnojidbe kalijem (0, 50, 100, 150 i 200 kg K ha^{-1}) utvrđen je značajan utjecaj veće gnojidbe K na prinos i udio tržnog korijena. Rezultati istog istraživanja nisu utvrdili značajan utjecaj gnojidbe K na indeks lisne površine, koji je značajno rastao od 9. do 12. tjedna nakon sadnje, te počeo opadati nakon 15. tjedna zbog starenja listova.

2.10.5. Navodnjavanje

U sjeverozapadnoj Hrvatskoj u godinama s prosječnim količinama oborina i prosječnim temperaturama od svibnja do listopada, moguć je uzgoj batata na otvorenom bez navodnjavanja. Nakon sadnje u područjima s manjom količinom oborina batat je potrebno navodnjavati, osobito na laganim pjeskovitim tlima, uz obveznu primjenu crnog PE malča. Za postizanje visokog prinosa korijena batata nužno je tijekom vegetacije osigurati oko 500 mm vode (Woolffe, 1992.).

Batat ima najveće zahtjeve za vodom na početku vegetacije u vrijeme formiranja korijena, dok lisna površina ne prekrije tlo. Istraživanja Laurie i sur. (2012) pokazuju da je povećana primjena navodnjavanja utjecala na sadržaj *beta*-karotena, pri čemu je najbolji odnos sadržaja *beta*-karotena i iskorištenosti navodnjavanja ostvaren pri srednjoj (60%) razini navodnjavanja. Prema Borošić i sur. (1998) navodnjavanje kapanjem uz primjenu malčiranja polimernim materijalom u uzgoju povrća, zbog boljeg korištenja vode za

navodnjavanje, donosi višestruku korist vezanu za prinos i kvalitetu povrća.

Navodnjavanje kapanjem se posebno preporučuje u područjima s ograničenim količinama vode za navodnjavanje, gdje se uz primjenu malča smanjuje evaporacija iz tla, ispiranje hraniva, erozija i zbijanje tla, što omogućuje bolju distribuciju korijenovog sustava i bolju kontrolu korova, štetnika i bolesti (Borošić i sur. 1998).

Pred kraj vegetacije ili mjesec dana prije vađenja korijena nije potrebno navodnjavanje, osobito na teškim glinastim tlima, što je bitno za kasnije bolje i duže skladištenje korijena. U slučaju jakih oborina tlo se mora posušiti prije vađenja korijena, kako ne bi došlo do pojave gnjiloće i propadanja korijena nakon skladištenja.

2.10.6. Uvjeti čuvanja i način pripreme

Nakon berbe batata mogu nastupiti makro i mikrobiološke promjene pod utjecajem vanjskih organizama. Makrobiološke promjene nastaju pod utjecajem kukaca ili drugih štetočina, dok mikrobiološke promjene uzrokuju mikroorganizmi (virusi, bakterije, plijesni i kvasci) koji tijekom čuvanja povrća mogu dovesti do kontaminacije i do pojave bolesti.

Bakterije i plijesni razgrađuju pektinske tvari, što se očituje gubljenjem određene strukture i čvrstoće, zbog čega dolazi do truljenja. Za korjenasto povrće tlo je najveći izvor različitih mikroorganizama koji se razvijaju na povrću, ali izvori kontaminacije mogu biti i čovjek, zrak, otpadna voda i štetočine. Pojedine grupe mikroorganizama mogu putem hrane izazvati različite bolesti ljudi, od aktivnog trovanja do bolesti epidemijskih razmjera, zbog čega je kontrola mikrobiološke ispravnosti postala nužan preventivni korak u zaštiti zdravlja potrošača.

Broj i vrsta mikroorganizama na povrću su različiti, ovisno o sadržaju vode, proteina, ugljikohidrata, kiselina, biljnih antibiotika-fitocida (npr. bijeli i crveni luk, hren) fenolnih spojeva i eteričnih ulja. Nakon berbe može doći do određenog stupnja povećanja broja mikroorganizama, što ovisi o higijenskim uvjetima te brzini i načinu skladištenja. Ako je povrće skladišteno u rinfuzi, zbog procesa disanja dolazi do porasta temperature i oslobađanja vode, pri čemu nastaju uvjeti za razmnožavanje mikroorganizama, čija aktivnost uzrokuje kvarenje povrća.

Korijen batata je na površini zaštićen pokožicom, što osim mehaničke zaštite ima i antimikrobnu ulogu. U pokožici su u većem udjelu prisutni fenolni spojevi koji inhibitorno djeluju na mikroorganizme. Velika prisutnost mikroorganizama razlaže organske spojeve do jednostavnijih oblika, pri čemu oni koriste dio vezane energije za svoje potrebe, a dio organskih spojeva se oslobađa u okolinu u obliku plina. Takva aktivnost mikroorganizama dovodi do kvarenja povrća.

Korijen batata sadrži određenu količinu slobodne i vezane vode koja u tkivu može biti intracelularna i ekstracelurarna. Slobodna voda omogućava aktivnost mikroorganizama i odvijanje većeg broja biokemijskih procesa u povrću. Nakon berbe povrća patogeni mikroorganizmi najbolje rastu pri temperaturama između 20 i 25 °C ovisno o vrsti. Za neke mikroorganizme maksimalne temperature za rast se kreću između 32 i 38 °C, dok se neke vrste mogu razvijati i pri višim temperaturama.

Razmnožavanje mikroorganizama koji izazivaju kvarenje povrća ispod 5°C je značajno usporeno, a rast većine patogena prestaje. Kod skladištenja povrća na temperaturi oko 0°C razmnožavanje mikroorganizama je potpuno smanjeno. Svježe povrće koje nije osjetljivo na oštećenja od niskih temperatura bolje je čuvati pri nižim temperaturama, pri čemu treba paziti da ne dođe do smrzavanja. Batat se najbolje čuva pri temperaturi od 10 do 15°C.

Kvarenje povrća može biti organoleptički neprimjetno u slučaju kada su procesi sporiji ili može dovesti do značajnih promjena organoleptičkih svojstava. U organoleptičkom smislu, rezultat nepoželjne mikrobiološke aktivnosti se očituje u površinskim promjenama. Mikrobiološko kvarenje povrća se može očitovati na različite načine: promjenom reoloških svojstava (tvrdoće, konzistencije), pojavom pljesnivosti, promjenom boje, okusa i mirisa (vrenje i truljenje), nastankom topline ili stvaranjem plinova. Mikroorganizmi se vrlo brzo razmnožavaju u skladištima gdje postoje pogodni uvjeti za razvoj uz odgovarajuću vlagu i temperaturu.

Nakon vađenja zdrave gomolje batata je potrebno pripremiti za zimsko mirovanje držanjem 10 do 15 dana na temperaturi oko 25 °C uz relativnu vlagu zraka 80 do 90 %. Najefikasnije zatvaranje mehaničkih oštećenja na gomoljima, postiže se pri temperaturi 28 do 30 °C uz relativnu vlagu zraka oko 85 % u trajanju od nekoliko dana. Tako pripremljeni gomolji mogu se skladištiti 6 do 8 mjeseci na temperaturi 10 do 15 °C, pri čemu je daljnji razvoj patogena sveden na minimum. Batat se zbog osjetljive pokožice prije transporta ne pere, samo se sortira po veličini i pakira u kutije.

Prema istraživanju Dobričević i sur. (2008a) zadebljali korijeni crvenog i narančastog batata skladišteni su na prosječnoj temperaturi od 15 i 28 °C i relativnoj vlazi zraka 72 i 58 % tijekom 180 dana, pri čemu je korijen narančastog batata intenzivnije gubio masu tijekom skladištenja. Rezultati istraživanja Amidžić i sur. (2008) pokazuju da su razlike između dvije sorte batata (narančasti i crveni) imale veći značaj na makronutritivni sastav nego promjene nastale tijekom skladištenja. Promjene nastale tijekom skladištenja bile su značajno veće u usporedbi s promjenama nastalim sušenjem svježih uzoraka batata.

Prema rezultatima istraživanja promjena tijekom skladištenja (Zhang i sur., 2002) većina sorti pokazala je blagi pad sadržaja škroba tijekom 1-180 dana skladištenja. Aktivnost α-amilaze bila je povećana tijekom prva dva mjeseca skladištenja, nakon čega je

uslijedilo smanjenje aktivnosti. Pad sadržaja škroba u navedenom istraživanju povezuje se s aktivnosti α-amilaze u prvih 60 dana skladištenja (r = 0,80; p = 0,06). Prema istom istraživanju utvrđena je znatna genotipska varijacija u probavljivosti batata, uz smanjenje probavljivosti do 27 % nakon 120 dana skladištenja, dok je sadržaj glukoze i saharoze povećan na početku skladištenja, a kasnije je bio konstantan.

Prema rezultatima istraživanja Shekbar i sur. (2015) utvrđena je kod narančaste sorte manja razgradnja škroba do 29 % i celuloze do 35 % tijekom skladištenja, dok je kod bijele sorte razgradnja škroba tijekom skladištenja iznosila do 41 % i razgradnja celuloze do 44 %, što daje prednost narančastoj sorti zbog mogućnosti dužeg skladištenja.

Za prehranu se koriste sekundarna zadebljanja korijena batata, a može se konzumirati i mlado lišće. Batat se vrlo lako i jednostavno kulinarski obrađuje. Među brojnim kultivarima batata u prehrani su najviše zastupljeni kultivari tamnije boje pokožice i parenhimskog tkiva, koji nakon kuhanja zadržavaju čvrsto, suho i brašnasto meso.

Korijen batata se može kuhati, pržiti ili mljeti za brašno i proizvodnju škroba te pripremu kruha, kolača i mnogih drugih jela. Kultivari koji sadrže veći postotak vlakna prerađuju se u alkohol. U Japanu se oko 90 % škroba od batata koristi u proizvodnji škrobnog sirupa, glukoze, visokofruktoznog sirupa, alkoholnih pića, svježeg soka, tjestenine, kruha, kolača, bezglutenskih palačinka, ali se koristi i kao stabilizator i dodatak sladoledu, instant juhama i dječjoj hrani.

Mladi listovi se mogu koristiti kao špinat ili sušiti i pripremati za čaj. Korijen batata je iznimno ukusno povrće koje zbog slatkastog okusa podsjeća na mladu mrkvu. Kuhanje na pari vrlo kratko vrijeme predstavlja najzdraviji način pripremanja korijena batata, čime se želi postići najbolji okus, a istodobno sačuvati vitamine, minerale i antioksidanse. Laganim kuhanjem na pari, povrće postaje lakše probavljivo, celuloza i hemiceluloza omekšaju, lakše se apsorbiraju hranjive tvari, uz optimalne prehrambene vrijednosti. Ne preporučuje se dugo kuhanje u vodi ili u ulju jer se kuhanjem u vodi povećava apsorpcija vode, gube se okus i hranive tvari, minerali, vitamini topivi u vodi, dok visoke temperature pri kuhanju u ulju mogu uništiti nestabilna ulja i dovesti do stvaranja slobodnih radikala (Mateljan, 2008). Prema istraživanju Dobričević i sur. (2008.b) utvrđene su značajne razlike u sastavu svježeg i termički obrađenog batata, ovisne o kultivaru i načinu obrade.

3. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

Eksperimentalno istraživanje i postavljanje poljskih pokusa provedeno je na Pokusno-pokaznom polju u Varaždinu 2008. i 2009. godine, u okviru projekta „Vrednovanje tehnologija uzgoja suptropskih kultura batata i jama“ (178-1782133-2136) financiranog od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske, voditelja dr. sc. Brune Novaka, te projekta Varaždinske županije „Pokusno-pokazno polje“. Analiza tla i biljnog materijala provedena je na Agronomskom fakultetu u laboratoriju Zavoda za ishranu bilja. Udio ukupnih i pojedinačnih polifenola, te antioksidacijska aktivnost analizirani su na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu na Zavodu za biokemijsko inženjerstvo.

3.1. Postavljanje i provedba poljskih pokusa

U obje godine istraživanja postavljeni su istovjetni poljski pokusi po metodi slučajnog bloknog rasporeda u četiri ponavljanja. Prije postavljanja pokusa uzeti su prosječni uzorci tla na dubini 0-30 cm za potrebe kemijske analize tla, temeljem koje je provedena gnojidba mineralnim gnojivima, u cilju ostvarivanja maksimalnog prinosa batata na aluvijalnom tlu. Istraživanje je provedeno za dvije sorte ('Bat' i 'Boniato') i dvije povećane razine gnojidbe (500 i 1000 kg ha^{-1} NPK 7:14:21) uz dodatak kalijeve soli K_2SO_4 radi postizanja omjera N:K 1:2,5 i 1:5. Kao kontrolna varijanta primijenjena je niža razina gnojidbe uz omjer N:K 1:1 s 250 kg ha^{-1} NPK 15:15:15. Proizvodnja presadnica s grudom supstrata u polistirenskim kontejnerima organizirana je u zaštićenom prostoru Zavoda za povrćarstvo Agronomskog fakulteta.

Sadnja je obavljena sredinom svibnja, na sklop od 2 biljke m^{-2} na uzdignute gredice prekrivene PE filmom, odnosno 40 biljaka po osnovnoj parceli površine 20 m^2. Gnojidba je provedena prije strojnog oblikovanja gredica i postavljanja PE filma. Tijekom vegetacije provodilo se mehaničko uništavanje korova i navodnjavanje u tri navrata, samo nakon sadnje. Temperature i oborine svakodnevno su praćene na CDA uređaju. U cilju utvrđivanja utjecaja sorte i gnojidbe na vrijednosti morfoloških svojstava nadzemnog dijela biljke, morfometrijski je analizirano 10 biljaka sa svake obračunske parcele. Trideset i šezdeset dana nakon sadnje obavljeno je brojanje listova i vriježa na svakoj parceli, te mjerenje dužine vriježe, indeksa lisne površine (ILP) i relativne stope rasta (RSR), dok je ukupan prinos nadzemne mase izvagan na kraju vegetacije.

Prije vađenja korijena sa svake parcele uzorkovani su listovi za liofilizaciju i daljnje laboratorijske analize (sastav minerala N, P i K, na Zavodu za ishranu bilja, te udio ukupnih i pojedinačnih polifenola i antioksidacijska aktivnost na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu). Nakon vađenja i vaganja ukupnog prinosa korijena na svakoj parceli, napravljeno

je pojedinačno vaganje svakog korijena, radi određivanja utjecaja sorte i gnojidbe na udio pojedinih tržnih frakcija korijena. Reprezentativni uzorak korijena analiziran je u laboratoriju (sastav minerala N, P, K, udio ukupnih i pojedinačnih polifenola i antioksidacijska aktivnost). Nakon vađenja korijena ponovno je obavljena kemijska analiza tla pojedinačnih parcela radi praćenja iskorištenosti K na gnojenim i kontrolnim parcelama koje će poslužiti za daljnje istraživanje.

Ukorijenjene presadnice s grudom supstrata uzgojene u polistirenskim kontejnerima bile su u fazi 3-4 lista u vrijeme sadnje pokusa (slike 13 i 14). Sadnja je obavljena 13. 05. 2008. i 12.05. 2009. godine na Pokusno-pokaznom polju u Varaždinu, organiziranom od strane Varaždinske županije i Poljoprivredne savjetodavne službe u suradnji s poljoprivrednim proizvođačem PPP Cafuk Zdravko.



Slika 13. i 14. Uzgoj presadnica

3.1.1. Lokacija poljskih pokusa

Istraživanje je tijekom dviju godina provedeno na Pokusno-pokaznom polju (lokaciji Vinokovščak – Varaždin) u Varaždinskoj županiji 46°17´39“ sjeverne geografske širine i 16°23´00“ južne geografske dužine (slike 15 i 16). Zbog plodoreda je odabrana parcela na kojoj su prethodne godine bile posađene kupusnjače. Od agrotehničkih mjera provedeno je jesensko oranje i proljetna priprema tla uz predsjetvenu gnojidbu 250 kg ha^{-1} NPK 15:15:15. Oblikovanje uzdignutih gredica uz gnojidbu i postavljanje PE folije obavljeno je dva tjedna prije sadnje. Sadnja je obavljena 13.05.2008. i 12.05.2009. godine na dvije istovjetne susjedne parcele, slične po fizikalnim i kemijskim svojstvima tla.





Slike 15. i **16. Lokacija poljskih pokusa Varaždin**

(Izvor: http://maps.google.hr; pristup: 15. 04. 2017.)

3.1.2. Eksperimentalna organizacija poljskih pokusa

Dvofaktorijalni poljski pokusi tijekom dvije godine istraživanja postavljeni su po metodi slučajnog bloknog rasporeda u četiri ponavljanja (slike 17 i 18). U pokusu su bile uključene dvije sorte 'Bat' (narančasta pokožica i narančasti parenhim) i 'Boniato ' (crvena pokožica i bijeli parenhim) te dvije razine gnojidbe (500 i 1000 kg ha $^{-1}$ NPK 7:14:21, odnosno 1 i 2 kg po osnovnoj parceli 20 m²) uz dodatak kalijeve soli K_2SO_4 radi postizanja omjera N:K; 1:2,5 i 1:5 (odnosno 0,155 kg i 1,16 kg K_2SO_4 po osnovnoj parceli). Kontrolna parcela je u predsjetvenoj pripremi pognojena samo s NPK 15:15:15 radi postizanja omjera N:K 1:1.

Presadnice batata su ručno sađene na međuredni razmak 1,2 m i razmak unutar reda 0,4 m čime je ostvaren sklop od 2 biljke po m². Osnovna parcela površine 20 m² (širine 4 i dužine 5 m) obuhvatila je 40 biljaka. Nakon sadnje obavljeno je samo u tri navrata navodnjavanje biljaka.

Tijekom vegetacije od mjera njege provedeno je samo mehaničko suzbijanje korova u nekoliko navrata između uzdignutih gredica. Usjev je svakodnevno praćen do kraja vegetacije kada je određen optimalan rok za berbu. Tijekom vegetacije nije bilo nikakvih simptoma bolesti niti pojave štetnika, zbog čega nije bila potrebna primjena sredstava za zaštitu bilja.




Slike 17. i 18. Postavljeni poljski pokusi

Tijekom vegetacije, trideset i šezdeset dana nakon sadnje, kada je započelo intenzivnije formiranje nadzemne mase (listovi i vriježe, slike 19 i 20) obavljeno je brojanje vriježa, dužine vriježe, broja listova, indeksa lisne površine na deset biljaka po svakoj parceli i izračun relativne stope rasta, radi određivanja utjecaja sorte i gnojidbe na navedena svojstva. U vegetaciji su kontinuirano praćene oborine i temperature te kontrolirana pojava bolesti i štetnika. Osim mehaničkog uništavanja korova u obje godine istraživanja nisu poduzimane druge mjere njege i zaštite usjeva.




Slike 19. i 20. Formirane vriježe 2008. i 2009. godina

Na kraju vegetacije i prije pojave jesenskog mraza ubran je referentni uzorak lista i obavljeno je uklanjanje nadzemne mase i vađenje korijena 05.10.2008. i 06.10.2009. godine (slike 21 i 22). Nadzemna lisna masa je izvagana na svakoj parceli radi izračuna ukupnog prinosa nadzemne mase i utjecaja sorte i gnojidbe na prinos.





Slike 21. i 22. Nadzemna lisna masa i vađenje batata

Ručno vađenje korijena batata i vaganje obavljeno je na svakoj pojedinačnoj parceli odmah nakon vađenja korijena. Nakon transporta i skladištenja korijena obavljeno je pojedinačno vaganje svakog korijena, radi izračuna udjela pojedinih tržnih frakcija korijena te utjecaja sorte i gnojidbe na veličinu korijena i ukupan prinos (slike 23 i 24). Referentni uzorak korijena i lista analiziran je na sadržaj suhe tvari, dušik, fosfor i kalij na Agronomskom fakultetu, dok je udio ukupnih i pojedinačnih polifenola te antioksidacijska aktivnost analizirana na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu.





Slike 23. i 24. Korijen sorte **'**Boniato**'** i sorte **'**Bat**'**

3.2. Kemijska analiza uzoraka tla

Prije postavljanja poljskih pokusa uzeti su prosječni uzorci tla na dubini od 0 do 30 cm za potrebe kemijske analize tla, kako bi se utvrdio pH tla, opskrbljenost osnovnim hranivima (N, P_2O_5, K_2O) i humusom. Zrakosuhi, samljeveni i homogenizirani uzorci tla analizirani su u laboratoriju Zavoda za ishranu bilja Agronomskog fakulteta metodama prikazanim u tablici 9.

Tablica 9. Metode primijenjene u analizi uzoraka tla

Svojstvo	Metoda	Protokol/norma
Sušenje/usitnjavanje/ prosijavanje/homogeniziranje	Priprema uzoraka tla za fizikalne i kemijske analize	HRN ISO 11464:2006*
w(ST), w(H2O) [%]	Određivanje suhe tvari i sadržaja vlage na osnovi mase – gravimetrijska metoda	HRN ISO 11465:2004
pH	Određivanje reakcije tla u 1 M KCl i H2O u omjeru 1:2,5 (*m/v*)	HRN ISO 10390:2004
Humus [%]	Određivanje organskog ugljika sulfokromnom oksidacijom	HRN ISO 14235:2004 (metoda po Tjurinu)
Ukupni dušik [% N]	Određivanje ukupnog dušika metodom suhog spaljivanja (elementarna analiza)	HRN ISO 13878:2004 (metoda po Kjeldahlu)
Fosfor (P2O5) i kalij (K2O) [mg 100 g-1 tla]	Određivanje pristupačnog fosfora i kalija u AL-ekstraktu u omjeru 1:20 (*m/v*)	AL metoda (ekstrakcija s amonij-laktat-octenom kiselinom)

Izvor: * Hrvatski zavod za norme, (https://hzn.hr/default.aspx?id=165; pristup: 05.03.2012.)

Klase dobre opskrbljenosti tla humusom, ukupnim dušikom te fiziološki aktivnim fosforom i kalijem su: 3-5 % humusa, 0,11-0,20 % N, 11-25 mg P_2O_5 100 g^{-1} tla i 14-25 mg K_2O 100 g^{-1} tla (www.agr.unizg.hr). Prema rezultatima u tablici 12 vidljivo je da je reakcija tla pokusnih parcela neutralna do slabo alkalna, odnosno prije sadnje je bila u rasponu od 7,25 do 7,3, dok se nakon vađenja batata kretala od 6,43 do 7,39. Tlo pokusnih parcela je bilo slabo opskrbljeno humusom, u rasponu od 1,75 do 2,43 %.

Vrijednost dušika u tlu se kretala prije sadnje od 0,14 do 0,15 % N, a nakon gnojidbe i berbe od 0,12 do 0,16 %, što upućuje na dobru opskrbljenost ukupnim dušikom. Količina fiziološki aktivnog fosfora u tlu se prije sadnje kretala od 11,40 do 14,90, dok se nakon gnojidbe i berbe kretala od 15,20 do 47,90 mg P_2O_5 100 g^{-1} što upućuje na dobru, odnosno bogatu opskrbljenost fosforom. Količina fiziološki aktivnog kalija u tlu je prije sadnje bila 5,0

mg K_2O 100 g^{-1} što upućuje na slabu opskrbljenost fiziološki aktivnim kalijem, dok se nakon gnojidbe i berbe kretala u rasponu od 6,0 za kontrolnu varijantu do 30,50 mg K_2O 100 g^{-1} za gnojenu varijantu, što upućuje na slabu do jako dobru opskrbljenost fiziološki aktivnim kalijem.

Tablica 10. Rezultati kemijske analize tla prije sadnje i nakon gnojidbe i berbe

Oznaka uzorka	pH u KCl	% Humus	% N	% P_2O_5	% K_2O
Prije sadnje 2008.	7,3	1,82	0,14	14,9	5,0
2008 godina - nakon berbe					
Boniato N:K 1:1	7,37	2,10	0,14	15,20	6,00
Boniato N:K 1:2,5	7,23	2,05	0,15	16,10	8,00
Boniato N:K 1:5	7,29	1,90	0,15	15,70	17,50
Bat N:K 1:1	7,20	2,10	0,15	16,85	6,80
Bat N:K 1:2,5	7,36	1,75	0,13	16,00	7,80
Bat N:K 1:5	7,39	1,98	0,16	17,20	25,00
Prije sadnje 2009.	7,25	2,38	0,15	11,40	5,0
2009 godina - nakon berbe					
Boniato N:K 1:1	7,29	2,43	0,12	25,24	9,40
Boniato N:K 1:2,5	6,43	2.03	0,14	38,80	10,20
Boniato N:K 1:5	6,83	2,47	0,14	47,90	19,20
Bat N:K 1:1	6,83	2,34	0,13	36,50	9,80
Bat N:K 1:2,5	6,43	2,19	0,13	40,20	14,00
Bat N:K 1:5	6,83	2,21	0,13	47,50	30,50

Prema tablici 10 prikazani su rezultati kemijske analize tla pokusnih parcela eksperimentalnog poljskog istraživanja prije sadnje i nakon gnojidbe i berbe, pri čemu je utvrđena značajno veća razlika u opskrbljenosti tla P_2O_5 i K_2O nakon povećane razine gnojidbe, u odnosu na stanje hraniva prije gnojidbe. Gnojidba se temeljila prema kemijskoj analizi tla i ostvarenju planiranog prinosa korijena batata od 30 t ha^{-1} koji iz tla iznosi: 60 do 100 kg N, 80 do 120 kg P_2O_5 i 100 do 200 kg K_2O ovisno o stanju hraniva u tlu (Lešić i sur., 2016).

3.3. Kemijska analiza biljnog materijala

3.3.1. Suha tvar, proteini i minerali

Na kraju vegetacije u tehnološkoj zrelosti slučajnim odabirom izdvojen je reprezentativni uzorak vršnih listova i korijena sa svake parcele (mase 5000 g) radi

provedbe laboratorijskih analiza. Uzorci biljnog materijala dodatno su homogenizirani u laboratoriju Zavoda za ishranu bilja Agronomskog fakulteta, radi određivanja sadržaja ST, N, P i K prema metodama prikazanim u tablici 11.

S obzirom na to da kemijski sastav povrća predstavlja sadržaj svih sastojaka i vode koji se nalaze u analiziranim uzorcima, udio vode određuje se sušenjem pripremljenog uzorka na određenoj temperaturi (105 °C) do konstantne mase. Iz razlike mase uzorka prije i poslije sušenja odredi se postotak vode, a razlika do 100 je postotak suhe tvari.

Sušenjem pri 105°C određuje se ostatak uzorka nakon sušenja do konstantne mase. U suhu i izvaganu staklenu posudicu s poklopcem stavi se oko 5 g kvarcnog pijeska i stakleni štapić. U izvaganu posudicu s kvarcnim pijeskom stavi se oko 2,5 g pripremljenog uzorka, koji se dobro izmiješa staklenim štapićem i sve zajedno izvaže. Staklena posudica u kojoj se nalazi kvarcni pijesak i ispitivana količina uzorka stavi se u laboratorijski sušionik zagrijan na 105±0,5°C te se zagrijava jedan sat sa skinutim poklopcem. Nakon hlađenja u eksikatoru i vaganja, sušenje se nastavlja sve dok razlika nakon dva uzastopna sušenja u razmaku od pola sata ne bude manja od 0,001 g.

Osušeni i samljeveni uzorci su analizirani u triplikatu, a vrijednosti su prikazane kao prosjeci. Udio suhe tvari definira kvalitetu povrća pri čemu više vrijednosti predstavljaju veće udjele vitamina, mikro i makroelemenata, šećera, kiselina, pektina i drugih tvari. Najčešće se količina biogenih elemenata u analiziranom biljnom materijalu izražava na suhu tvar zbog promjenjiva sadržaja vode.

Količina osnovnih makroelemenata izražava se u postotku na suhu tvar (% N, P_2O_5 i K_2O). Za izračun fosfora i kalija iz oksidnog oblika (P_2O_5 i K_2O) u elementarni oblik korišteni su faktori $P=P_2O_5$ x 0,436 a za $K=K_2O$ x 0,830. Količina sirovih proteina određena je množenjem količine dušika s faktorom 6,25 (FAO/WHO, 2002).

Tablica 11. Metode primijenjene u odredivanju suhe tvari i osnovnih makroelemenata

Svojstvo	Metoda	Protokol/Norma
w(ST), w(H2O) [%]	Odredivanje suhe tvari i sadržaja vlage na osnovi mase – gravimetrijska metoda	HRN ISO 11465:2004 *
Dušik [%]	Odredivanje ukupnog dušika metodom suhog spaljivanja (elementarna analiza)	HRN ISO 13878:2004 (metoda po Kjeldahlu)
Fosfor [%]	Ukupni fosfor – digestija s konc. HNO3 i spektrofotometrijska detekcija	AOAC, 1995
Kalij [%]	Ukupni kalij – digestija s konc. HNO3 i plamenfotometrijska detekcija	AOAC, 1995

Izvor: * Hrvatski zavod za norme, (https://hzn.hr/default.aspx?id=165; pristup: 05.03.2012.)

3.4. Liofilizacija uzoraka lista

Neposredno prije berbe i vađenja korijena u tehnološkoj zrelosti, sa svake parcele je slučajnim odabirom pripremljen reprezentativni uzorak lista, a nakon berbe i korijen za analizu antioksidacijske aktivnosti te ukupnih i pojedinačnih polifenola. Pripremljeni uzorci lista batata su odmah zamrznuti na -18° C, a nakon toga liofilizirani u Centru za travnjaštvo Zavoda za specijalnu proizvodnju bilja na uređaju Christ beta 1-8k.

Liofilizacija je postupak sušenja biljnog materijala u smrznutom stanju, pri čemu se voda uklanja sublimacijom leda, odnosno prijelazom vode iz čvrstog u plinovito stanje. Takvim postupkom liofilizacije omogućava se uklanjanje vode iz namirnica koje se ne mogu sušiti ili se nedovoljno suše standardnim postupcima sušenja.

Postupak liofilizacije se odvija u tri faze. Prva faza predstavlja smrzavanje lista do temperature -30 °C čime se sprječava promjena kemijskog sastava. U drugoj fazi dolazi glavno sušenje uz tlak oko 1 mbar, pri čemu se led iz smrznutog materijala sublimira, odnosno kristali leda prelaze u paru i na taj način se izbjegava pojava tekuće faze. U trećoj fazi se odvija završno sušenje uz vrlo nizak tlak (0,001 mbar) i temperaturu od 30 °C, kako bi sublimirale sve molekule vode iz biljnog materijala.

Takvim sušenjem u vakumu pri vrlo niskim temperaturama zadržava se struktura biljnog materijala, pri čemu su gubitci biološki aktivnih spojeva smanjeni na minimum. Na taj način je liofilizacijom omogućeno točnije određivanje biološki aktivnih spojeva u funkcionalnoj hrani, ali i očuvanje kvalitete funkcionalne hrane.

3.5. Udio ukupnih i pojedinačnih polifenola i antioksidacijska aktivnost

Zbog složenosti i heterogenosti sastava polifenolnih spojeva u biljkama, u upotrebi je veliki broj metoda njihova određivanja. One obuhvaćaju kvantitativno određivanje udjela ukupnih polifenola, kvantitativno i kvalitativno određivanje pojedinih klasa polifenola (flavonoidi i neflavonoidi) te određivanje pojedinih spojeva unutar strukturnih klasa (fenolne kiseline, flavononi, flavanoli te oligomeri i polimeri) tekućinskom kromatografijom visoke djelotvornosti (HPLC).

Za određivanje antioksidacijske aktivnosti polifenola koristi se više od 20 metoda (Stratil i sur., 2007). Metode se temelje na hvatanju peroksil-radikala (ORAC, TRAP), redukciji metala (FRAP, CUPRAC), hvatanju hidroksil-radikala (deoksiriboza metoda), hvatanju organskih radikala (ABTS, DPPH), kvantifikaciji produkata nastalih tijekom oksidacije lipida (TBARS, LDL oksidacija) itd.

Najčešće su u primjeni ABTS ([2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonat)]), FRAP

(Ferric Reducing Antioxidant Power), oksidacija lipoproteina niske gustoće, DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) i ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) metode (Pérez-Jiménez i Saura-Calixto, 2006). Standardizirane metode jednostavne su za provedbu i ponovljive, primjenjive za rutinske analize kontrole kakvoće jer koriste dostupne instrumente i biološki relevantne izvore radikala.

Metode za određivanje antioksidacijske aktivnosti su standardizirane što omogućava: usporedivost različitih vrsta hrane ili komercijalnih proizvoda, kontrolu promjena unutar jednog ili više proizvoda, donošenje propisa koji određuju standarde kakvoće proizvoda (Prior i sur., 2005). Standardizirana metoda za određivanje antioksidacijske aktivnosti mora zadovoljavati sljedeće uvjete: jednostavnost, dostupnost instrumenata, definiran završetak mjerenja, primjenjivost za hidrofilne i lipofilne antioksidante, primjenjivost za rutinsku analizu kontrole kakvoće, ponovljivost, uporabu biološko relevantnih izvora radikala (Prior i sur., 2005).

Prema dosadašnjim istraživanjima uočena je velika varijabilnost u antioksidacijskoj aktivnosti među standardima (ili u smjesi spojeva, npr. biljnim ekstraktima), ovisno o metodi koja se primjenjuje za određivanje, zbog čega se najčešće koristi više metoda za određivanje antioksidacijske aktivnosti pojedinog spoja (Soobrattee i sur., 2005).

3.5.1. Određivanje udjela ukupnih polifenola Folin-Ciocateau (FC) reagensom

Kolorimetrijske metode određivanja udjela ukupnih polifenola temelje se na reakcijama polifenola s jednim od brojnih reagenasa različite selektivnosti. Metoda određivanja udjela ukupnih polifenolnih spojeva s Folin-Ciocalteau (FC) reagensom osjetljiva je kvantitativna metoda i ovisi o razini polimerizacije. Temelji se na kolorimetrijskoj oksido-redukcijskoj reakciji kojom se određuje sadržaj svih monomernih do polimernih spojeva. FC reagens smjesa je fosfovolframove i fosfomolibdenove kiseline i pri oksidaciji one se reduciraju u volframov oksid i molibdenov oksid koji su plavo obojeni. Nastalo obojenje proporcionalno je sadržaju fenolnih spojeva.

Određivanje udjela ukupnih polifenola provedeno je u etanolnom ekstraktu uzorka. Princip određivanja se temelji na kolornoj reakciji koja je posljedica reakcije fenola s Folin–Ciocalteu-ovim reagensom te je primjenom spektrofotometrijske metode mjeren intenzitet nastalog obojenja pri 765 nm. Rezultati su izraženi kao mg ekvivalenta galne kiseline na 100 g suhe tvari uzorka (mg GAE/100 g ST).

Priprema standarda

- galna kiselina: 500 mg galne kiseline otopi se u tikvici volumena 100 mL u 96 %-tnom etanolu te se tim etanolom nadopuni do oznake. Iz pripremljene otopine galne kiseline rade se razrjeđenja, u odmjernim tikvicama volumena 100 mL, tako da koncentracije galne kiseline iznose: 0, 50, 100, 150, 250, 500 mg/L.

Priprema uzorka

5 g uzorka se odvaže s točnošću ± 0,1 g i prebaci u Erlenmeyerovu tikvicu s ubrušenim grlom u koju se doda 20 mL 80 %-tne vodene otopine etanola te se ručno homogenizira 5 minuta. Priključi se na povratno hladilo da se ekstrahira 10 minuta (vrijeme se mjeri od trenutka ključanja smjese). Dobiveni ekstrakt se filtrira preko lijevka i filter papira u tikvicu volumena 50 mL, a preostali talog se zajedno s filter papirom vrati natrag u Erlenmeyerovu tikvicu uz dodatak 25 mL 80 %-tne vodene otopine etanola te se ekstrahira još 10 minuta uz povratno hladilo. Dobiveni ekstrakt se profiltrira u tikvicu u kojoj se nalazi prvi filtrat te nadopuni 80 %-tnom vodenom otopinom etanola do oznake.

Postupak određivanja

U odmjernu tikvicu volumena 50 mL otpipetira se redom: 0,5 mL uzorka, 30 mL destilirane vode, 2,5 mL FC reagensa (FC reagens miješa se s destiliranom vodom u omjeru 1:2 neposredno prije mjerenja) i pomiješa. Smjesi se potom doda 7,5 mL zasićene otopine natrijeva karbonata, nadopuni vodom do oznake i ostavi stajati 2 sata na sobnoj temperaturi. Na isti način se pripremi slijepa proba, ali se umjesto uzorka uzima destilirana voda. Nakon dva sata mjeri se apsorbancija pri valnoj duljini od 765 nm.

Izrada baždarnog pravca

Iz pripremljene otopine galne kiseline rade se razrjeđenja, u odmjernim tikvicama volumena 100 mL, tako da koncentracije galne kiseline iznose: 0, 50, 100, 150, 250, 500 mg/L. Razrjeđenja se prirede tako što se u odmjerne tikvice volumena 100 mL redom doda: 0, 1, 2, 3, 5 i 10 mL otopine galne kiseline i nadopuni destiliranom vodom do oznake. Iz svake tikvice se otpipetira 0,5 mL uzorka u odmjerne tikvice volumena 50 mL te se postupa po propisu za određivanje ukupnih fenola. Baždarni pravac se nacrta pomoću računala pri čemu se na apscisu nanesu koncentracije galne kiseline (mg L^{-1}), a na ordinatu vrijednosti apsorbancija mjerene pri 765 nm. Koncentracija ukupnih polifenola izračuna se prema jednadžbi pravca koja se dobije pomoću programa Excel. U ovom radu izračunata jednadžba pravca glasi:

$$y = 0{,}0009\ x$$

$$R^2 = 0{,}99$$

gdje je:

y – apsorbancija pri 765 nm

x – koncentracija galne kiseline (mg/L)

R^2 – koeficijent determinacije

3.5.2. Određivanje udjela flavonoida tekućinskom kromatografijom visoke djelotvornosti (HPLC)

Većina prirodnih polifenolnih spojeva prisutna je u obliku konjugata s mono- i polisaharidima vezanih za jednu ili više fenolnih skupina, a mogu se pojavljivati i kao esteri (Balasundram i sur., 2006) zbog čega je otežano kvalitativno i kvantitativno određivanje udjela pojedinih polifenolnih spojeva tekućinskom kromatografijom visoke djelotvornosti (HPLC). Većina standardnih spojeva komercijalno nije dostupna ili je vrlo skupa te klasične HPLC metode uz UV detekciju nisu dostatne za identifikaciju i kvantifikaciju. U novije se vrijeme primjenjuje sofisticiranija tehnika masene spektrometrije. Određivanje pojedinačnih glikozida flavonoida također je otežano zbog gore navedenih problema, pa se glikozidi flavonoida najčešće hidrolizom prevode u aglikone i tako analiziraju. Kvalitativna i kvantitativna analiza aglikona flavonoida provedena je na uzorcima lista batata pomoću tekućinske kromatografije visoke djelotvornosti s UV-DAD detektorom, a identifikacija i kvantifikacija metodom vanjskog standarda (Schmidt i sur., 2010).

Priprema otapala za ekstrakciju:

Pripremi se 350 mL 70 %-tnog metanola i 83,3 mL 2 mol L^{-1} HCl koji se razrijede u odmjernoj tikvici volumena 500 mL s 66,7 mL destilirane vode. Zatim se 0,5 g anisola otopi u pripremljenoj otopini.

Priprema standarda:

- 10 mg miricetina otopi se u 10 mL metanola te priprave razrjeđenja tako da dobivene koncentracije redom iznose 1, 10, 50, 75 i 100 μg L^{-1}.
- 10 mg kvercetina otopi se u 10 mL metanola te priprave razrjeđenja tako da dobivene koncentracije redom iznose 1, 10, 50, 75 i 100 μg L^{-1}.
- 10 mg apigenina otopi se u 10 mL metanola te priprave razrjeđenja tako da dobivene koncentracije redom iznose 1, 10, 50, 75 i 100 μg L^{-1}.

- 10 mg kemferola otopi se u 10 mL metanola te priprave razrjeđenja tako da dobivene koncentracije redom iznose 1, 10, 50, 75 i 100 μg L^{-1}.

Priprema uzorka lista batata

Odvaže se 0,4 g liofiliziranog, usitnjenog uzorka lista i doda se 10 mL otopine te se ekstrakcija provodi na tresilici pri 350 t/min kroz tri sata. Nakon toga uzorci se centrifugiraju 15 minuta pri 6000 °/min. Odvojeni supernatant profiltrira se kroz filtrirni papir u odmjernu tikvicu volumena 10 mL i nadopuni se do oznake. Ekstrakti se propušu dušikom i čuvaju pri 20 °C do daljne HPLC analize.

Kromatografski uvjeti:

- Kromatografska kolona: ZORBAX C18, Agilent, 15cm x 4,6 mm i.d., 5μm
- Pokretna faza: otapalo A-deionizirana voda (99,5 %), octena kiselina (0,5 %) otapalo B-acetonitril (100 %)
- Protok: 1,0 mL min^{-1}
- Eluiranje: gradijent
- Detekcija: UV, 370 nm
- Temperatura kolone: 25 ˚C
- Vrijeme trajanja analize: 45 min

Identifikacija i kvantifikacija flavonoida

Identifikacija flavonoida provedena je na temelju vremena izlaženja razdvojenih pikova u ekstraktu i vremena izlaženja standarda s kromatografske kolone te usporedbom UV-spektara. Kvantifikacija pojedinačnih flavonoida provodi se metodom vanjskog standarda. Pomoću računala nacrta se dijagram ovisnosti masene koncentracije pojedinog standarda o površini ispod pika te prema dobivenoj jednadžbi pravca izračunaju se pojedine masene koncentracije flavonoida.

3.5.3. Određivanje antioksidacijske aktivnosti ORAC metodom

ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) metoda

ORAC metoda je primjenjiva i široko prihvaćena metoda za određivanje kapaciteta hvatanja slobodnih radikala prehrambenih fitokemikalija (Caldwell, 2003). Princip ORAC metode temelji se na inhibiciji peroksil-radikala pri čemu antioksidanti zaustavljaju lančanu reakciju radikala (Cao i sur., 1993). Kada se slobodni radikal nalazi u smjesi s fluorescentnim spojem (fluorescentna proba), oksidacijski se razgrađuje, a peroksil-radikal

(ROO˙) reagira s fluorescentnim spojem te se stvara nefluorescentni produkt – što uzrokuje smanjenje fluorescencije fluorescentne probe (a). Dodatkom antioksidanta (AH) inhibira se djelovanje radikala jer antioksidanti stupaju u reakciju s radikalima i onemogućuju njihovu reakciju s fluorescentnim spojem – što uzrokuje sporiji pad fluorescencije (b).

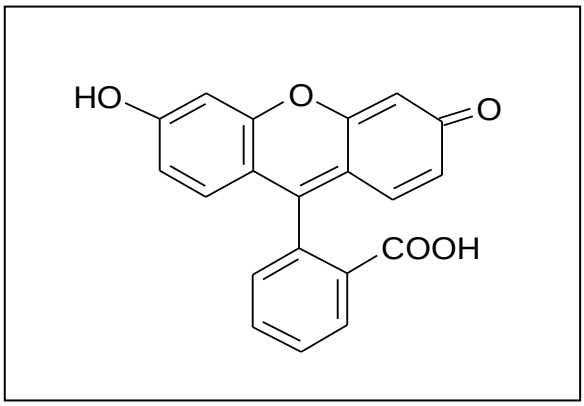
(a) $ROO^{\cdot}$ **+** fluorescentni spoj → ROOH + gubitak fluorescencije

(b) $ROO^{\cdot}$ **+** AH → ROOH + $A^{\cdot}$

Ukupna antioksidacijska aktivnost zbroj je cijelog niza različitog antioksidacijskog djelovanja prema različitim kisikovim i duškovim radikalima. ORAC-metodom mjeri se stupanj inhibicije djelovanja oksidirajućeg agensa antioksidantom i vrijeme trajanja inhibirajućeg učinka, što znači da objedinjuje dva mjerenja u jednom tijeku. Izvorna ORAC-metoda razrađena je za hidrofilne antioksidante u reakciji s peroksil-radikalom, a kasnije su u istraživanje uključeni i lipofilni antioksidanti te hidroksil-radikal.

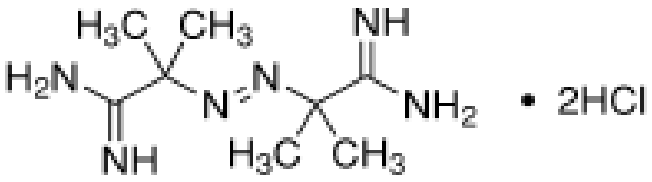
Izvorna ORAC-metoda temelji se na metodi Glazera (Glazer, 1988) u kojoj je kao fluorescentni spoj upotrijebljen β-fikoeritrin (β-PE). β-Fikoeritrin topiv je u vodi, ima ekscitaciju i emisiju pri različitim valnim duljinama i osjetljiv je prema slobodnim kisikovim radikalima. Nedostatak mu je što mu čistoća nije postojana, a reagira s polifenolnim spojevima u biljnim materijalima. Smatra se da glavni mehanizam reakcije obuhvaća hidrofobne interakcije i nastajanje vodikovih veza (Murray i sur., 1994). Zbog tih svojstava β-Fikoeritrin uzrokuje krive signale u metodi te se tako dobiju niže ORAC vrijednosti. U novije vrijeme poboljšana je ORAC-metoda zamjenom β-fikoeritrina fluoresceinom. Fluorescentna proba koja sadrži fluorescein razgrađuje se samo peroksil-radikalom i takvom metodom dobiveni su točniji rezultati. Fluorescentna proba sadrži fluorescein (slika 25), sintetski spoj sljedećih svojstava:

- pKa = 6.4
- visoka razina fluorescencije pri pH > 7,9 (φ=0,78) i duge valne duljine ekscitacije i emisije (λ_{eks}=485 nm, λ_{em}=520 nm)
- intezitet fluorescencije jako se smanjuje snižavanjem pH (pH < 7)
- ne reagira s testiranim uzorcima
- primjenjiv je za rad s vodotopivim i u mastima topivim antioksidantima
- daje dobre rezultate s peroksil– i hidroksil–radikalima
- istraživanja su proširena na ostale štetne radikale (vodikov peroksid, superoksid–anion, singlet kisika i peroksinitril) (Glazer 1999; Cao i sur., 1996).



Slika 25. Kemijska struktura fluoresceina
Izvor: PUBCHEM
(https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Fluorescein; pristup: 25.06.2011.)

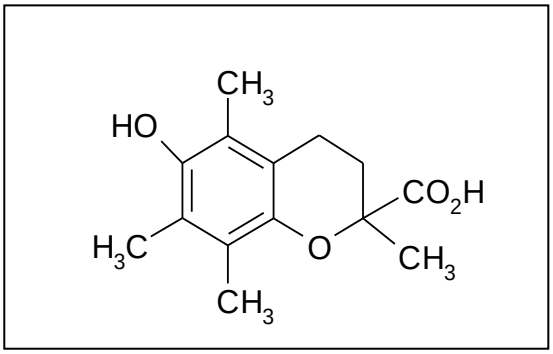
U reakciji se kao izvor slobodnog radikala koristi 2,2'-azobis (2-metilpropionamid)-dihidroklorid (AAPH, slika 26). Taj se spoj razgrađuje u molekulski dušik i ugljikove radikale, a ugljikovi radikali reagiraju s molekulskim kisikom dajući peroksil-radikale. Otopina AAPH osjetljiva je na promjenu temperature.



Slika 26. Kemijska struktura AAPH

Izvor:Cayman chemical
(https://www.caymanchem.com/product/82235; pristup: 28.08.2012)

Antioksidacijska aktivnost mjerenog uzorka izražava se kao površina između krivulja pada fluorescencije slijepe probe i uzorka tijekom vremena, a ORAC vrijednosti izražavaju se u ekvivalentima Troloxa (slika 27).



Slika 27. Kemijska struktura Troloxa
Izvor: Biomol
(https://www.biomol.com/products/chemicals/biochemicals/trolox-ag-cr1-3639-g001?fs=888343636; pristup: 09.10.2012.)

Standardna krivulja (pravac) konstruira se korištenjem antioksidacijskog kapaciteta vrijednosti pet različitih koncentracija Troloxa, a ORAC vrijednosti izražavaju se kao μmoL Troloxa po gramu uzorka. ORAC-metoda se može primijeniti u istraživanjima brojnih prirodnih proizvoda, antioksidacijskih dodataka, čistih kemikalija i bioloških tekućina (plazme, seruma i urina).

Priprema standarda

- Trolox: otopi se 100 mg Troloxa u 100 mL destilirane vode uz dodatak natrijevog acetata (1 mg mL^{-1}) i zagrijavanje. Iz te se otopine priprave razrjeđenja za analizu: ORAC metoda- od 6,25 do 100 μmol L^{-1} u 6 točaka (6,25; 12,5; 25; 50; 75 i 100 μmol L^{-1})

Priprema uzorka

5 g uzorka se odvaže s točnošću ± 0,1 g i prebaci u Erlenmeyerovu tikvicu s ubrušenim grlom u koju se doda 20 mL 80 %-tne vodene otopine etanola te se ručno homogenizira 5 minuta. Priključi se na povratno hladilo da se ekstrahira 10 minuta. Dobiveni ekstrakt se filtrira preko lijevka i filtrirnoga papira u tikvicu volumena 50 mL, a preostali talog se zajedno s filtrirnim papirom vrati natrag u Erlenmeyerovu tikvicu uz dodatak 25 mL 80 %-tne vodene otopine etanola te se ekstrahira još 10 minuta uz povratno hladilo. Dobiveni ekstrakt se profiltrira u tikvicu u kojoj se nalazi prvi filtrat te nadopuni 80 %-tnom vodenom otopinom etanola do oznake.

Provedba mjerenja ORAC–vrijednosti

Mjerenja se provode spektrofluorimetrom pri temperaturi od 37 °C uz $\lambda_{eks.}$= 485 nm i $\lambda_{em.}$=520 nm. Metanolni ekstrakti se razrijede s 0,075 mol L^{-1} fosfatnim puferom. U kivetu se doda 2,250 mL FL i 0,375 mL razrijeđenog uzorka. Otopine se inkubiraju 30 min pri 37 °C. Nakon 30 minuta dodaje se 0,375 mL AAPH. Mjeri se promjena inteziteta fluorescencije svaku minutu. Za slijepu se probu umjesto uzorka doda 0,375 mL 0,075 mol L^{-1} fosfatnog pufera.

Baždarni dijagram za Trolox

Pripremi se osnovna otopina standarda (500 μM) tako da se otopi 0,00626 g Troloxa u 50 mL fosfatnog pufera 0,075 M. Iz te otopine pripravljaju se razrjeđenja (100; 75; 50; 25; 12,5; 6,25 μM) u fosfatnom puferu 0,075 M.

Računanje ORAC vrijednosti provodi se prema formulama:

$$\text{Relativna ORAC vrijednost} = \left(\frac{AUC_U - AUC_{SP}}{AUC_{TRX} - AUC_{SP}}\right) \text{ x k x a x h}$$

[μmol Trolox ekvivalent g^{-1} uzorka]

$$AUC = 0{,}5 + (R_2/R_1) + (R_3/R_1) + \ldots\ldots\ldots + (R_n + R_1)$$

gdje je

- AUC_U = antioksidacijski kapacitet uzorka
- AUC_{SP} = antioksidacijski kapacitet slijepe probe
- AUC_{TRX} = antioksidacijski kapacitet Troloxa
- k = faktor razrjeđenja
- a = molarna koncetracija Troloxa
- h = $\frac{V_{ekstrakta}}{g_{uzorka.}}$

3.6. Statistička obrada podataka

Za statističku obradu podataka korištena je procedura PROC GLM (opći linearni model) u statističkom program SAS® Software v. 9.3 (2010). Razlike između istraživanih faktora (sorta i gnojidba) za sva mjerena svojstva statistički su obrađene analizom varijance (ANOVA), a utvrđene značajne razlike između srednjih vrijednosti testirane su LSD testom na razini signifikantnosti $p \leq 0{,}05$ i $p \leq 0{,}01$.

3.7. METEOROLOŠKI UVJETI

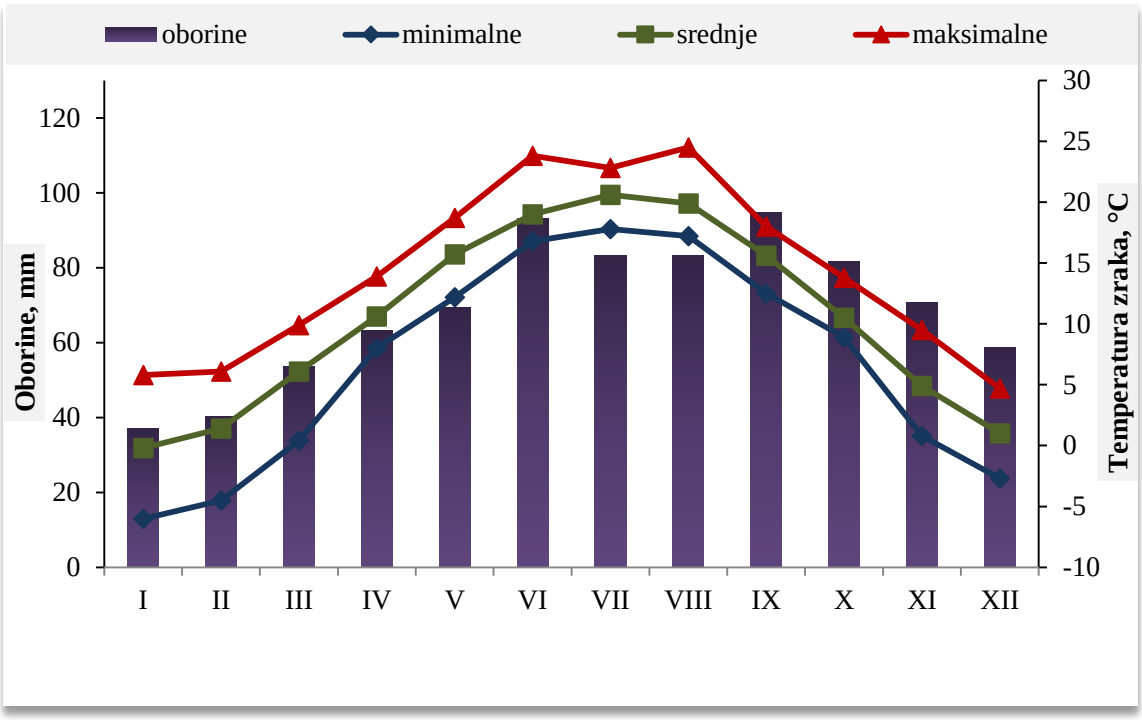
3.7.1. Višegodišnji klimatski pokazatelji

Klimatski pokazatelji za Varaždinsku županiju koja prema Köppenovoj klasifikaciji ima umjereno hladnu i umjereno toplu vlažnu klimu, praćeni su za tridesetogodišnje razdoblje prije provedbe eksperimetnalnih pokusa (1978. do 2007. godine). Podatci su zabilježeni u meteorološkoj postaji Varaždin (prema podatcima ustupljenim iz DHMZ Zagreb). Prosječna višegodišnja srednja temperatura zraka (tablica 12) za promatrano referentno razdoblje iznosila je 10,4 °C. Najhladniji mjesec je siječanj sa srednjom dnevnom temperaturom zraka -0,2 °C, a najtopliji srpanj sa srednjom mjesečnom temperaturom 20,6 °C. Srednje mjesečne temperature zraka za godišnje razdoblje u vegetaciji batata od svibnja do rujna kretale su se od 15,7 °C u svibnju, 19 °C u lipnju, 20,6 °C srpanj; 19,9 °C kolovoz i 15,6 °C u rujnu, što je optimalno za razvoj batata. Prvi jesenski mrazevi javljaju se u listopadu, a posljednji proljetni mogući su početkom svibnja.

Tablica 12. Višegodišnji klimatski pokazatelji (1978. do 2007. godine) za Varaždin

Varaždin													
Klimatski pokazatelji	Mjesec												Prosjek
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	Temperatura zraka (°C)												
Minimalna	-6	-4,5	0,4	8	12,2	16,8	17,8	17,2	12,5	8,9	0,8	-2,7	6,8
Srednja	-0,2	1,4	6,1	10,6	15,7	19	20,6	19,9	15,6	10,5	4,9	1	10,4
Maksimalna	5,8	6,1	9,9	13,9	18,7	23,8	22,8	24,5	18	13,8	9,5	4,7	14,3
	Količina oborina (mm)												
Srednja	37,1	40,4	53,6	63,2	69,3	93,2	83,3	83,2	94,6	81,6	70,6	58,7	69,1

U navedenom referentnom tridesetogodišnjem razdoblju godišnja količina oborina kretala se od 559,7 do 1012,2 mm. Prosječna godišnja količina oborina za to razdoblje iznosila je 828,9 mm. Najkišovitiji dio godine bio je od lipnja do studenog u kojem padne oko 60 % godišnjih oborina (grafikon 1). Glavni maksimum u promatranom razdoblju ostvaren u je kolovozu od 203,3 mm, dok je minimum oborina zabilježen u veljači 0,3 mm. Minimalne količine oborina izmjerene u pojedinim mjesecima variraju od 0,3 do 34,1 mm, dok su maksimalne količine oborina u rasponu od 100,6 do 203,3 mm. Na osnovi referentnih višegodišnjih podataka prema količini oborina, utvrđeno je da takav raspored oborina pogoduje rastu batata.



Grafikon 1. Osnovni meteorološki pokazatelji (minimalne, srednje i maksimalne mjesečne temperature zraka i srednja mjesečna količina oborina) za Varaždin od 1978. do 2007. godine

S obzirom na to da su klimatske promjene dovele do porasta srednjih mjesečnih temperatura za 1 do 2 °C i do promjena u rasporedu oborina, napravljena je dodatna usporedba klimatskih uvjeta pet godina prije eksperimentalnog istraživanja. U periodu od 2003. do 2007. godine srednje temperature zraka iznosile su od -0,1 °C u siječnju do 21,7 °C u srpnju. Srednji mjesečni minimumi kretali su se od -3,8 u siječnju do 20,3 °C u srpnju, dok su srednji mjesečni maksimumi iznosili 3,5 °C u prosincu do 24,5 °C u kolovozu (tablica 13).

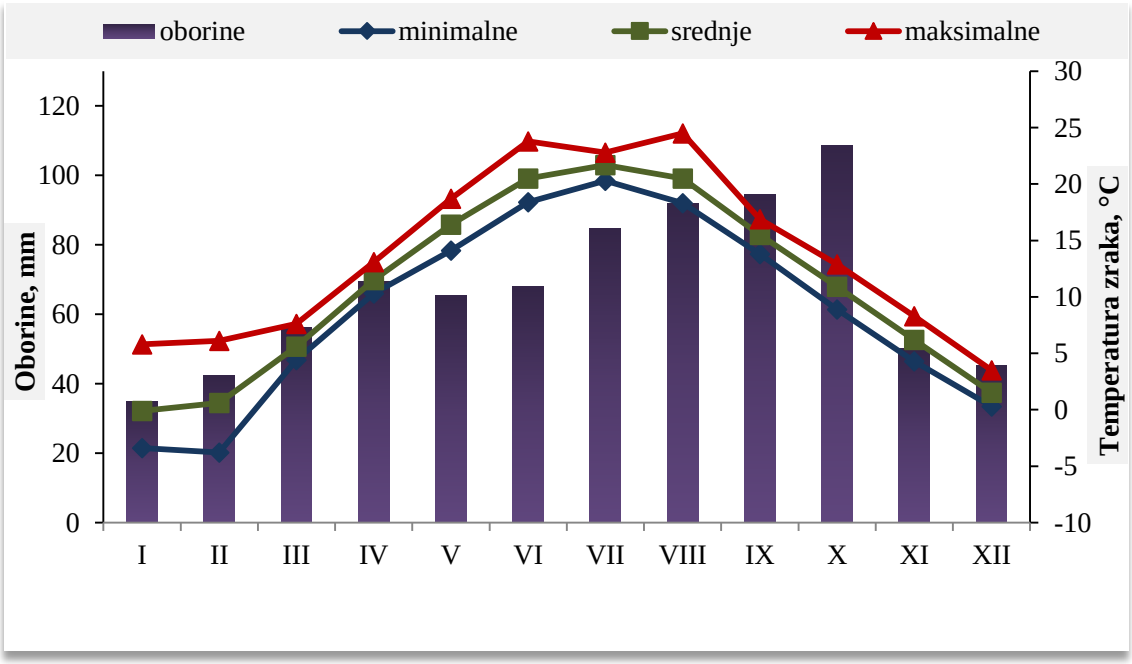
U promatranom petogodišnjem razdoblju srednja godišnja temperatura zraka je iznosila 10,9 °C, dok su određena odstupanja u srednjoj temperaturi zraka zabilježena od svibnja do rujna. U 2003. godini najveća srednja temperatura zraka tijekom vegetacije batata zabilježena je u lipnju i kolovozu (23,8 i 24,5 °C). Najveća srednja temperatura u promatranom razdoblju 2004. godine ostvarena je u kolovozu (20,5 °C), dok je 2005., 2006. i 2007. godine najveća srednja temperatura zabilježena u srpnju (20,7°C, te 22,8 i 22,4 °C).

Praćenjem klimatskih uvjeta pet godina prije postavljanja poljskih pokusa u Varaždinskoj županiji utvrđena su također određena odstupanja u količini i rasporedu oborina. Ukupna godišnja količina oborina kretala se od 559,7 mm do 903,9 mm. Raspored oborina po mjesecima u vrijeme vegetacije batata varirao je od izrazito aridne 2003. do humidne 2005. godine.

Tablica 13. Petogodišnji klimatski pokazatelji (2003. do 2007. godine) za Varaždin

Varaždin													
Klimatski pokazatelji	Mjesec												Prosjek
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	Temperatura zraka (°C)												
Minimalna	-3,4	-3,8	4,4	10,3	14,1	18,4	20,3	18,3	13,8	8,9	4,3	0,3	8,8
Srednja	-0,1	0,6	5,6	11,5	16,4	20,5	21,7	20,5	15,5	10,9	6,2	1,5	10,9
Maksimalna	5,8	6,1	7,6	13,1	18,7	23,8	22,8	24,5	16,9	12,9	8,3	3,5	13,7
	Količina oborina (mm)												
Srednja	34,9	42,4	56,3	69,4	65,3	67,9	84,7	92,0	94,6	108,7	50,2	45,3	67,6

Za svibanj se količina oborina kretala od 23,8 do 132,6 mm; lipanj od 32,1 do 145,9 mm; srpanj od 32,2 do 183,7 mm; kolovoz 24,3 do 139,9 mm i rujan od 68,7 do 180,9 mm. Prema petogodišnjim klimatskim pokazateljima prije provedbe eksperimentalnih pokusa tijekom vegetacije u 2003. i 2007. najveće količine oborina zabilježene su u rujnu (grafikon 2). Najveća količina oborina 2004. godine zabilježena je u lipnju, dok je 2005. najveća količina oborina bila u srpnju, što je predstavljalo i ukupno najveću količinu oborina (183,7 mm) za promatrano razdoblje. U usporedbi s ostalim promatranim godinama u 2006. godini najveća količina oborina zabilježena je u kolovozu, dok je u 2007. godini nakon kišovitog srpnja i kolovoza najviše oborina palo u rujnu.



Grafikon 2. Osnovni meteorološki pokazatelji (minimalne, srednje i maksimalne mjesečne temperature zraka i srednja mjesečna količina oborina) od 2003. do 2007. godine

3.7.2. Meteorološki uvjeti tijekom istraživanja

Za prikaz meteoroloških uvijeta tijekom vegetacijskog razdoblja batata tijekom dviju godina istraživanja, korišteni su podatci prikupljeni na agroklimatskoj stanici (CDA uređaju koji služi za kompjutorsku dijagnostiku u poljoprivredi) postavljenoj u neposrednoj blizini pokusa, uz svakodnevno praćenje i evidentiranje podataka tijekom vegetacije. Kao važni meteorološki podatci tijekom vegetacije batata izdvojeni su; srednja dnevna temperatura, oborine i sunčani sati prikazani u tablici 14.

3.7.3. Vegetacijsko razdoblje batata 2008. i 2009. godine

Tijekom vegetacijske 2008. godine najniža srednja dnevna temperatura 15,1 °C zabilježena je u rujnu, dok je najviša srednja dnevna temperatura zabilježena u srpnju 21,1°C. Najveća količina oborina 2008. godine izmjerena je u svibnju 120 mm, a najmanja količina oborina od 64,8 mm izmjerena je u kolovozu. Svjetlost je prikazana u trajanju sunčanih sati, a kretala se od 166 sati za rujan do 322,7 sunčanih sati za kolovoz.

U drugoj godini istraživanja najniža srednja dnevna temperatura iznosila je 16.9 °C u rujnu, dok je najviša srednja dnevna temperatura izmjerena u srpnju 21,3 °C. U vegetacijskoj 2009. godini najveća količina oborina izmjerena je u lipnju 97,3 mm dok je najmanja količina oborina u rujnu 2009. godine iznosila samo 14,8 mm. Trajanje sunčanih sati kretalo se od 202,7 sati u rujnu do 319,2 sunčanih sati u srpnju 2009. godine.

Tablica 14. Klimatski uvjeti tijekom vegetacije batata

Uvjeti uzgoja tijekom vegetacije	Godina 2008.			Godina 2009.		
	Srednja mjesečna temperatura zraka *(°C)*	Suma oborina *(mm)*	Sunčani sati *(h)*	Srednja mjesečna temperatura zraka *(°C)*	Suma oborina *(mm)*	Sunčani sati *(h)*
Svibanj	17,1	120,0	295,1	17,2	66,2	261,1
Lipanj	20,4	92,3	243,3	18,7	97,3	229,4
Srpanj	21,1	98,8	279,2	21,3	22,3	319,2
Kolovoz	20,6	64,8	322,7	20,7	59,9	294,5
Rujan	15,1	68,2	166,0	16,9	14,8	202,7
Prosjek	18,8	88,8	261,2	18,96	52,1	261,3
Ukupno	**-**	**444,2**	**1306,1**	**-**	**260,5**	**1306,9**

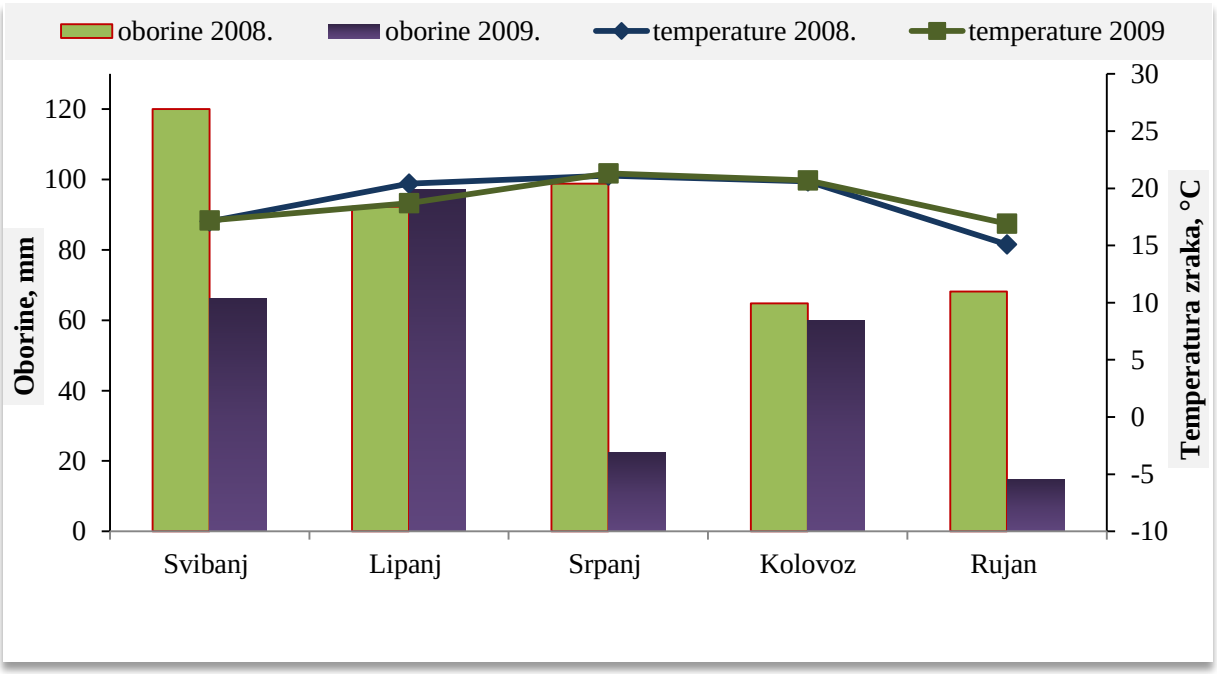
Prema tablici 14 u obje godine istraživanja trajanje sunčanih sati je bilo ujednačeno tijekom srpnja i kolovoza, dok je na početku vegetacije u svibnju i lipnju bilo nešto više

sunčanih sati u 2008. godini. Više sunčanih sati na kraju vegetacije u 2008. godini zabilježeno je u rujnu što je bitno za pravovremeno vađenje i kvalitetnije skladištenje batata. Ukupan broj sunčanih sati u 2008. godini iznosio je 1306,1 h. Gotovo isti broj sunčanih sati zabilježen je u 2009. godini od 1306,9 h, što je u obje godine istraživanja bilo zadovoljavajuće za cijelu vegetaciju jer su biljke krajem vegetacije započele s cvatnjom.

Batat svrstavamo u biljke osjetljive na fotoperiodizam, odnosno svrstavamo ga u biljke kratkog dana koje za cvatnju i prelazak u generativnu fazu zahtijevaju dnevno osvjetljenje kraće od 12 sati. Kao biljka kratkog dana, batat u našim uvjetima na kraju vegetacije započinje cvatnju, ali ne formira generativne organe, odnosno tobolac i sjeme.

U grafikonu 3 prikazane su srednje dnevne temperature u obje godine istraživanja od svibnja do rujna, odnosno od sadnje do vađenja batata. U obje godine istraživanja najviše srednje dnevne temperature zabilježene su u srpnju, dok su najniže srednje dnevne temperature bile u rujnu na kraju vegetacije.

Ukupne količine oborina u vegetaciji za 2008. i 2009. godinu prikazane su u grafikonu 3. U obje godine istraživanja približno jednaka količina oborina izmjerena je u lipnju u vrijeme formiranja korijena kada batat ima najveće potrebe za vodom. U 2008. godini najveća količina oborina zabilježena je u svibnju, a najmanja u kolovozu, dok je u 2009. godini najveća količina oborina zabilježena u lipnju, a značajno manja u srpnju i rujnu.



Grafikon 3. Osnovni meteorološki pokazatelji tijekom eksperimentalnih pokusa, 2008. i 2009. godina

Ukupna količina oborina u vegetaciji batata 2008. godine iznosila je 444,2 mm dok je 2009. godine ukupna količina oborina u vegetaciji bila značajno manja i iznosila je samo 260,5 mm, što ne zadovoljava zahtjeve batata za vodom. Za dobar rast i razvoj batat u vegetaciji zahtijeva oko 500 mm oborina ili navodnjavanje u područjima s manjom količinom oborina.

4. REZULTATI

4.1. Kemijska analiza lista batata

U obje godine istraživanja na kraju vegetacije provedene su laboratorijske analize radi određivanja udjela suhe tvari, sirovih proteina, ukupnog dušika, fosfora i kalija u listu. Rezultati analize varijance za obje godine istraživanja prikazani su u tablici 15 za udio suhe tvari i sirovih proteina u listu ispitivanih sorti pri različitoj gnojidbi. Analizom varijance utvrđen je signifikantan utjecaj gnojidbe u obje godine uzgoja na udio suhe tvari i sirovih proteina. Značajan utjecaj sorte zabilježen je samo u prvoj godini uzgoja dok u drugoj godini nije bilo signifikantne razlike za ispitivana svojstva između sorti. Opravdan utjecaj interakcije sorte i gnojidbe zabilježen je za udio suhe tvari u listu. Značajan utjecaj interakcije na udio proteina u listu utvrđen je u prvoj godini istraživanja, dok je u drugoj godini zabilježen opravdan utjecaj interakcije na udio proteina u listu. Statističkim pragom značajnosti za analizirana svojstva smatrala se pogreška od 5 %.

Tablica 15. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na udio suhe tvari i sirovih proteina u listu

Svojstvo	**Suha tvar lista** % ST		**Proteini u listu** % SP	
	2008.	2009.	2008.	2009.
Sorta	Sorta			
Bat	**	ns	**	ns
Boniato	**	ns	**	ns
Gnojidba	Gnojidba			
N:K 1:1	**	**	**	**
N:K 1:2,5	**	**	**	**
N:K 1:5	**	**	**	**
Interakcija	Sorta x gnojidba			
Bat × N:K 1:1	*	*	**	*
Bat × N:K 1:2,5	*	*	**	*
Bat × N:K 1:5	*	*	**	*
Boniato × N:K 1:1	*	*	**	*
Boniato× N:K 1:2,5	*	*	**	*
Boniato × N:K 1:5	*	*	**	*

Razine statističke značajnosti: **p≤ 0,01, *p≤ 0,05, ns – nije signifikantno

U tablici 16 prikazani su rezultati analize varijance na udio ukupnog dušika, fosfora i kalija u listu promatranih sorti batata pri različitoj gnojidbi i interakciji. Analizom varijance

utvrđen je signifikantan utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije u prvoj godini uzgoja na udio ukupnog N i K u listu. Utjecaj sorte u drugoj godini nije bio signifikantan na udio dušika u listu, dok je utjecaj gnojidbe i interakcije bio značajan. Utjecaj sorte na udio fosfora u prvoj godini je bio signifikantan, dok je utjecaj gnojidbe i interakcije, kao i utjecaj svih svojstava u drugoj godini bio opravdan na razini signifikantnosti p≤ 0,05. U drugoj godini je zabilježen značajan utjecaj sorte i gnojidbe na udio kalija, dok je interakcija sorte i gnojidbe imala opravdan utjecaj na razini signifikantnosti p≤ 0,05.

Tablica 16. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na udio ukupnog N, P i K u listu

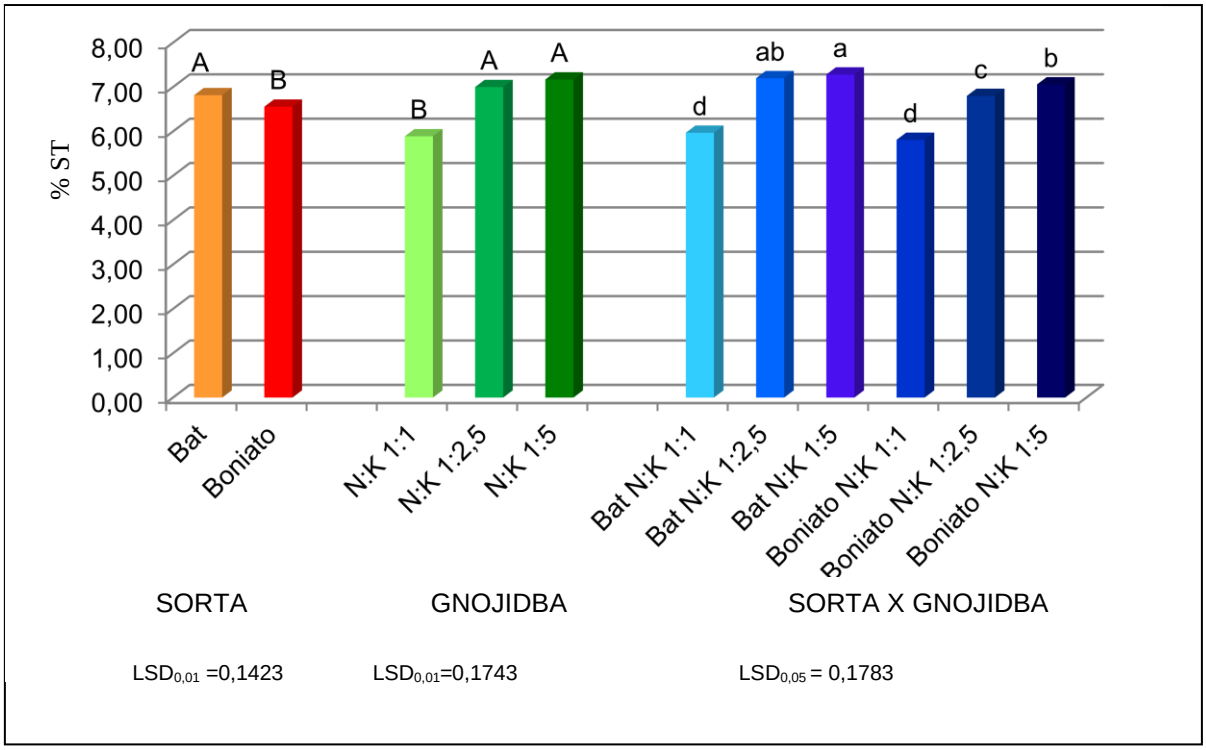
Svojstvo	**% N/ST**		**% P/ST**		**% K/ST**	
	2008.	2009.	2008.	2009.	2008.	2009.
Sorta	Sorta					
Bat	**	ns	**	*	**	**
Boniato	**	ns	**	*	**	**
Gnojidba	Gnojidba					
N:K 1:1	**	**	*	*	**	**
N:K 1:2,5	**	**	*	*	**	**
N:K 1:5	**	**	*	*	**	**
Interakcija	Sorta x gnojidba					
Bat × N:K 1:1	**	*	*	*	**	*
Bat × N:K 1:2,5	**	*	*	*	**	*
Bat × N:K 1:5	**	*	*	*	**	*
Boniato × N:K 1:1	**	*	*	*	**	*
Boniato× N:K 1:2,5	**	*	*	*	**	*
Boniato × N:K 1:5	**	*	*	*	**	*

Razine statističke značajnosti: **p≤ 0,01, *p≤ 0,05, ns – nije signifikantno

4.1.1. Suha tvar

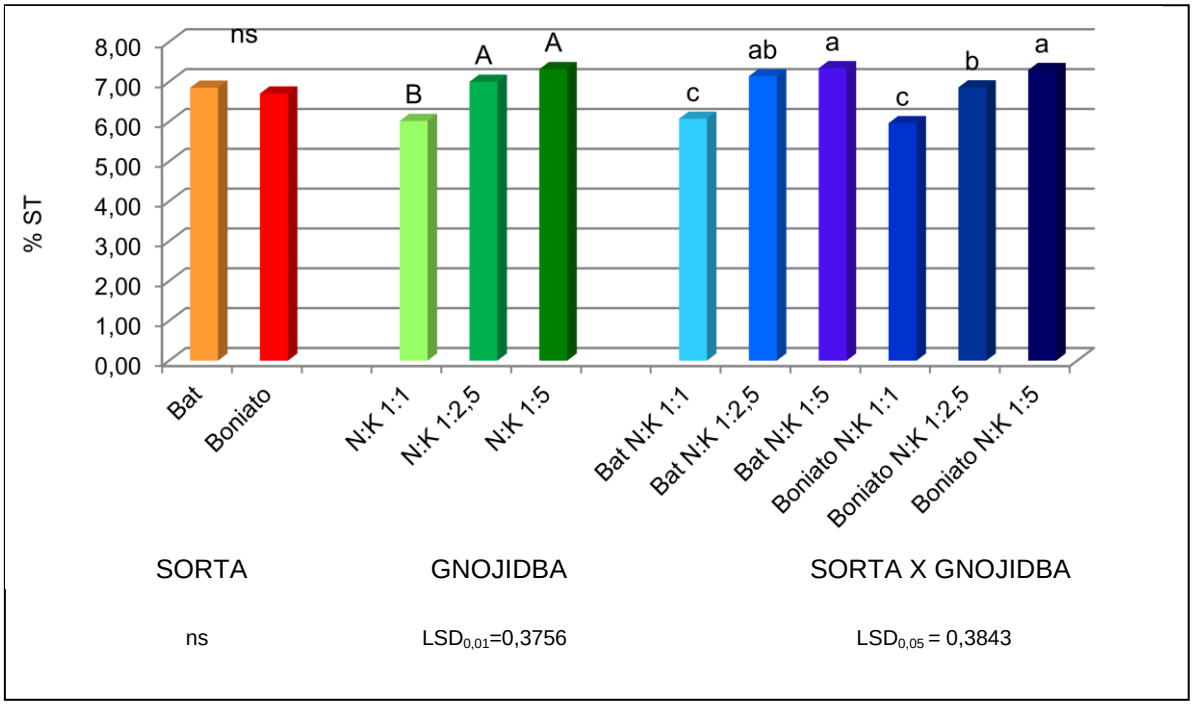
Prema grafikonu 4 i 5 u obje godine istraživanja utvrđena je opravdana razlika u udjelu suhe tvari u listu. U prvoj godini je zabilježena značajna razlika u udjelu suhe tvari između sorti i različitih razina gnojidbe na razini signifikantnosti p≤ 0,01, dok je kod interakcije sorte i gnojidbe utvrđena opravdana razlika na razini signifikantnosti p≤ 0,05. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe u interakciji sa sortom imale veći udio suhe tvari u listu. Opravdano najveći udio suhe tvari zabilježen je kod sorte Bat pri višoj razini gnojidbe. U drugoj godini nije zabilježena značajna razlika u udjelu suhe tvari između sorti, dok je između različitih razina gnojidbe zabilježena značajna razlika na razini signifikantnosti p≤

0,01. Kod interakcije sorte i gnojidbe utvrđena je opravdana razlika u udjelu suhe tvari u listu na razini signifikantnosti p≤ 0,05.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤0,05

Grafikon 4. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio suhe tvari u listu, 2008. godina



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05, ns – nije signifikantno

Grafikon 5. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio suhe tvari u listu, 2009. godina

Prosječan udio suhe tvari u listu u prvoj godini istraživanja (grafikon 4) kod sorte 'Bat' iznosio je 6,82 % ST, kod kontrolne gnojidbe 5,97 % ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio suhe tvari u listu iznosio 7,20 % ST, a kod veće razine gnojidbe 7,28 % ST. Sorta 'Boniato' u prvoj godina istraživanja ostvarila je prosječan udio suhe tvari u listu 6,56 % ST, u kontrolnoj gnojidbi 5,81 % ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio suhe tvari u listu iznosio 6,80 % ST, a kod veće razine gnojidbe 7,06 % ST.

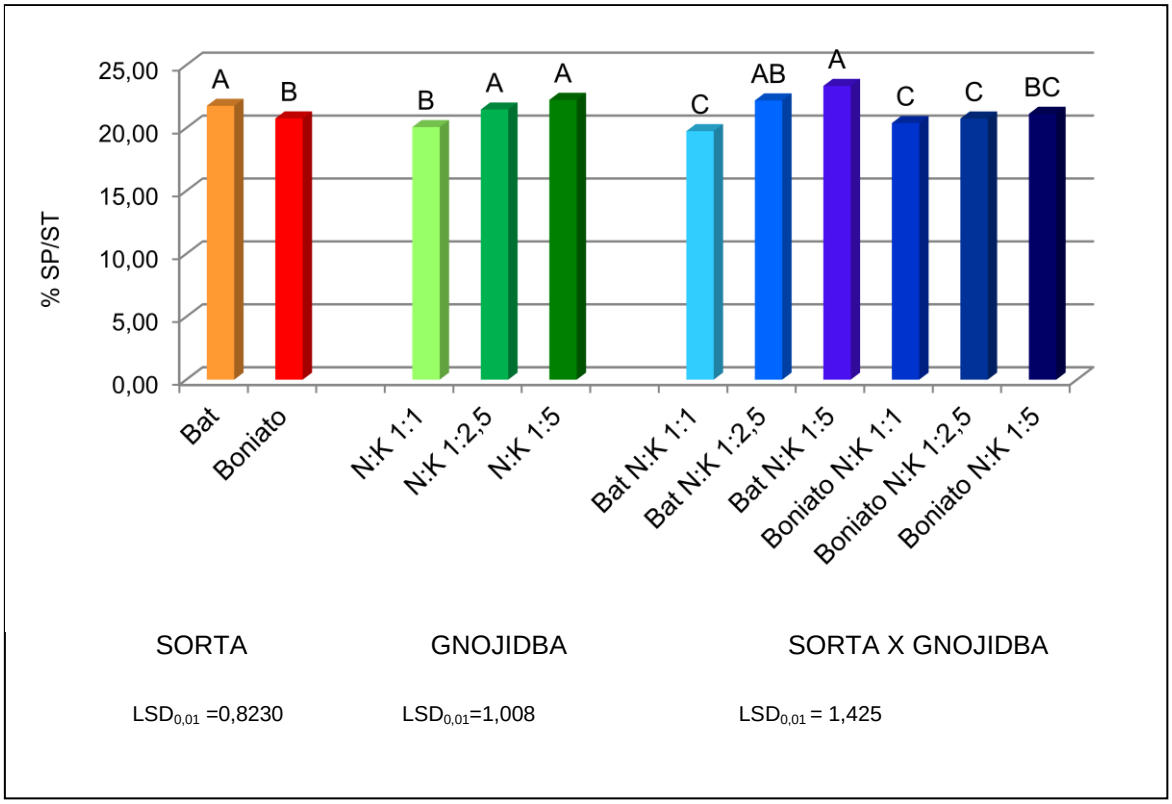
Prosječan udio suhe tvari u listu u drugoj godini istraživanja (grafikon 5) kod sorte 'Bat' iznosio je 6,85 % ST, kod kontrolne gnojidbe 6,07 % ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio suhe tvari u listu iznosio 7,14 % ST, a kod veće razine gnojidbe 7,34 % ST. Sorta 'Boniato' u drugoj godina istraživanja ostvarila je prosječan udio suhe tvari u listu 6,70 % ST, u kontrolnoj gnojidbi 5,96 % ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio suhe tvari u listu iznosio 6,86 % ST, a kod veće razine gnojidbe 7,29 % ST.

4.1.2. Sirovi proteini

Udio sirovih proteina u listu određen je prema formuli % N x 6,25, pri čemu je trend udjela sirovih proteina bio u korelaciji s trendom udjela ukupnog dušika u listu. Kao što se očekivalo, najveće vrijednosti sirovih proteina utvrđene su kod povećane količine gnojidbe. Prema grafikonu 6 i 7 u obje godine istraživanja utvrđena je opravdana razlika u udjelu sirovih proteina u listu. U prvoj godini je zabilježena značajna razlika u udjelu sirovih proteina između sorti i različitih razina gnojidbe, kao i njihove interakcije na razini signifikantnosti $p \leq 0,01$. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe u interakciji sa sortom imale veći udio sirovih proteina u listu.

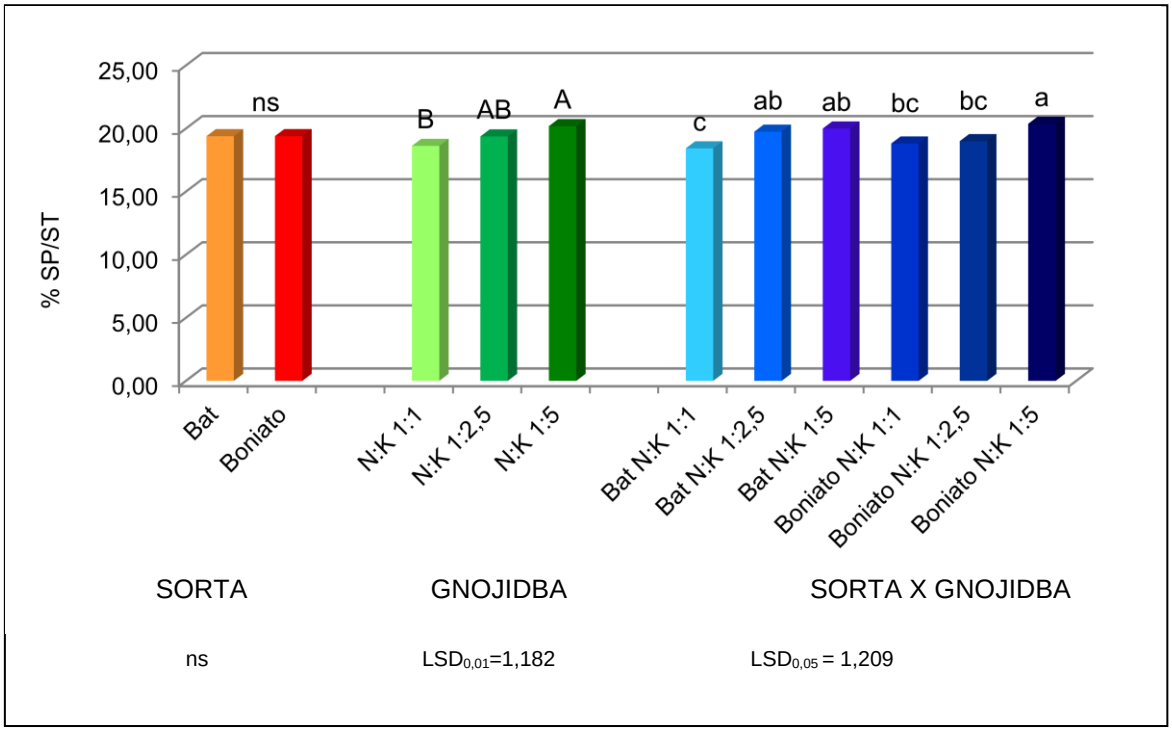
Opravdano najveći udio sirovih proteina zabilježen je kod sorte 'Bat' pri višoj razini gnojidbe. U drugoj godini nije zabilježena značajna razlika u udjelu sirovih proteina između sorti, dok je između različitih razina gnojidbe zabilježena značajna razlika na razini signifikantnosti $p \leq 0,01$. Kod interakcije sorte i gnojidbe utvrđena je opravdana razlika u udjelu sirovih proteina u listu na razini signifikantnosti $p \leq 0,05$.

Prosječan udio sirovih proteina u listu u prvoj godini istraživanja (grafikon 6) kod sorte 'Bat' iznosio je 21,76 % SP/ST, kod kontrolne gnojidbe 19,75 % SP/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio sirovih proteina u listu iznosio 22,19 % SP/ST, a kod veće razine gnojidbe 23,34 % SP/ST. Sorta 'Boniato' u prvoj godina istraživanja ostvarila je prosječan udio sirovih proteina u listu 20,76 % SP/ST, u kontrolnoj gnojidbi 20,39 % SP/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio sirovih proteina u listu iznosio 20,75 % SP/ST, a kod veće razine gnojidbe 21,13 % SP/ST.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 6. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio sirovih proteina u listu, 2008. godina



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05, ns – nije signifikantno

Grafikon 7. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio sirovih proteina u listu, 2009. godina

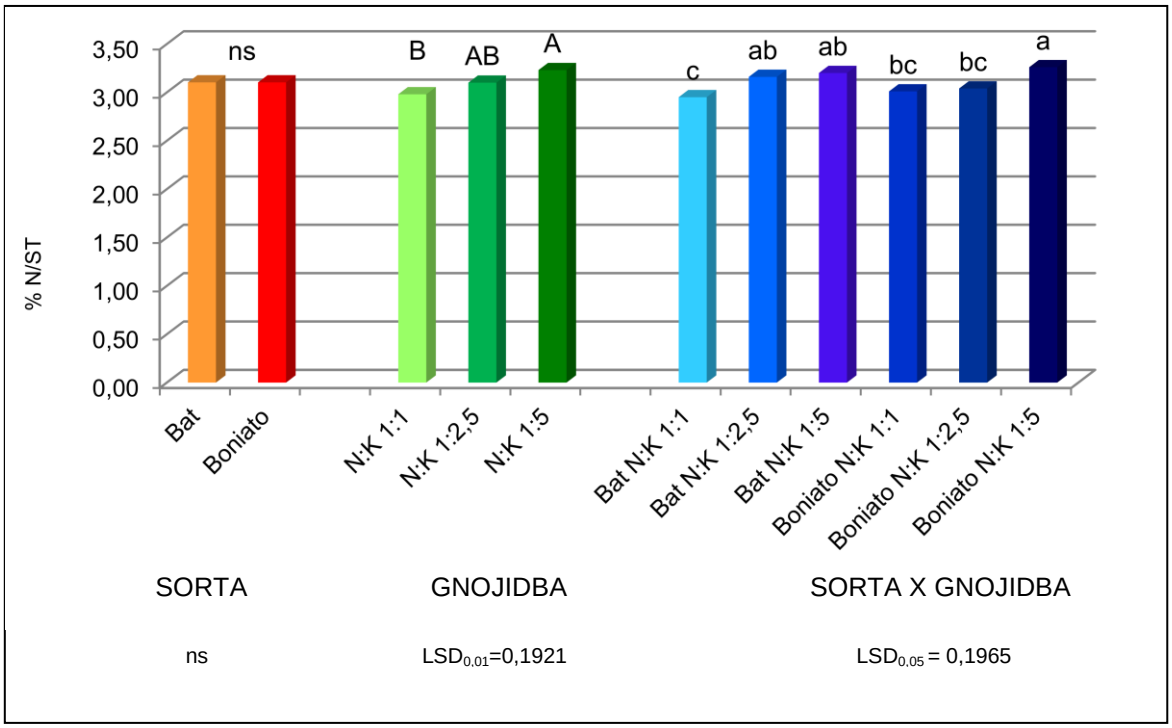
Prosječan udio sirovih proteina u listu u drugoj godini istraživanja (grafikon 7) kod sorte 'Bat' iznosio je 19,39 % SP/ST, kod kontrolne gnojidbe 18,43 % SP/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio sirovih proteina u listu iznosio 19,75 % SP/ST, a kod veće razine gnojidbe 20,00 % SP/ST. Sorta 'Boniato' u drugoj godini istraživanja ostvarila je prosječan udio sirovih proteina u listu 19,40 % SP/ST, u kontrolnoj gnojidbi 18,81 % SP/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio sirovih proteina u listu iznosio 19,00 % SP/ST, a kod veće razine gnojidbe 20,38 % SP/ST.

4.1.3. Dušik

Prema grafikonu 8 i 9 u obje godine istraživanja utvrđena je opravdana razlika u udjelu ukupnog dušika u listu. U prvoj godini je zabilježena značajna razlika u udjelu ukupnog dušika između sorti i različitih nivoa gnojidbe na razini signifikantnosti p≤ 0,01. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe u interakciji sa sortom imale veći udio ukupnog dušika u listu. Opravdano najveći udio ukupnog dušika zabilježen je kod sorte 'Bat' pri višoj razini gnojidbe. U drugoj godini nije zabilježena značajna razlika u udjelu ukupnog dušika između sorti, dok je između različitih nivoa gnojidbe zabilježena značajna razlika na razini signifikantnosti p≤ 0,01. Kod interakcije sorte i gnojidbe utvrđena je opravdana razlika u udjelu ukupnog dušika u listu na razini signifikantnosti p≤ 0,05.

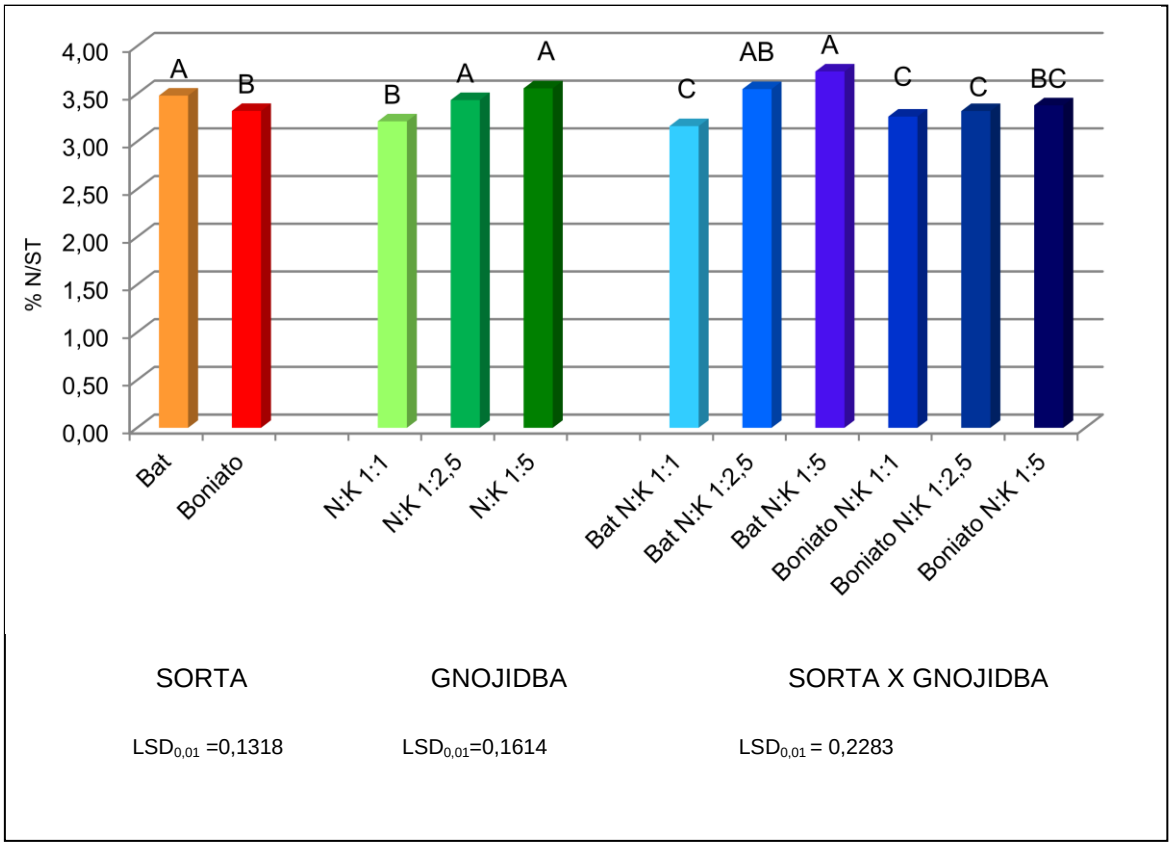
Prosječan udio ukupnog dušika u listu u prvoj godini istraživanja (grafikon 8) kod sorte 'Bat' iznosio je 3,48 % N/ST, kod kontrolne gnojidbe 3,16 % N/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio ukupnog dušika u listu iznosio 3,55 % N/ST, a kod veće razine gnojidbe 3,74 % N/ST. Sorta 'Boniato' u prvoj godini istraživanja ostvarila je prosječan udio ukupnog dušika u listu 3,32 % N/ST, u kontrolnoj gnojidbi 3,26 % N/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio ukupnog dušika u listu iznosio 3,32 % N/ST, a kod veće razine gnojidbe 3,38 % N/ST.

Prosječan udio ukupnog dušika u listu u drugoj godini istraživanja (grafikon 9) kod sorte 'Bat' iznosio je 3,10 % N/ST, kod kontrolne gnojidbe 2,95 % N/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio ukupnog dušika u listu iznosio 3,16 % N/ST, a kod veće razine gnojidbe 3,20 % N/ST. Sorta 'Boniato' u drugoj godini istraživanja ostvarila je prosječan udio ukupnog dušika u listu 3,10 % N/ST, u kontrolnoj gnojidbi 3,01 % N/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio ukupnog dušika u listu iznosio 3,04 % N/ST, a kod veće razine gnojidbe 3,26 % N/ST.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05, ns – nije signifikantno

Grafikon 8. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnog N u listu, 2008. godina

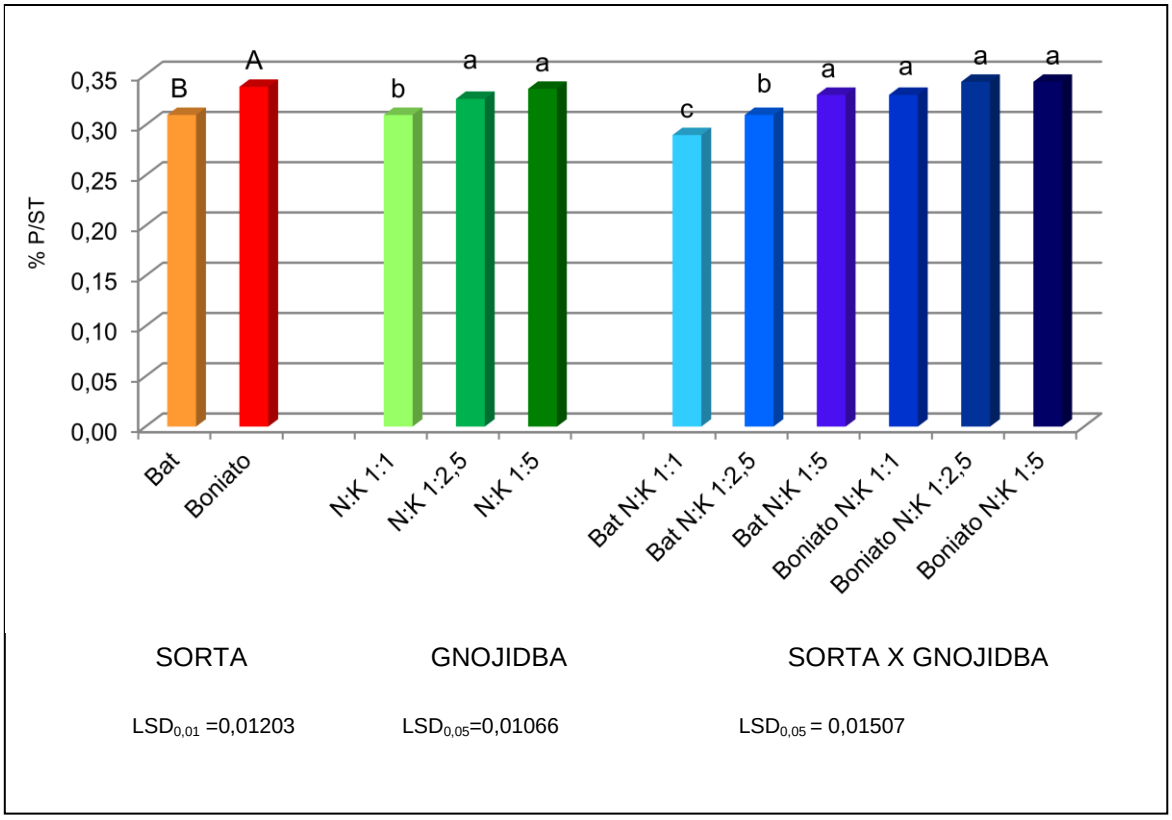


Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 9. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnog N u listu, 2009. godina

4.1.4. Fosfor

Prema grafikonu 10 i 11 u obje godine istraživanja utvrđena je opravdana razlika u udjelu fosfora u listu. U prvoj godini je zabilježena značajna razlika u udjelu fosfora između sorti na razini signifikantnosti p≤ 0,01 i opravdana razlika između različitih nivoa gnojidbe i interakcije sorte i gnojidbe na razini signifikantnosti p≤ 0,05. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe u interakciji sa sortom imale veći udio fosfora u listu. Opravdano najveći udio fosfora zabilježen je u prvoj godini istraživanja kod sorte 'Boniato' pri višoj razini gnojidbe. U drugoj godini je zabilježena opravdana razlika u udjelu fosfora između sorti, različitih nivoa gnojidbe te interakcije sorte i gnojidbe na razini signifikantnosti p≤ 0,05.



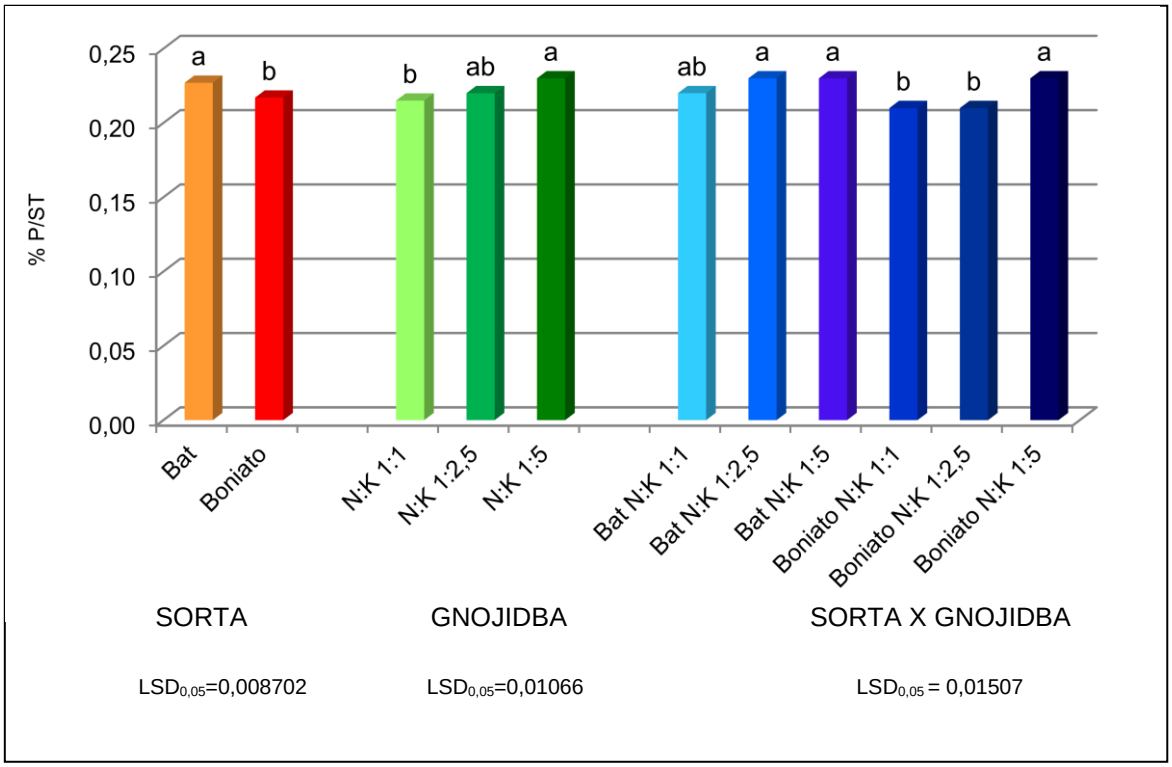
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05

Grafikon 10. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio P u listu, 2008. godina

U prvoj godini istraživanja prosječan udio fosfora u listu (grafikon 10) kod sorte 'Bat' iznosio je 0,31 % P/ST, kod kontrolne gnojidbe 0,29 % P/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio fosfora u listu iznosio 0,31 % P/ST, a kod veće razine gnojidbe 0,33 % P/ST. Sorta 'Boniato' u prvoj godina istraživanja ostvarila je prosječan udio fosfora u listu 0,38 % P/ST, u kontrolnoj gnojidbi 0,33 % P/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio fosfora u listu iznosio 0,34 % P/ST i kod veće razine gnojidbe 0,34 % P/ST.

Prosječan udio fosfora u listu u drugoj godini istraživanja (grafikon 11) kod sorte 'Bat' iznosio je 0,23 % P/ST, kod kontrolne gnojidbe 0,22 % P/ST, dok je kod niže razine

gnojidbe udio fosfora u listu iznosio 0,23 % P/ST i kod veće razine gnojidbe 0,23 % P/ST. Sorta 'Boniato' u drugoj godina istraživanja ostvarila je prosječan udio fosfora u listu 0,22 % P/ST, u kontrolnoj gnojidbi 0,21 % P/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio fosfora u listu bio jednak kontroli 0,21 % P/ST, a kod veće razine gnojidbe 0,23 % P/ST.



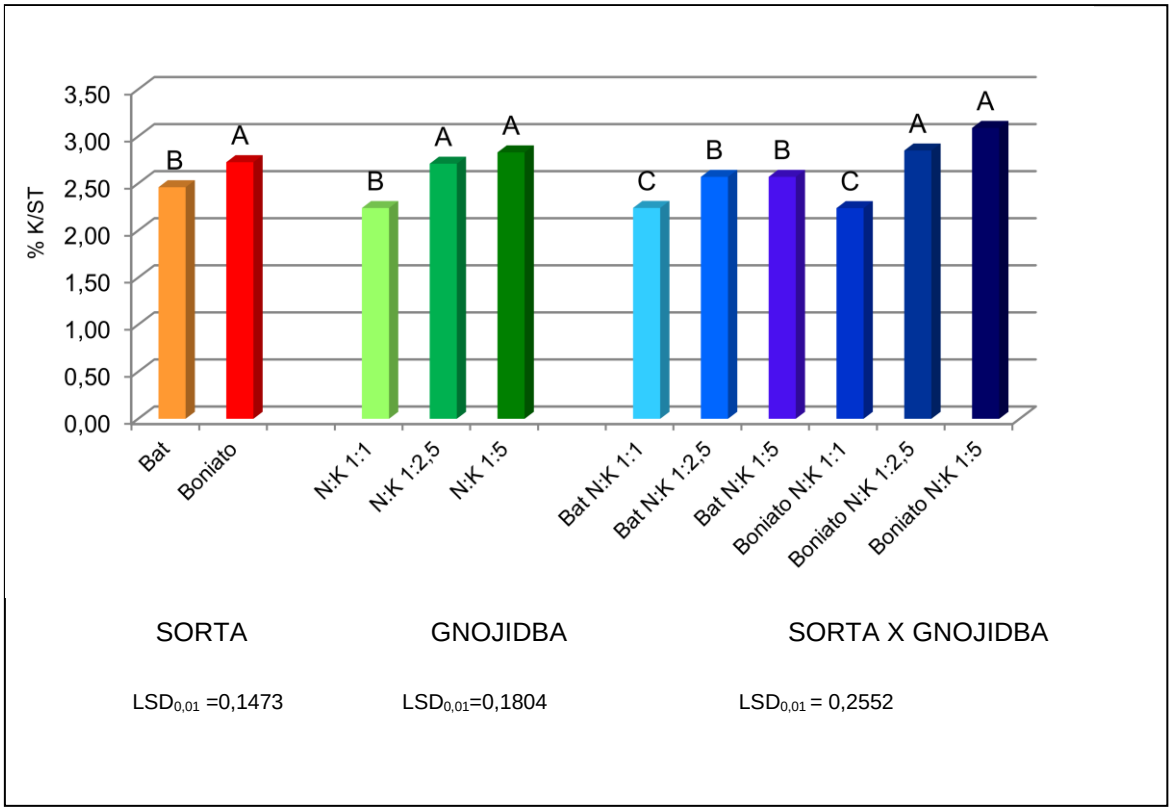
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (a) p≤ 0,05

Grafikon 11. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio P u listu, 2009. godina

4.1.5. Kalij

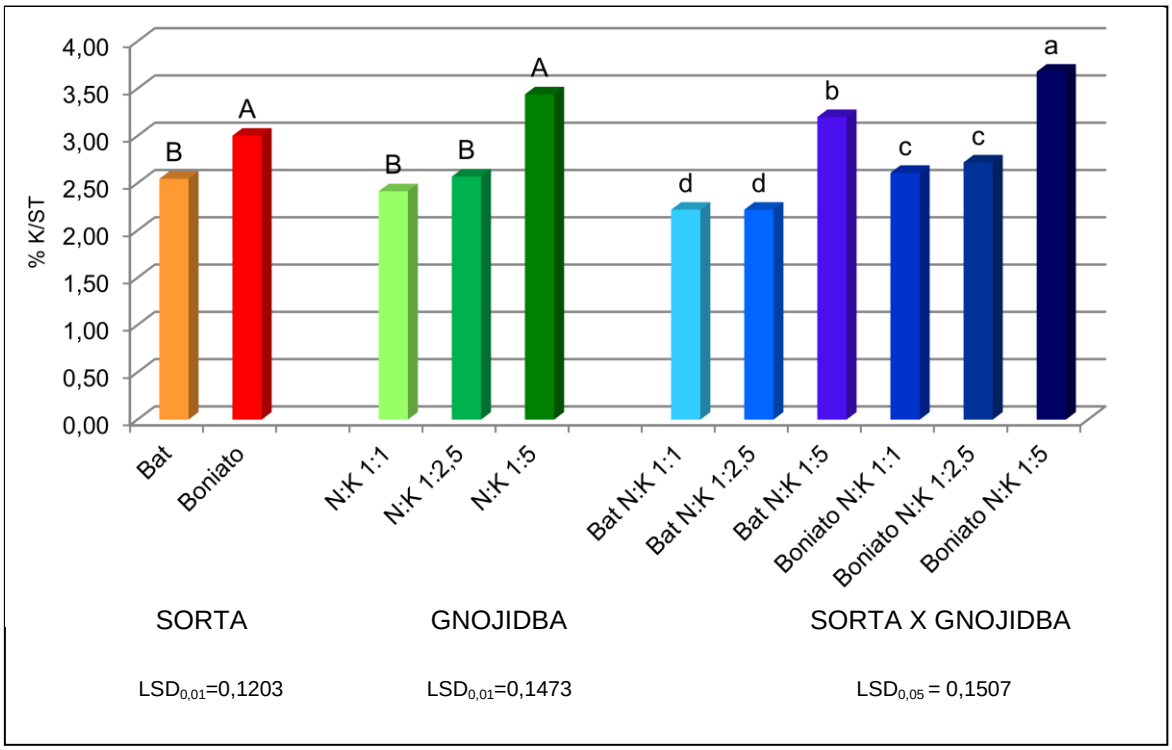
Prema grafikonu 12 i 13 u obje godine istraživanja utvrđena je značajna razlika prema udjelu kalija u listu. U obje godine istraživanja zabilježena je značajna razlika u udjelu kalija između sorti, različitih nivoa gnojidbe i interakcije, na razini signifikantnosti p≤ 0,01. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe u interakciji sa sortom imale veći udio kalija u listu. Opravdano najveći udio kalija zabilježen je u drugoj godini istraživanja kod sorte 'Boniato' pri višoj razini gnojidbe.

U prvoj godini istraživanja prosječan udio kalija u listu (grafikon 12) kod sorte 'Bat' iznosio je 2,46 % K/ST, kod kontrolne gnojidbe 2,24 % K/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio kalija u listu iznosio 2,57 % K/ST i kod veće razine gnojidbe 2,57 % K/ST. Sorta 'Boniato' u prvoj godina istraživanja ostvarila je prosječan udio kalija u listu 2,73 % K/ST, u kontrolnoj gnojidbi 2,24 % K/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio kalija u listu iznosio 2,85 % K/ST, a kod veće razine gnojidbe 3,09 % K/ST.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 12. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio K u listu, 2008. godina



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05

Grafikon 13. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio K u listu, 2009. godina

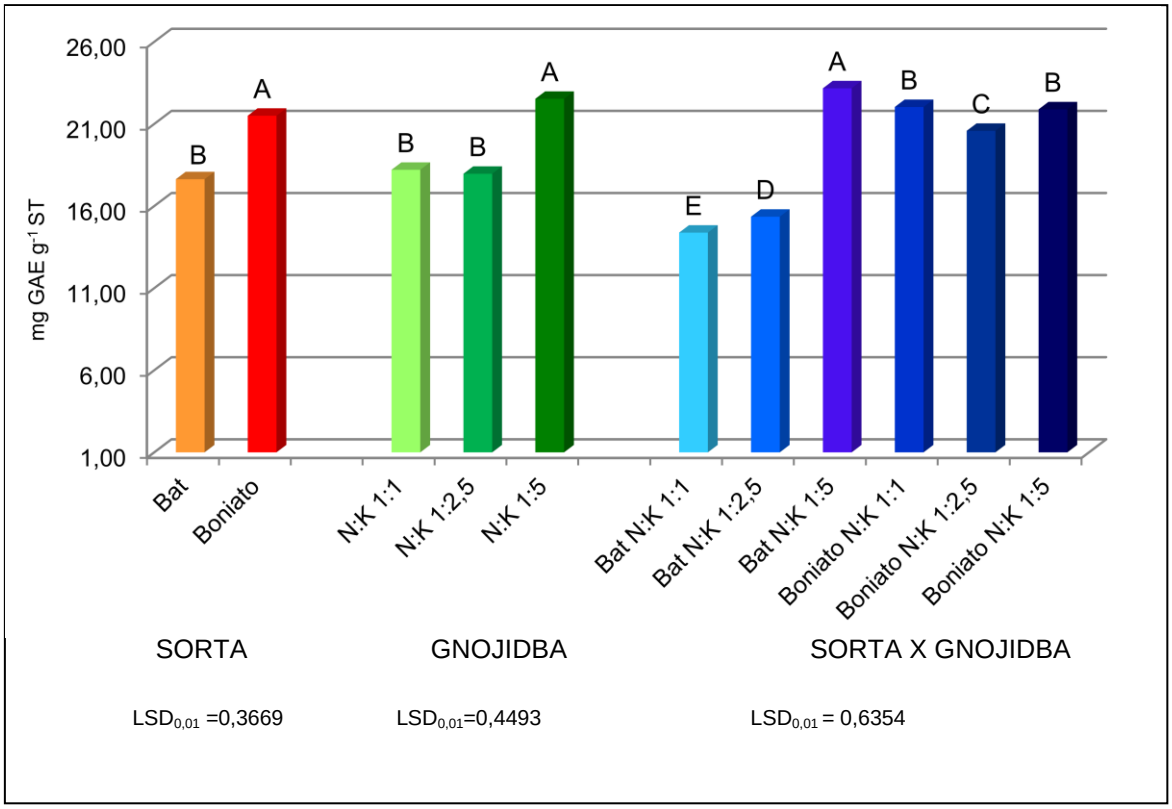
Prosječan udio kalija u listu u drugoj godini istraživanja (grafikon 13) kod sorte 'Bat' iznosio je 2,55 % K/ST, kod kontrolne gnojidbe 2,22 % K/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio kalija u listu imao istu vrijednost 2,22 % K/ST, a kod veće razine gnojidbe 3,20 % K/ST. Sorta 'Boniato' u drugoj godini istraživanja ostvarila je prosječan udio kalija u listu 3,00 % K/ST, u kontrolnoj gnojidbi 2,61 % K/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio kalija u listu iznosio 2,72 % K/ST, a kod veće razine gnojidbe 3,68 % K/ST.

4.1.6. Polifenoli

Udio ukupnih polifenolnih spojeva u listu određen je kvantitativnom metodom u reakciji s Folin-Ciocalteau reagensom, a rezultati su izraženi u mg GAE g^{-1} ST. Prema grafikonu 14 i 15 u obje godine istraživanja utvrđena je značajna razlika u udjelu ukupnih polifenola u lista između sorti, različitih nivoa gnojidbe i interakcije, na razini signifikantnosti $p \leq 0,01$. Sorta 'Bat' je pri većoj razini gnojidbe u interakciji sa sortom imala veći udio ukupnih polifenola u listu, dok je sorta 'Boniato' u prvoj godini imala manju vrijednost, a u drugoj godini ostvarila je veću vrijednost ukupnih polifenola u lista kod veće razine gnojidbe. Značajno veće vrijednosti ukupnih polifenola u lista ostvarene su u drugoj godini kod obje sorte. Opravdano najveća vrijednost ukupnih polifenola u lista zabilježena je u drugoj godini istraživanja kod sorte 'Boniato' pri višoj razini gnojidbe.

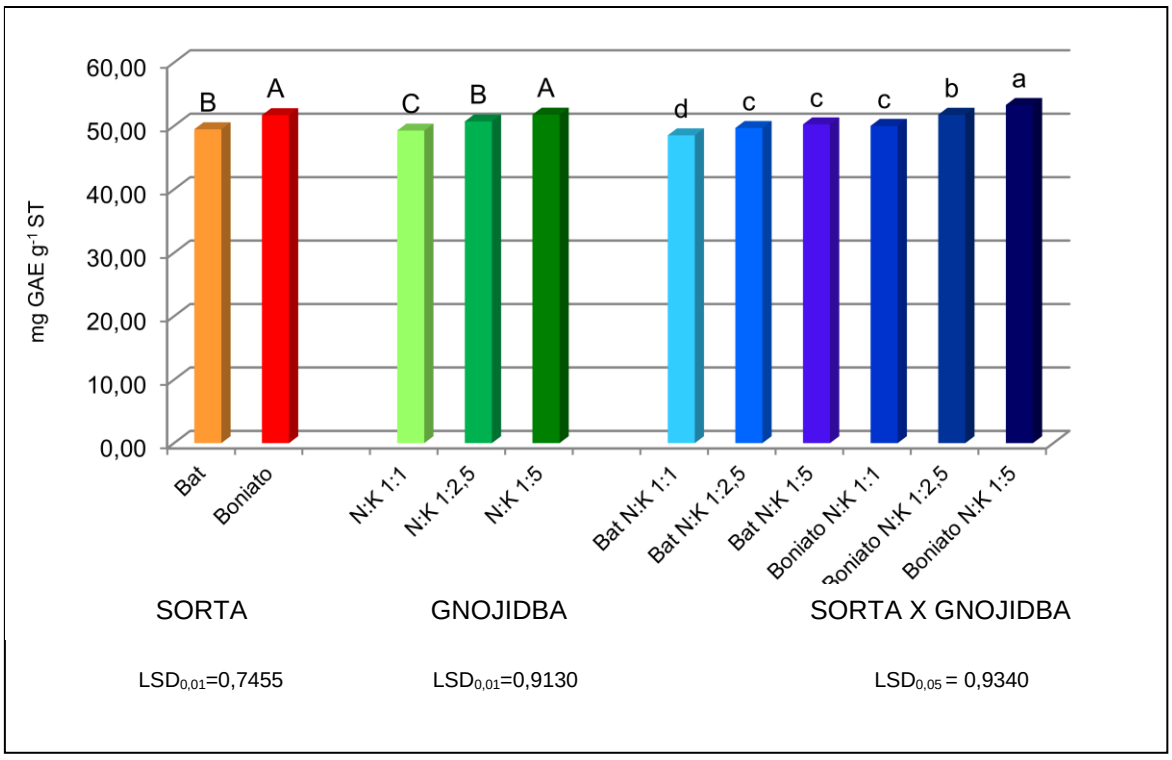
U prvoj godini istraživanja prosječna vrijednost udjela ukupnih polifenola u lista (grafikon 14) kod sorte 'Bat' iznosila je 17,63 mg GAE g^{-1} ST, kod kontrolne gnojidbe 14,38 mg GAE g^{-1} ST, dok je kod niže razine gnojidbe vrijednost udjela ukupnih polifenola u lista iznosila je 15,35 mg GAE g^{-1} ST, a kod veće razine gnojidbe 23,17 mg GAE g^{-1} ST. Sorta 'Boniato' u prvoj godina istraživanja ostvarila je prosječnu vrijednost udjela ukupnih polifenola u lista 21,50 mg GAE g^{-1} ST, u kontrolnoj gnojidbi 22,03 mg GAE g^{-1} ST, dok je kod niže razine gnojidbe vrijednost udjela ukupnih polifenola u lista iznosila 20,58 mg GAE g^{-1} ST, a kod više razine gnojidbe 21,89 mg GAE g^{-1} ST.

U drugoj godini istraživanja zabilježene su značajno više prosječne vrijednosti udjela ukupnih polifenola u lista (grafikon 15) kod sorte 'Bat' 49,48 mg GAE g^{-1} ST, kod kontrolne gnojidbe 48,52 mg GAE g^{-1} ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio ukupnih polifenola u lista iznosio isto 49,68 mg GAE g^{-1} ST, a kod veće razine gnojidbe 50,25 mg GAE g^{-1} ST. Sorta 'Boniato' u drugoj godini istraživanja ostvarila je prosječnu vrijednost udjela ukupnih polifenola u lista 51,70 mg GAE g^{-1} ST, u kontrolnoj gnojidbi 50,02 mg GAE g^{-1} ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio ukupnih polifenola u listu bio 51,77 mg GAE g^{-1} ST, a kod veće razine gnojidbe udio ukupnih polifenola u listu iznosio je 53,31 mg GAE g^{-1} ST.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 14. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnih polifenola u listu, 2008. godina

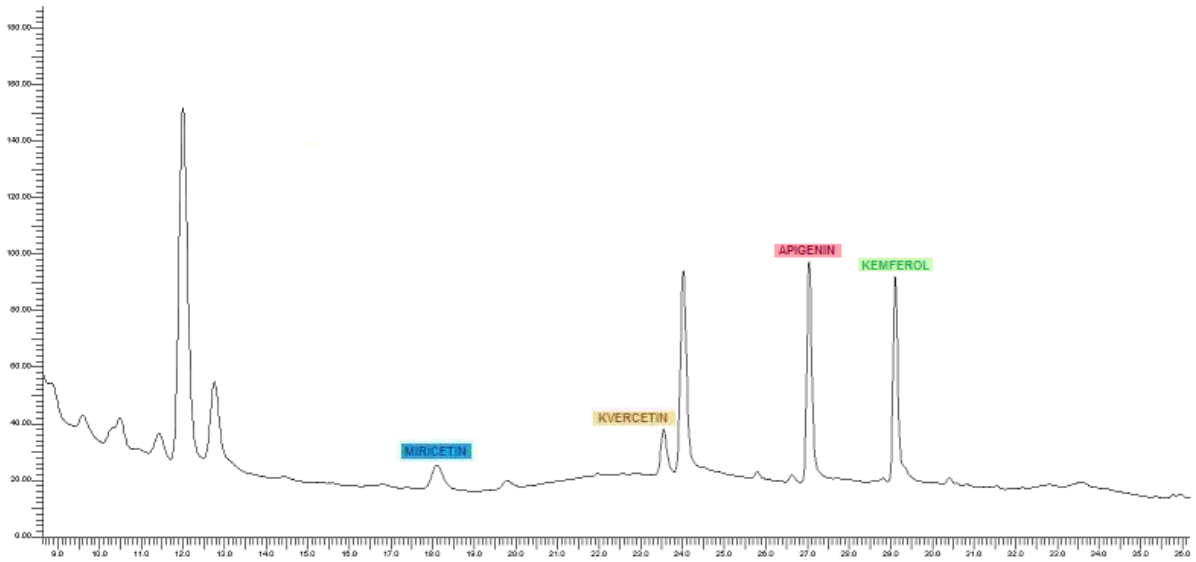


Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (a) p≤ 0,05

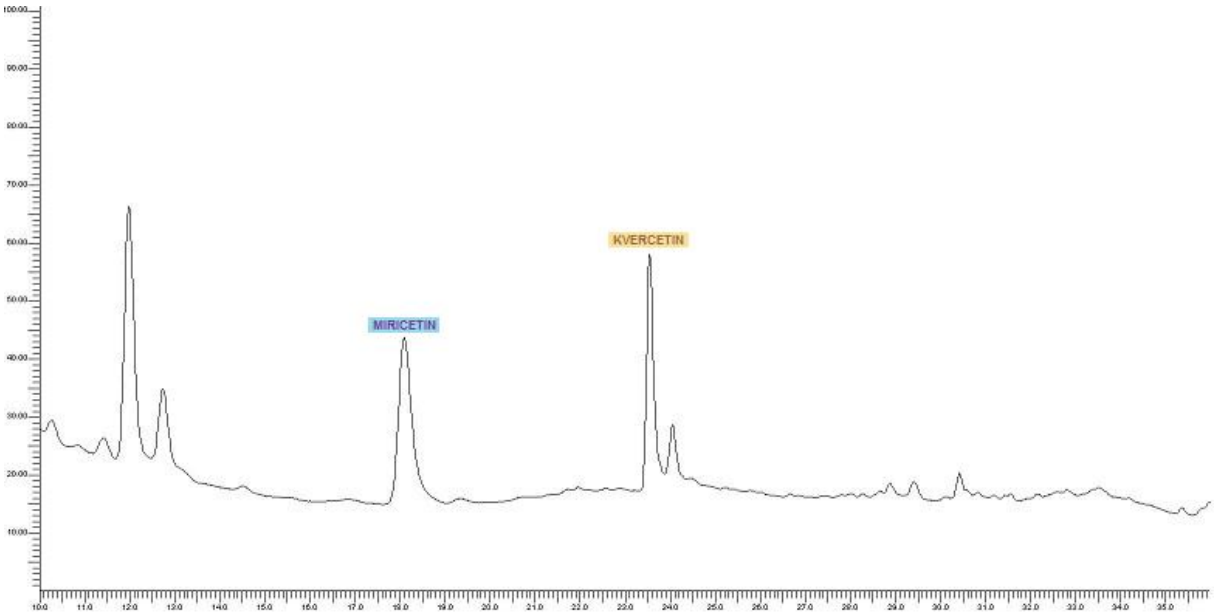
Grafikon 15. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnih polifenola u listu, 2009. godina

4.1.7. Flavonoidi

Kvalitativna i kvantitativna analiza aglikona flavonoida utvrđena je pomoću tekućinske kromatografije visoke djelotvornosti (HPLC) s UV detektorom. Ekstrakti su pripremljeni kiselom hidrolizom u metanolu. Na slikama 28 i 29 prikazani su tipični kromatogrami flavonoida u listu u ekstraktima dviju sorti batata.

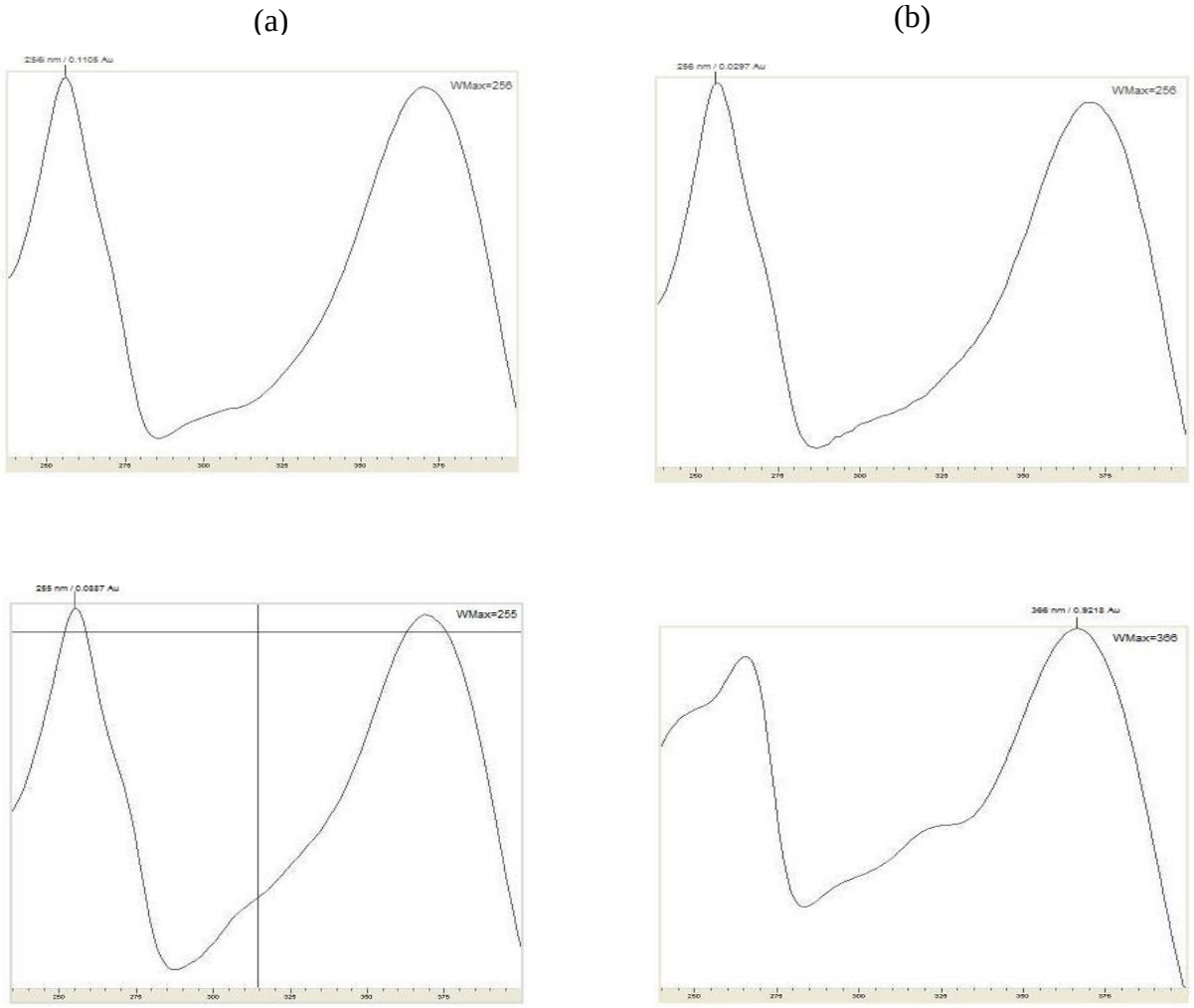


Slika 28. Tipičan kromatogram flavonoida sorte **'**Bat**'**



Slika 29. Tipičan kromatogram flavonoida sorte **'**Boniato**'**

Identifikacija flavonoida provedena je na temelju usporedbe vremena izlaženja razdvojenih pikova u ekstraktu i vremena izlaženja standarda s kromatografske kolone, a potvrđena je usporedbom UV-spektara (slika 30).



Slika 30. UV spektar standarda (a) kvercetina, (b) miricetina, (c) apigenina i (d) kemferola

Kvantifikacija razdvojenih flavonoida provedena je metodom vanjskog standarda. Pomoću računala nacrtan je dijagram ovisnosti masene koncentracije pojedinog standarda o površini ispod pika, te prema dobivenoj jednadžbi pravca izračunane su pojedine masene koncentracije flavonoida. U tablici 17 prikazani su rezultati mjerenja.

Iz tablice 17 je vidljivo da su kod sorte **'**Bat**'** utvrđeni flavonoidi: miricetin, kvercetin, apigenin i kemferol, a kod sorte **'**Boniato**'** utvrđeni su samo miricetin i kvercetin, dok apigenin i kemferol nisu identificirani. Utvrđena je opravdana razlika udjela ukupnih i pojedinačnih flavonoida u listu zbog utjecaja sorte, gnojidbe i njihove interakcije na razini

signifikantnosti p≤ 0,05. Udio ukupnih flavonoida kod sorte **'**Bat**'** u prvoj godini istraživanja kretao se od 4,58 do 8,27 mg g^{-1} ST, a u drugoj godini od 7,58 do 11,58 mg g^{-1} ST.

Tablica 17. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnih i pojedinačnih flavonoida u listu

Tretman	**Miricetin** mg g^{-1} ST		**Kvercetin** mg g^{-1} ST		**Apigenin** mg g^{-1} ST		**Kempferol** mg g^{-1} ST		**Ukupni flavonoidi** mg g^{-1} ST	
	2008.	2009.	2008.	2009.	2008.	2009.	2008.	2009.	2008.	2009.
Sorta	Sorta									
Bat	0.34^{b}	0.78^{b}	0.63^{b}	0.56^{b}	2.89^{a}	3.99^{a}	2.42^{a}	3.96^{a}	6.26^{b}	9.38^{b}
Boniato	4.81^{a}	10.92^{a}	3.80^{a}	8.42^{a}	n.d	n.d	n.d	n.d	8.62^{a}	19.34^{a}
LSD	1,486	1,689	1,359	1,648	-	-	-	-	1,084	1,965
Gnojidba	Gnojidba									
N:K -1:1	2.30^{b}	5.34^{b}	1.72^{b}	3.82^{b}	2.03^{c}	3.03^{c}	1.48^{b}	2.59^{b}	5.78^{c}	11.96^{c}
N:K - 1:2,5	5.27^{a}	6.26^{a}	2.47^{a}	4.79^{b}	2.49^{c}	3.79^{bc}	2.61^{a}	4.17^{a}	7.61^{b}	15.01^{b}
N:K -1:5	2.80^{b}	5.96^{b}	2.46^{a}	5.01^{a}	4.15^{a}	5.15^{a}	3.17^{a}	5.12^{a}	8.93^{a}	16.10^{a}
LSD	1,284	1,084	1,139	1,212	1,138	0,789	0,928	1,134	1,434	1,682
Interakcija	Interakcija									
Bat × N:K -1:1	0.42^{a}	1.22^{a}	0.64^{ab}	0.74^{b}	2.03^{c}	3.03^{c}	1.48^{b}	2.59^{b}	4.58^{d}	7.58^{d}
Bat × N:K - 1:2,5	0.34^{bc}	0.42^{c}	0.58^{bc}	0.61^{b}	2.49^{c}	3.79^{bc}	2.61^{a}	4.17^{a}	5.92^{c}	8.99^{c}
Bat × N:K - 1:5	0.28^{c}	0.71^{bc}	0.67^{a}	0.60^{b}	4.15^{a}	5.15^{a}	3.17^{a}	5.12^{a}	8.27^{a}	11.58^{a}
Boniato×N:K-1:1	4.17^{c}	9.45^{b}	2.80^{b}	6.89^{b}	n.d	n.d	n.d	n.d	6.97^{b}	16.34^{b}
Boniato×N:K -1:2,5	4.93^{b}	12.09^{a}	4.36^{a}	8.97^{a}	n.d	n.d	n.d	n.d	9.29^{a}	21.06^{a}
Boniato × N:K-1:5	5.33^{a}	11.21^{ab}	4.25^{a}	9.41^{a}	n.d	n.d	n.d	n.d	9.59^{a}	20.61^{a}
LSD	1,386	1,865	1,287	1,596	0,588	0,786	0,928	1,134	1,219	1,845

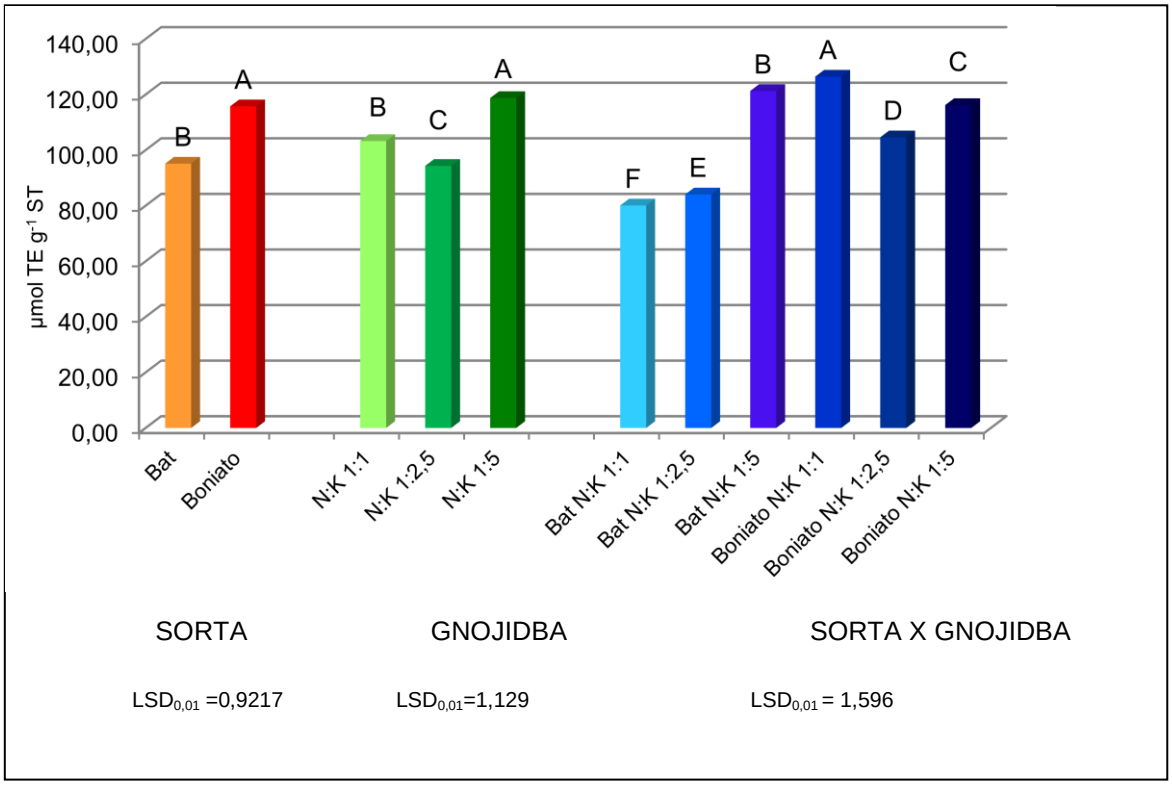
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (a) p≤ 0,05 (n.d. nije identificirano)

Vrijednosti pojedinačnih flavonoida sorte 'Bat' su bile (miricetin 0,28 do 1,22 mg g^{-1} ST, kvercetin 0,58 do 0,74 mg g^{-1} ST, apigenin 2,03 do 5,15 mg g^{-1} ST i kemferol 1,48 do 5,12 mg g^{-1} ST). Udio ukupnih flavonoida sorte 'Boniato' u prvoj godini istraživanja kretao se od 6,97 do 9,59 mg g^{-1} ST, a u drugoj godini od 16,34 do 21,06 mg g^{-1} ST. Vrijednosti pojedinačnih flavonoida sorte 'Boniato' su bile (miricetin 4,17 do 12,09 mg g^{-1} ST, kvercetin 2,80 do 9,41 mg g^{-1} ST, dok apigenin i kemferol nisu identificirani).

4.1.8. Antioksidacijska aktivnost lista

Rezultati određivanja antioksidacijske aktivnosti utvrđeni su ORAC metodom radi određivanja antioksidacijskog kapaciteta (AUC) uzoraka lista praćenjem inhibicije djelovanja slobodnog radikala AAPH (2,2'–azobis (2–metilpropionamid) dihidroklorid) na fluorescentni spoj fluorescein. Rezultati su izraženi u ekvivalentima Troloxa

(6–hidroksi–2,5,7,8–tetrametilkroman–2–ugljična kiselina), tj. kao µmol TE g^{-1} ST. U grafikonima 16 i 17 prikazan je utjecaj sorte i gnojidbe na antioksidacijsku aktivnost lista.

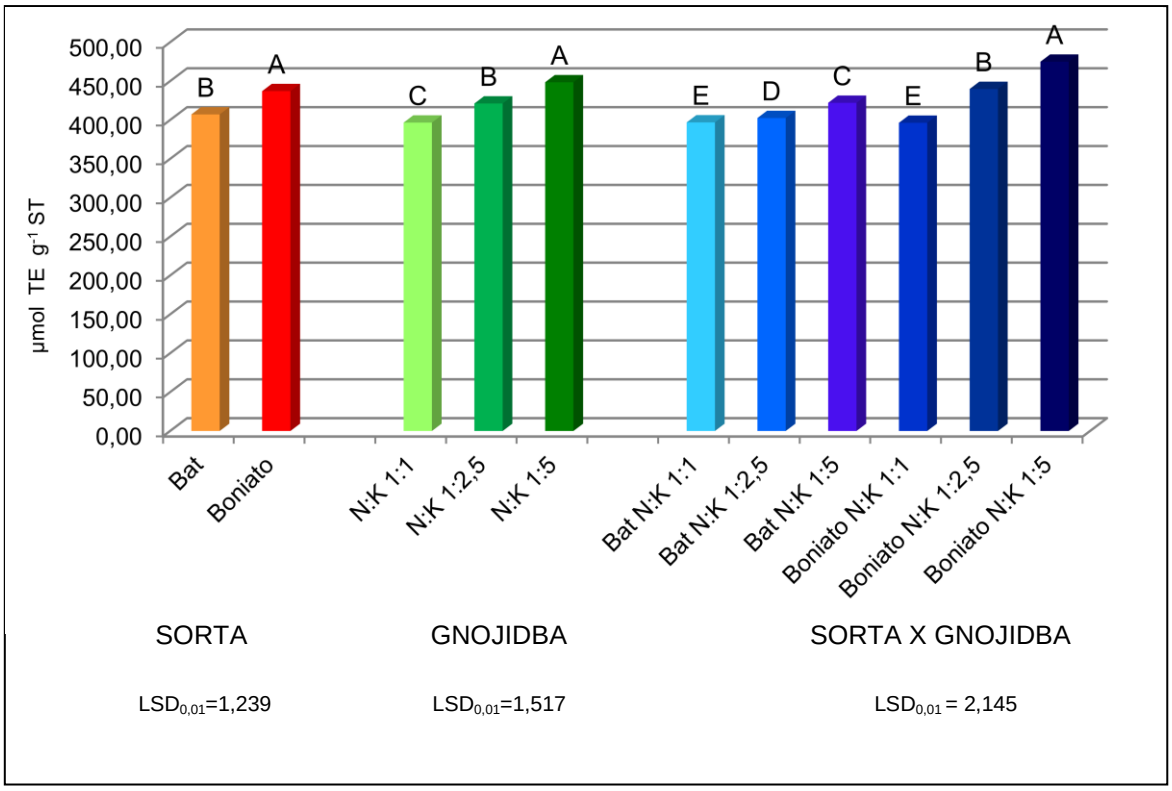


Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 16. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na antioksidacijsku aktivnost lista, 2008. godina

Prema grafikonima 16 i 17 u obje godine istraživanja utvrđena je značajna razlika u antioksidacijskoj aktivnosti lista između sorti, različitih nivoa gnojidbe i interakcije, na razini signifikantnosti p≤ 0,01. Sorta 'Bat' je pri većoj razini gnojidbe u interakciji sa sortom imala veću antioksidacijsku aktivnosti lista. Sorta 'Boniato' je u prvoj godini imala manju vrijednost, dok je u drugoj godini ostvarila veću vrijednost antioksidacijske aktivnosti lista kod veće razine gnojidbe. Značajno veće vrijednosti antioksidacijske aktivnost lista ostvarene su u drugoj godini kod obje sorte. Opravdano najveća vrijednost antioksidacijske aktivnosti lista zabilježena je u drugoj godini istraživanja kod sorte Boniato pri višoj razini gnojidbe.

U prvoj godini istraživanja prosječna antioksidacijska aktivnost lista (grafikon 16) kod sorte 'Bat' iznosila je 95,13 µmol TE g^{-1} ST, kod kontrolne gnojidbe 80,07 µmol TE g^{-1} ST, dok je kod niže razine gnojidbe antioksidacijska aktivnost lista iznosila 84,04 µmol TE g^{-1} ST i kod veće razine gnojidbe 121,27 µmol TE g^{-1} ST. Sorta 'Boniato' u prvoj godini istraživanja ostvarila je prosječnu vrijednost antioksidacijske aktivnosti lista 115,74 µmol TE g^{-1} ST, u kontrolnoj gnojidbi 126,43 µmol TE g^{-1} ST, dok je kod niže razine gnojidbe antioksidacijska aktivnost lista iznosila 104,59 µmol TE g^{-1} ST, a kod više razine gnojidbe 116,20 µmol TE g^{-1} ST .



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 17. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na antioksidacijsku aktivnost lista, 2009. godina

U drugoj godini istraživanja zabilježene su značajno više prosječne vrijednosti antioksidacijske aktivnosti lista (grafikon 17) kod sorte 'Bat' 407,13 µmol TE g^{-1} ST, kod kontrolne gnojidbe 396,87 µmol TE g^{-1} ST, dok je kod niže razine gnojidbe antioksidacijska aktivnost lista iznosila isto 402,50 µmol TE g^{-1} ST, a kod veće razine gnojidbe 422,02 µmol TE g^{-1} ST. Sorta 'Boniato' u drugoj godina istraživanja ostvarila je prosječnu vrijednost antioksidacijske aktivnost lista 437,08 µmol TE g^{-1} ST, u kontrolnoj gnojidbi 396,38 µmol TE g^{-1} ST, dok je kod niže razine gnojidbe antioksidacijska aktivnost lista bila 439,90 µmol TE g^{-1} ST, a kod veće razine gnojidbe antioksidacijska aktivnost lista iznosila je 474,96 µmol TE g^{-1} ST.

4.2. Kemijska analiza korijena batata

U obje godine istraživanja na kraju vegetacije provedene su laboratorijske analize zbog određivanja udjela suhe tvari, sirovih proteina, ukupnog dušika, fosfora i kalija u korijenu. Rezultati analize varijance za obje godine istraživanja prikazani su u tablici 18 za udio suhe tvari i sirovih proteina u korijenu, dok je udio ukupnog dušika, fosfora i kalija u korijenu prikazan u tablici 19.

Analizom varijance u 2008. godini nije utvrđen signifikantan utjecaj sorte na udio suhe tvari i sirovih proteina u korijenu kod veće količine oborina, dok je u 2009. godini utvrđen značajan utjecaj sorte na udio suhe tvari i sirovih proteina u korijenu u aridnim uvjetima. Značajan utjecaj gnojidbe na udio suhe tvari i udio proteina utvrđen je u obje godine istraživanja. Analizom varijance za utjecaj interakcije sorte i gnojidbe utvrđen je značajan utjecaj na udio suhe tvari i udio sirovih proteina u prvoj godini istraživanja, dok je u drugoj godini zabilježen opravdan utjecaj na razini signifikantnosti $p \leq 0,05$.

Tablica 18. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na udio suhe tvari i sirovih proteina u korijenu

Svojstvo	**Suha tvar korijena** % ST		**Proteini u korijenu** % SP/ST	
	2008.	2009.	2008.	2009.
Sorta	Sorta			
Bat	ns	**	ns	**
Boniato	ns	**	ns	**
Gnojidba	Gnojidba			
N:K 1:1	**	**	**	**
N:K 1:2,5	**	**	**	**
N:K 1:5	**	**	**	**
Interakcija	Sorta x gnojidba			
Bat × N:K 1:1	**	**	**	*
Bat × N:K 1:2,5	**	**	**	*
Bat × N:K 1:5	**	**	**	*
Boniato × N:K 1:1	**	**	**	*
Boniato× N:K 1:2,5	**	**	**	*
Boniato × N:K 1:5	**	**	**	*

Razine statističke značajnosti: **$p \leq 0,01$, *$p \leq 0,05$, ns – nije signifikantno

U tablici 19 prikazana je analiza varijance za utjecaja sorte, gnojidbe i njihove interakcije na udio ukupnog dušika, fosfora i kalija u korijenu. Analizom varijance utvrđen je opravdan utjecaj sorte i gnojidbe na udio ukupnog N, P i K u korijenu, kao i njihove međusobne interakcije, osim u prvoj godini istraživanja za utjecaj sorte na udio ukupnog dušika.

Tablica 19. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na udio ukupnog N, P i K u korijenu

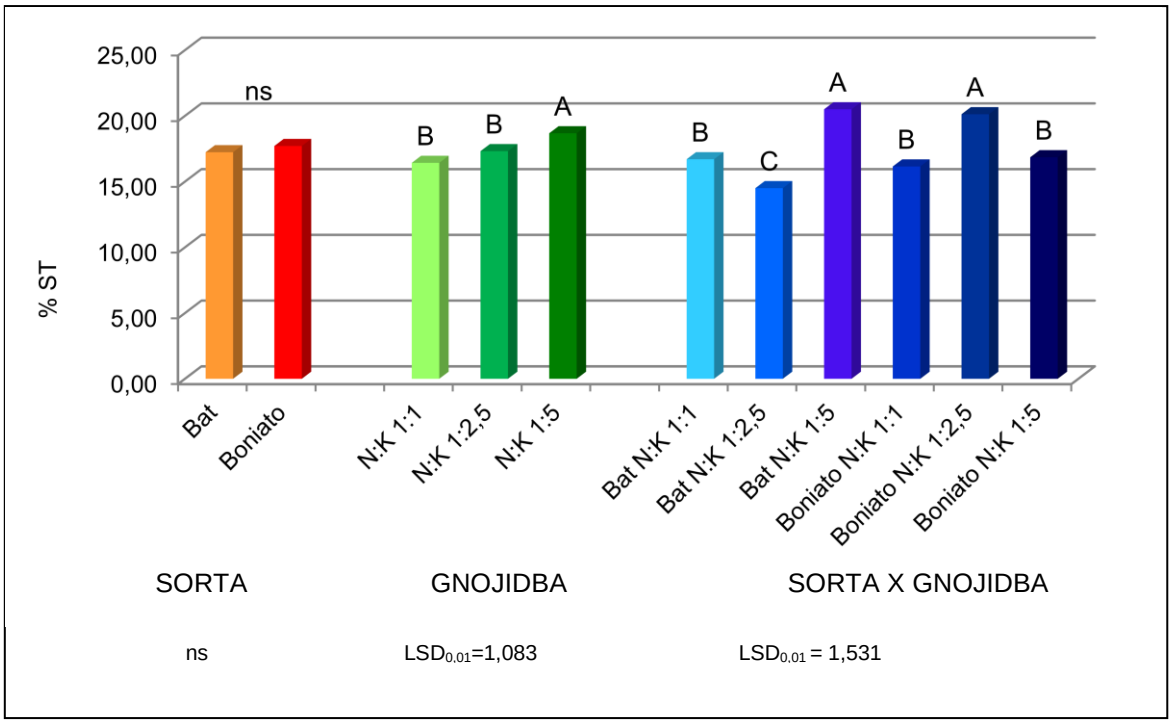
Svojstvo	% N/ST		% P/ST		% K/ST	
	2008.	2009.	2008.	2009.	2008.	2009.
Sorta	Sorta					
Bat	ns	**	**	**	**	**
Boniato	ns	**	**	**	**	**
Gnojidba	Gnojidba					
N:K 1:1	**	**	**	*	**	**
N:K 1:2,5	**	**	**	*	**	**
N:K 1:5	**	**	**	*	**	**
Interakcija	Sorta x gnojidba					
Bat × N:K 1:1	**	*	**	*	**	**
Bat × N:K 1:2,5	**	*	**	*	**	**
Bat × N:K 1:5	**	*	**	*	**	**
Boniato × N:K 1:1	**	*	**	*	**	**
Boniato× N:K 1:2,5	**	*	**	*	**	**
Boniato × N:K 1:5	**	*	**	*	**	**

Razine statističke značajnosti: **p≤ 0,01, *p≤ 0,05, ns – nije signifikantno

4.2.1. Suha tvar

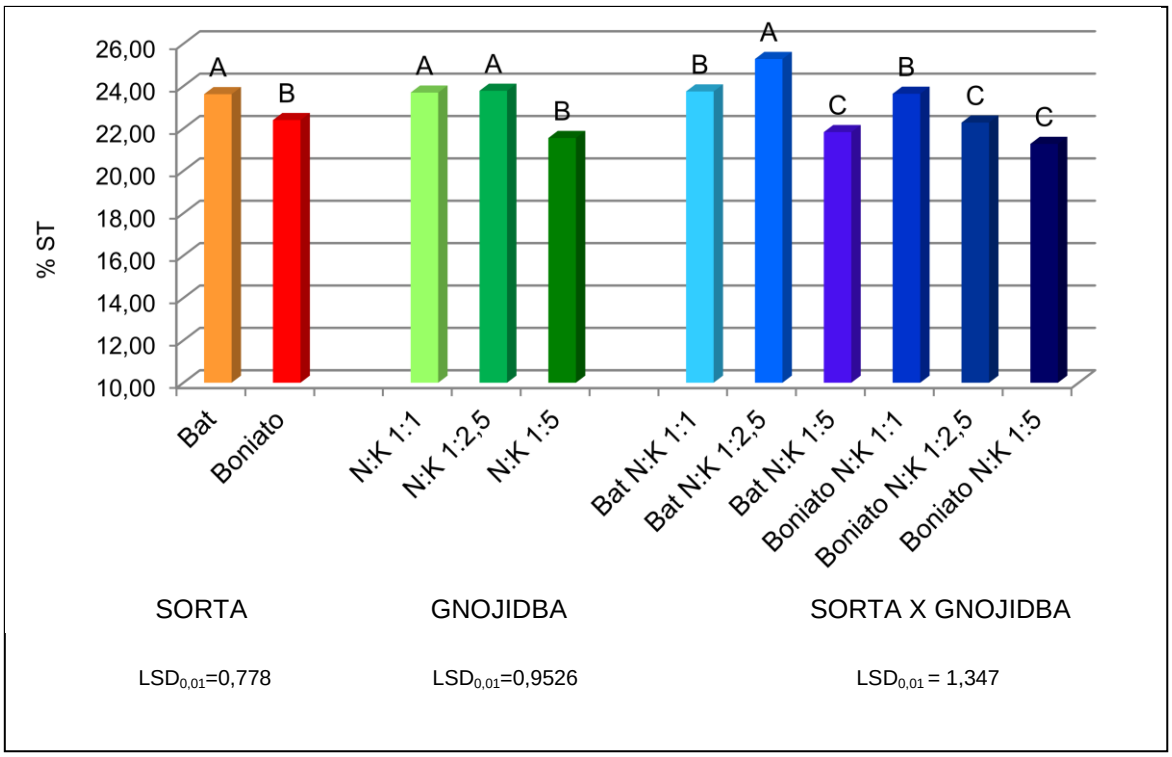
Prema grafikonima 18 i 19 u obje godine istraživanja utvrđena je opravdana razlika u udjelu suhe tvari u korijenu. U prvoj godini istraživanja nije zabilježena opravdana razlika u udjelu suhe tvari između sorti, dok je kod interakcije sorte i gnojidbe te kod različitih nivoa gnojidbe zabilježena značajna razlika na razini signifikantnosti p≤ 0,01. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe u interakciji sa sortom imale veći udio suhe tvari u korijenu. Opravdano najveći udio suhe tvari zabilježen je kod sorte 'Bat' pri višoj razini gnojidbe. U drugoj godini istraživanja zabilježena je značajna razlika u udjelu suhe tvari između sorti, različitih nivoa gnojidbe i interakcije, na razini signifikantnosti p≤ 0,01, pri čemu udio suhe tvari nije rastao proporcionalno rastućoj gnojidbi.

Prosječan udio suhe tvari u korijenu u prvoj godini istraživanja (grafikon 18) kod sorte 'Bat' iznosio je 17,23 % ST, kod kontrolne gnojidbe 16,70 % ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio suhe tvari u korijenu iznosio 14,50 % ST, a kod veće razine gnojidbe 20,50 % ST. Sorta 'Boniato' u prvoj godini istraživanja ostvarila je prosječan udio suhe tvari u korijenu 17,71 % ST, u kontrolnoj gnojidbi 16,15 % ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio suhe tvari u korijenu iznosio 20,13 % ST, a kod veće razine gnojidbe 16,85 % ST.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, ns – nije signifikantno

Grafikon 18. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio suhe tvari u korijenu, 2008. godina



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 19. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio suhe tvari u korijenu, 2009. godina

Prosječan udio suhe tvari u korijenu u drugoj godini istraživanja (grafikon 19) kod sorte 'Bat' iznosio je 23,62 % ST, kod kontrolne gnojidbe 23,75 % ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio suhe tvari u korijenu iznosio 25,28 % ST, a kod veće razine gnojidbe 21,83

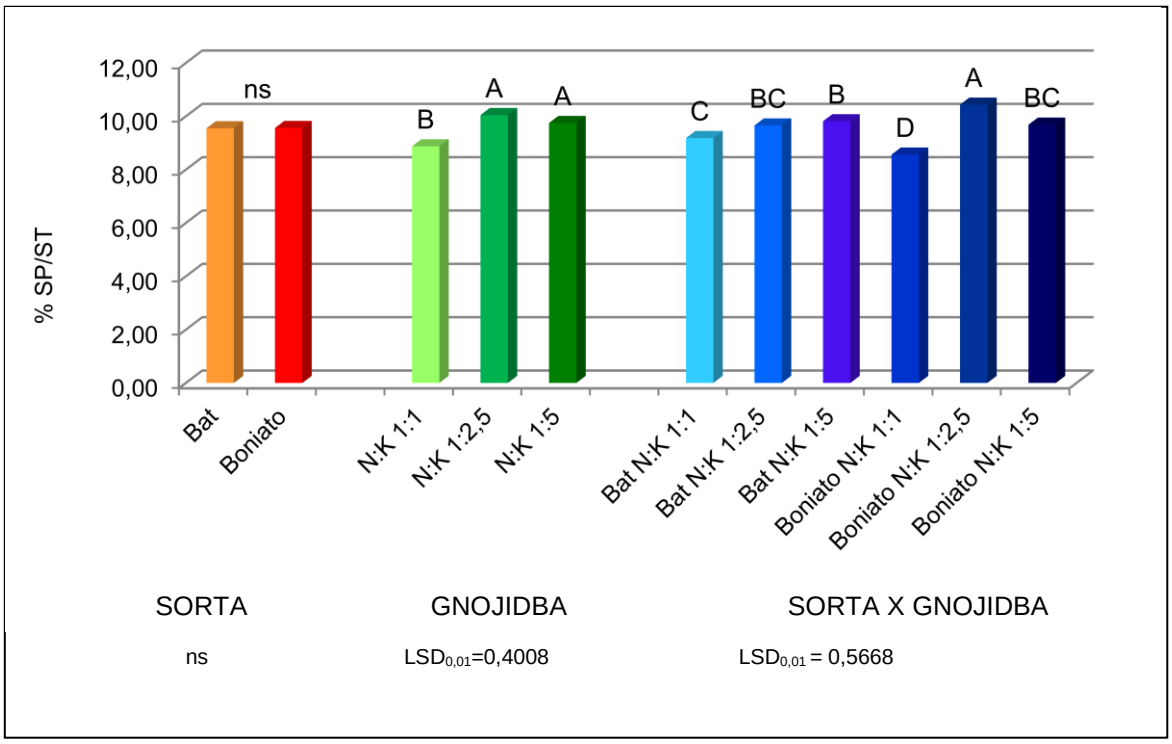
% ST. Sorta 'Boniato' u drugoj godini istraživanja ostvarila je prosječan udio suhe tvari u korijenu 22,40 % ST, u kontrolnoj gnojidbi 23,64 % ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio suhe tvari u korijenu iznosio 22,28 % ST, a kod veće razine gnojidbe 21,28 % ST.

4.2.2. Sirovi proteini

Udio sirovih proteina u korijenu određen je prema formuli % N x 6,25, pri čemu je trend udjela sirovih proteina bio u korelaciji s trendom udjela ukupnog dušika u korijenu. Kao što se očekivalo, najveće vrijednosti sirovih proteina utvrđene su kod povećane količine gnojidbe. Prema grafikonima 20 i 21 u obje godine istraživanja utvrđena je opravdana razlika u udjelu sirovih proteina u korijenu. U prvoj godini istraživanja nije zabilježena značajna razlika u udjelu sirovih proteina između sorti, dok je kod različitih nivoa gnojidbe i njihove interakcije sa sortom utvrđena značajna razlika na razini signifikantnosti $p \leq 0,01$.

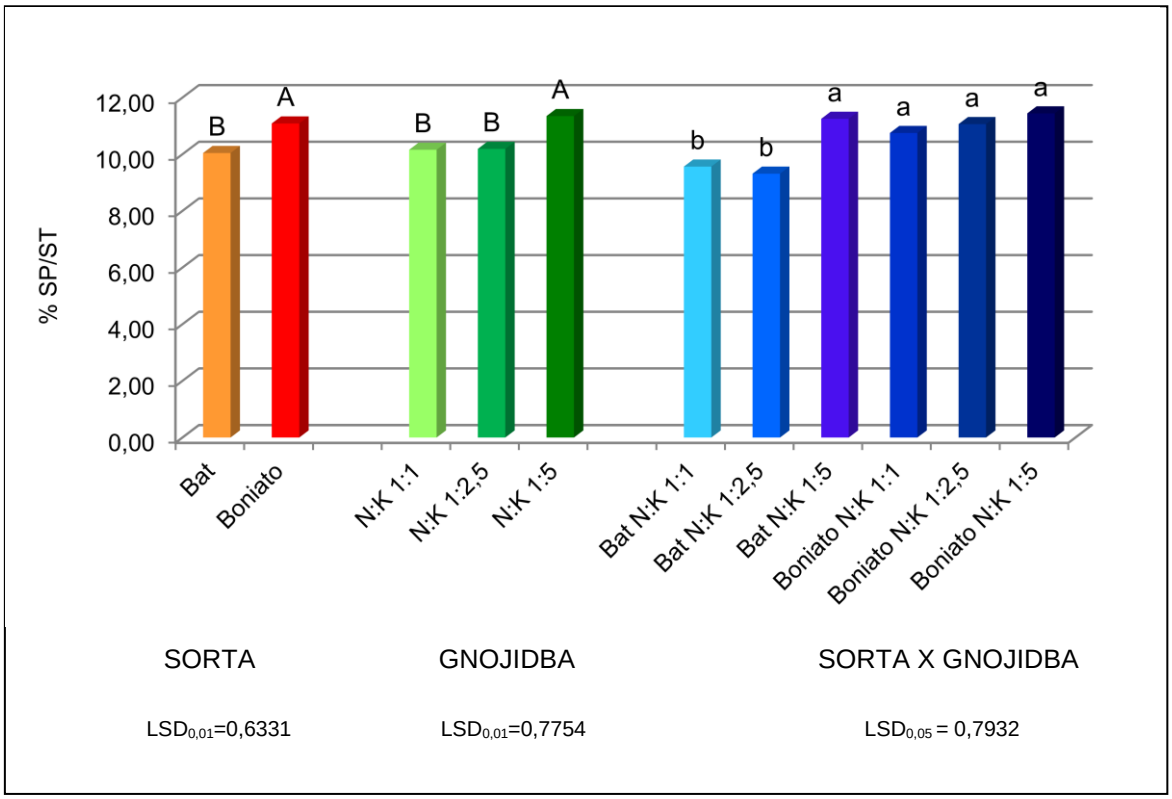
Obje sorte su kod veće razine gnojidbe u interakciji sa sortom imale veći udio sirovih proteina u korijenu. Opravdano najveći udio sirovih proteina zabilježen je u drugoj godini kod sorte 'Boniato' pri višoj razini gnojidbe. U drugoj godini istraživanja zabilježena je značajna razlika u udjelu sirovih proteina između sorti i različitih nivoa gnojidbe na razini signifikantnosti $p \leq 0,01$, dok je kod interakcije sorte i gnojidbe utvrđena opravdana razlika na razini signifikantnosti $p \leq 0,05$.

Prosječan udio sirovih proteina u korijenu u prvoj godini istraživanja (grafikon 20) kod sorte 'Bat' iznosio je 9,55 % SP/ST, kod kontrolne gnojidbe 9,18 % SP/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio sirovih proteina u korijenu iznosio 9,66 % SP/ST, a kod veće razine gnojidbe 9,81 % SP/ST. Sorta 'Boniato' u prvoj godini istraživanja ostvarila je prosječan udio sirovih proteina u korijenu 9,56 % SP/ST, u kontrolnoj gnojidbi 8,56 % SP/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio sirovih proteina u korijenu iznosio 10,44 % SP/ST, a kod veće razine gnojidbe 9,69 % SP/ST.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, ns – nije signifikantno

Grafikon 20. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio sirovih proteina u korijenu, 2008. godina



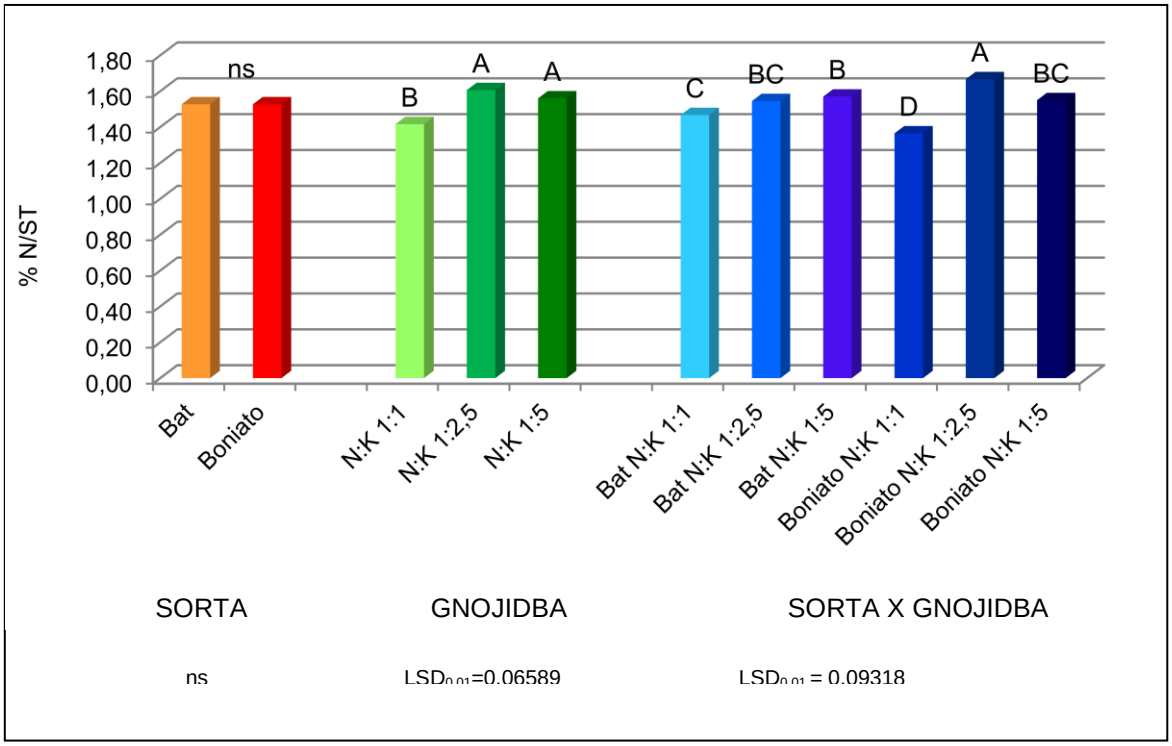
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05

Grafikon 21. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio sirovih proteina u korijenu, 2009. godina

Prosječan udio sirovih proteina u korijenu u drugoj godini istraživanja (grafikon 21) kod sorte 'Bat' iznosio je 10,04 % SP/ST, kod kontrolne gnojidbe 9,56 % SP/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio sirovih proteina u korijenu iznosio 9,31 % SP/ST, a kod veće razine gnojidbe 11,25 % SP/ST. Sorta 'Boniato' u prvoj godina istraživanja ostvarila je prosječan udio sirovih proteina u korijenu 11,09 % SP/ST, u kontrolnoj gnojidbi 10,75 % SP/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio sirovih proteina u korijenu iznosio 11,06 % SP/ST, a kod veće razine gnojidbe 11,44 % SP/ST. Obje sorte su kod rastuće količine gnojiva ostvarile veći udio sirovih proteina u korijenu.

4.2.3. Dušik

Prema grafikonima 22 i 23 u obje godine istraživanja utvrđena je opravdana razlika u udjelu ukupnog dušika u korijenu. U prvoj godini nije zabilježena opravdana razlika u udjelu ukupnog dušika između sorti, ali je utvrđena značajna razlika kod različitih nivoa gnojidbe i interakcije sorte i gnojidbe na razini signifikantnosti p≤ 0,01. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe u interakciji sa sortom imale veći udio ukupnog dušika u korijenu.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, ns – nije signifikantno

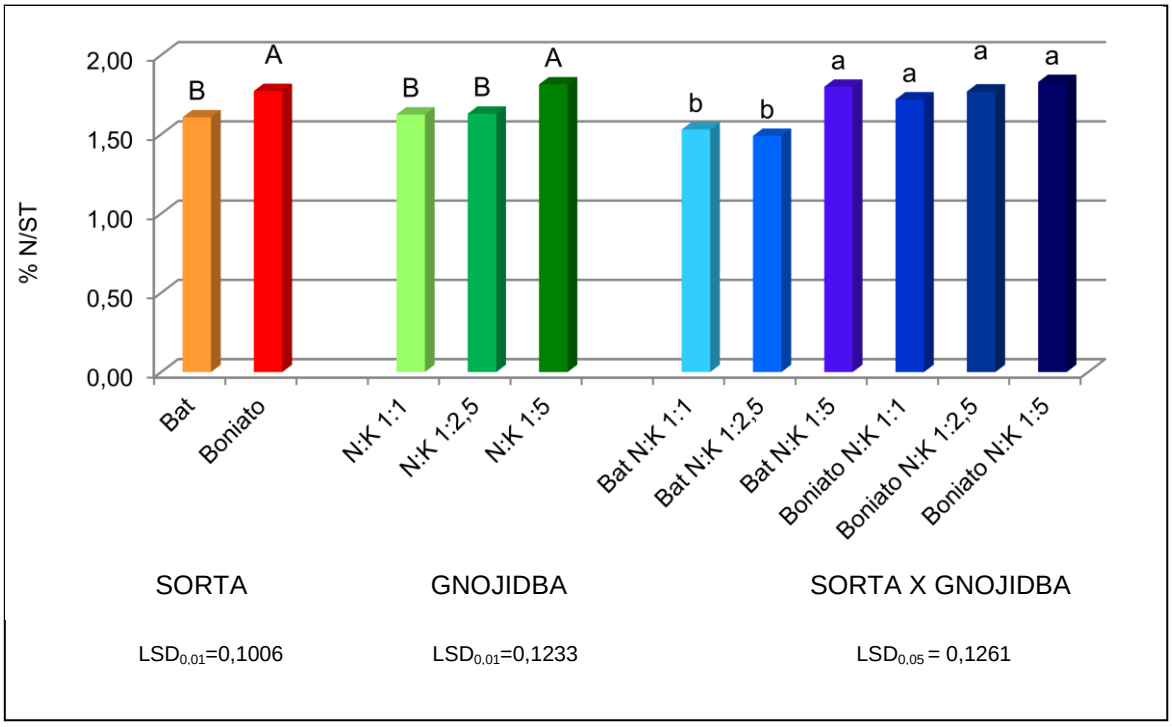
Grafikon 22. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnog N u korijenu, 2008. godina

Opravdano najveći udio ukupnog dušika u korijenu zabilježen je u drugoj godini istraživanja kod sorte 'Boniato' pri višoj razini gnojidbe. U drugoj godini je zabilježena značajna razlika u udjelu ukupnog dušika između sorti i različitih nivoa gnojidbe na razini

signifikantnosti p≤ 0,01, dok je kod interakcije sorte i gnojidbe utvrđena opravdana razlika na razini signifikantnosti p≤ 0,05.

Prosječan udio ukupnog dušika u korijenu u prvoj godini istraživanja (grafikon 22) kod sorte 'Bat' iznosio je 1,53 % N/ST, kod kontrolne gnojidbe 1,47 % N/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio ukupnog dušika u korijenu iznosio 1,55 % N/ST, a kod veće razine gnojidbe 1,57 % N/ST. Sorta 'Boniato' u prvoj godina istraživanja ostvarila je prosječan udio ukupnog dušika u korijenu 1,53 % N/ST, u kontrolnoj gnojidbi 1,37 % N/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio ukupnog dušika u korijenu iznosio 1,67 % N/ST, a kod veće razine gnojidbe 1,55 % N/ST.

Prosječan udio ukupnog dušika u korijenu u drugoj godini istraživanja (grafikon 23) kod sorte 'Bat' iznosio je 1,61 % N/ST, kod kontrolne gnojidbe 1,53 % N/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio ukupnog dušika u korijenu iznosio 1,49 % N/ST, a kod veće razine gnojidbe 1,80 % N/ST. Sorta 'Boniato' u drugoj godina istraživanja ostvarila je prosječan udio ukupnog dušika u korijenu 1,77 % N/ST, u kontrolnoj gnojidbi 1,72 % N/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio ukupnog dušika u korijenu iznosio 1,77 % N/ST, a kod veće razine gnojidbe zabilježen je najveći udio ukupnog dušik u korijenu 1,83 % N/ST.

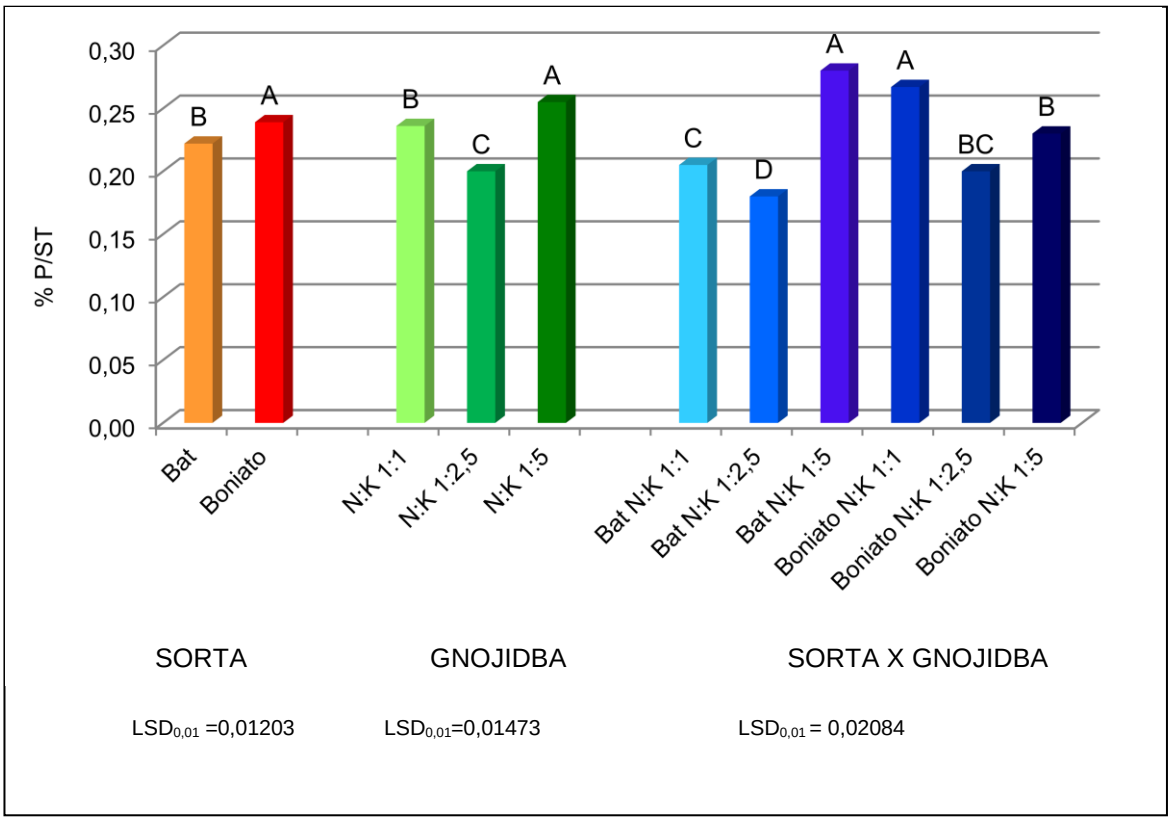


Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05

Grafikon 23. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnog N u korijenu, 2009. godina

4.2.4. Fosfor

Prema grafikonima 24 i 25 u obje godine istraživanja utvrđena je opravdana razlika u udjelu fosfora u korijenu. U prvoj godini zabilježena je značajna razlika u udjelu fosfora između sorti, kod različitih nivoa gnojidbe i interakcije sorte i gnojidbe na razini signifikantnosti p≤ 0,01. Sorta 'Bat' je u prvoj godini istraživanja imala najveći udio fosfora kod povećane gnojidbe, dok je u drugoj godini istraživanja najveći udio utvrđen kod kontrolne gnojidbe. Sorta 'Boniato' je najveći udio fosfora u prvoj godini imala kod kontrolne gnojidbe, dok je u drugoj godini najveći udio fosfora ostvaren pri većoj razini gnojidbe.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

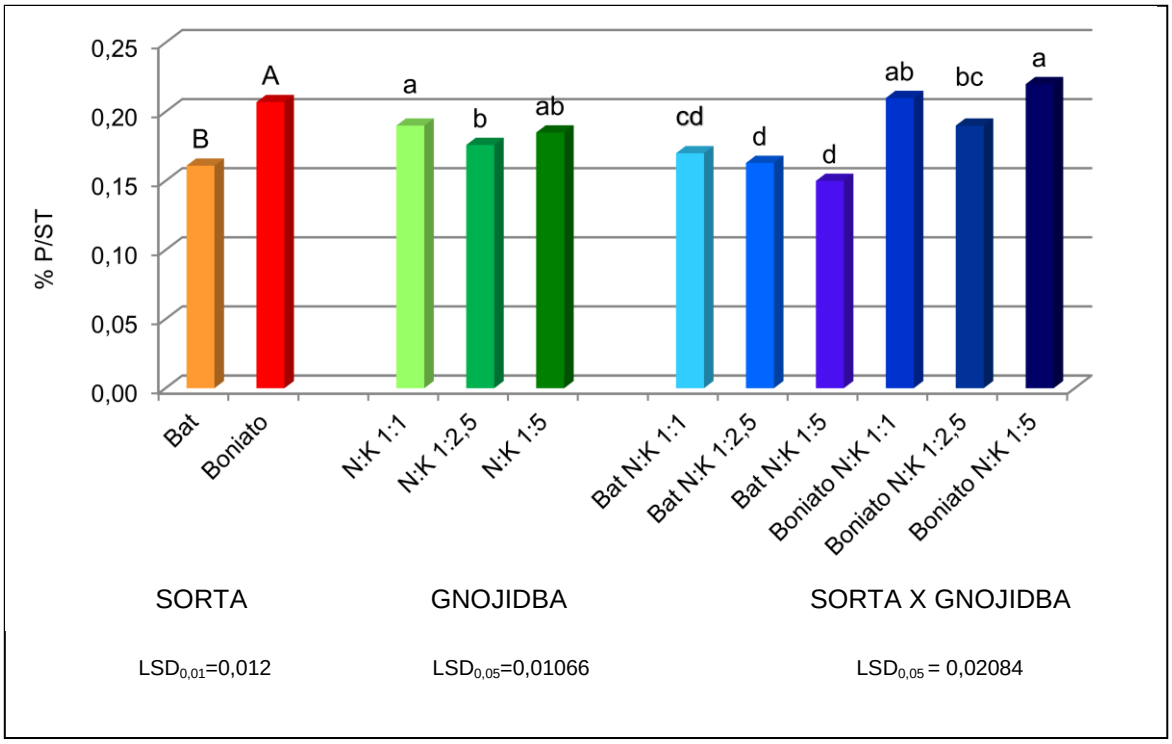
Grafikon 24. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio P u korijenu, 2008. godina

Opravdano najveći udio fosfora u korijenu zabilježen je u prvoj godini istraživanja kod sorte 'Bat' pri višoj razini gnojidbe. U drugoj godini zabilježena je značajna razlika u udjelu fosfora između sorti na razini signifikantnosti p≤ 0,01, dok je kod različitih nivoa gnojidbe i interakcije sorte i gnojidbe utvrđena opravdana razlika na razini signifikantnosti p≤ 0,05. Prosječan udio fosfora u korijenu u prvoj godini istraživanja (grafikon 24) kod sorte 'Bat' iznosio je 0,22 % P/ST, kod kontrolne gnojidbe 0,21 % P/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio fosfora u korijenu iznosio 0,18 % P/ST, a kod veće razine gnojidbe 0,28 %

P/ST. Sorta 'Boniato' u prvoj godini istraživanja ostvarila je prosječan udio fosfora u korijenu 0,24 % P/ST, u kontrolnoj gnojidbi 0,27 % P/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio fosfora u korijenu iznosio 0,22 % P/ST, a kod veće razine gnojidbe 0,23 % P/ST.

Prosječan udio fosfora u korijenu u drugoj godini istraživanja (grafikon 25) kod sorte 'Bat' iznosio je 0,16 % P/ST, kod kontrolne gnojidbe 0,17 % P/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio fosfora u korijenu iznosio 0,16 % P/ST, a kod veće razine gnojidbe 0,15 % P/ST. Sorta 'Boniato' u drugoj godini istraživanja ostvarila je prosječan udio fosfora u korijenu 0,21 % P/ST, u kontrolnoj gnojidbi 0,21 % P/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio fosfora u korijenu iznosio 0,19 % P/ST, a kod veće razine gnojidbe zabilježen je najveći udio fosfora u korijenu 0,22 % P/ST.

Udio navedenog biogenog elementa u prvog godini istraživanja bio je znatno veći (0,18 do 0,28 % P/ST) u odnosu na drugu godinu istraživanja, kada su se kod različitih razina gnojidbe udio fosfora kretao od 0,15 do 0,22 % P/ST.



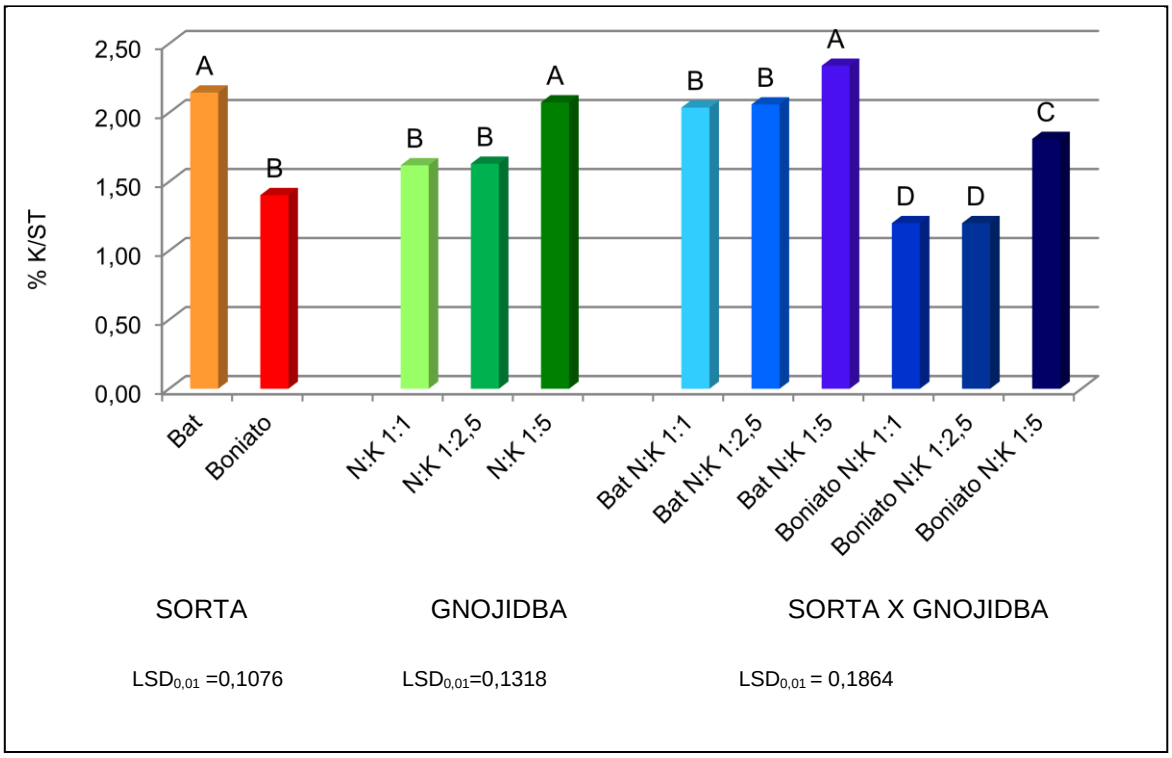
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 25. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio P u korijenu, 2009. godina

4.2.5. Kalij

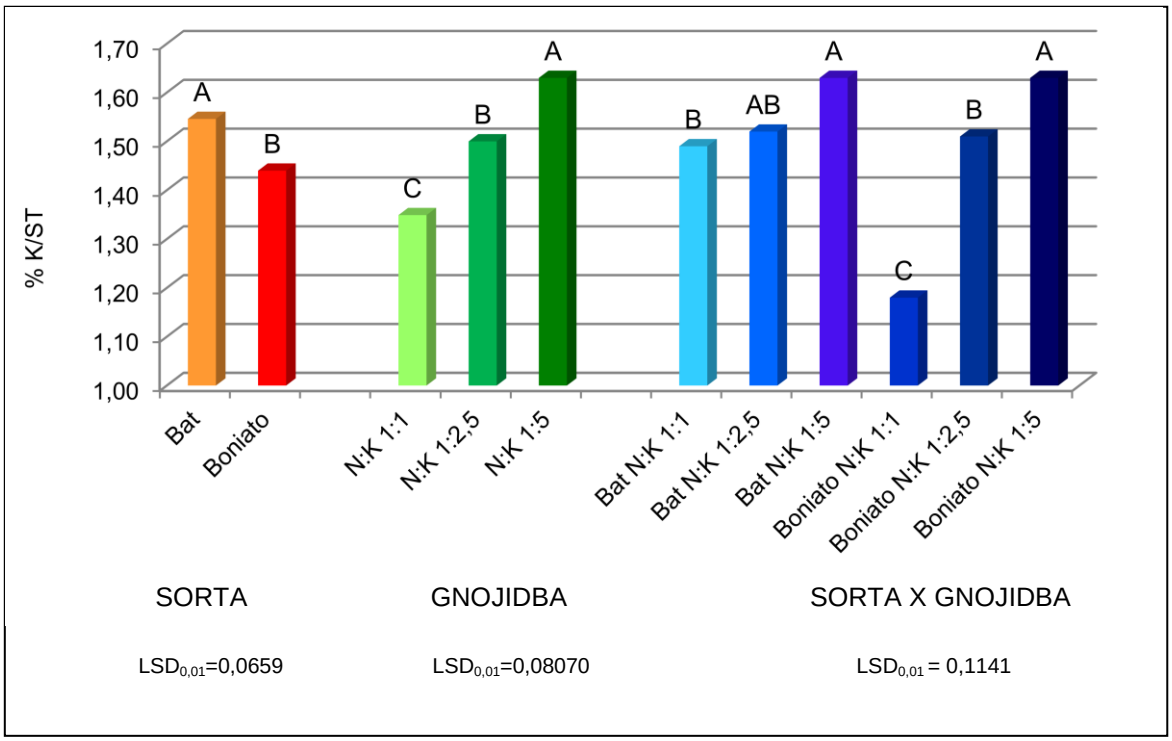
Prema grafikonima 26 i 27 u obje godine istraživanja utvrđena je značajna razlika u udjelu kalija u korijenu. U obje godine zabilježena je značajna razlika u udjelu kalija između sorti, kod različitih nivoa gnojidbe i interakcije sorte i gnojidbe na razini signifikantnosti p≤ 0,01. Sorta 'Bat' je u prvoj godini istraživanja imala najveći udio kalija kod povećane gnojidbe, dok je u drugoj godini istraživanja najveći udio kalija bio jednak kod obje sorte pri rastućoj gnojidbi. Obje sorte su kod rastuće gnojidbe ostvarile značano veći udio kalija u korijenu u obje godine istraživanja.

Prosječan udio kalija u korijenu u prvoj godini istraživanja (grafikon 26) kod sorte 'Bat' iznosio je 2,15 % K/ST, kod kontrolne gnojidbe 2,04 % K/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio kalija u korijenu iznosio 2,06 % K/ST, a kod veće razine gnojidbe 2,34 % K/ST. Sorta 'Boniato' u prvoj godini istraživanja ostvarila je prosječan udio kalija u korijenu 1,40 % K/ST, u kontrolnoj gnojidbi 1,20 % K/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio kalija u korijenu iznosio isto 1,20 % K/ST, a kod veće razine gnojidbe 1,81 % K/ST.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 26. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio K u korijenu, 2008. godina



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

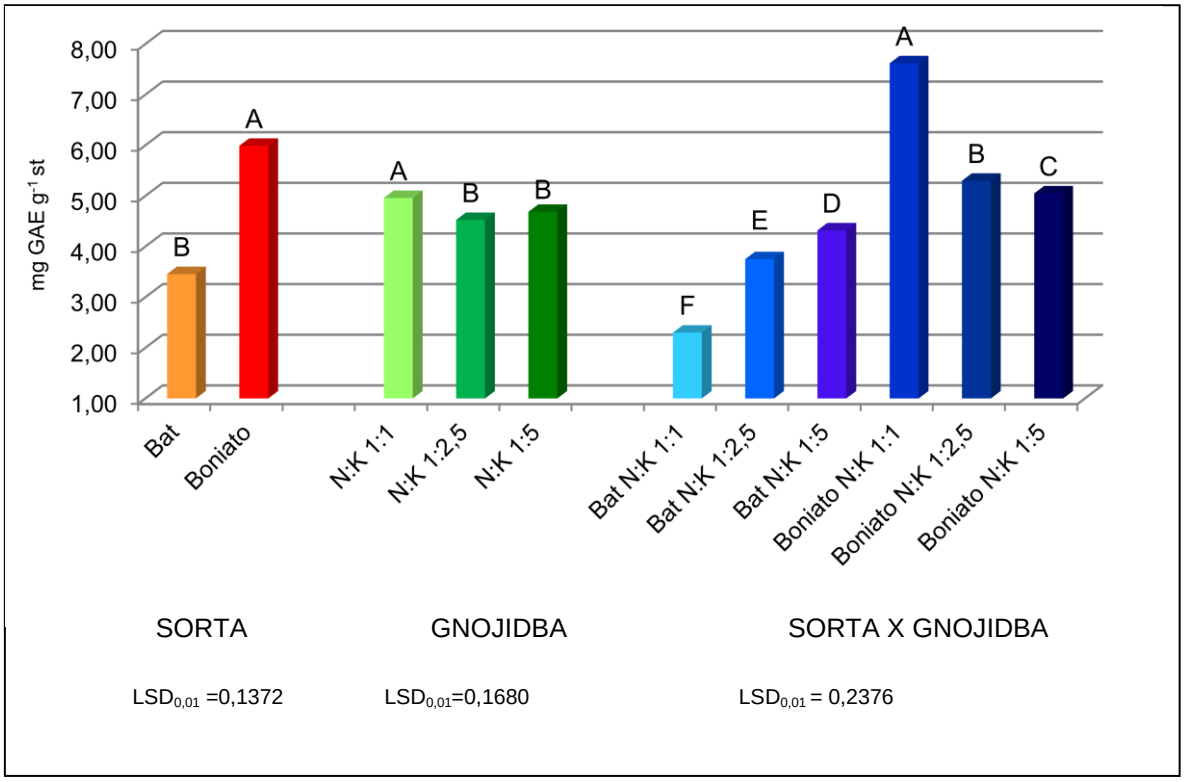
Grafikon 27. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio K u korijenu, 2009. godina

Prosječan udio kalija u korijenu u drugoj godini istraživanja (grafikon 27) kod sorte 'Bat' iznosio je 1,55 % K/ST, kod kontrolne gnojidbe 1,49 % K/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio kalija u korijenu iznosio 1,52 % K/ST, a kod veće razine gnojidbe 1,63 % K/ST. Sorta 'Boniato' u drugoj godini istraživanja ostvarila je prosječan udio kalija u korijenu 1,44 % K/ST, u kontrolnoj gnojidbi 1,18 % K/ST, dok je kod niže razine gnojidbe udio kalija u korijenu iznosio 1,51 % K/ST, a kod veće razine gnojidbe 1,63 % K/ST. Udio navedenog biogenog elementa u prvog godini istraživanja bio je znatno veći (1,20 do 2,34 % K/ST) u odnosu na drugu godinu istraživanja, kada su se kod različitih razina gnojidbe udio kalija kretao od 1,18 do 1,63 % K/ST.

4.2.6. Polifenoli

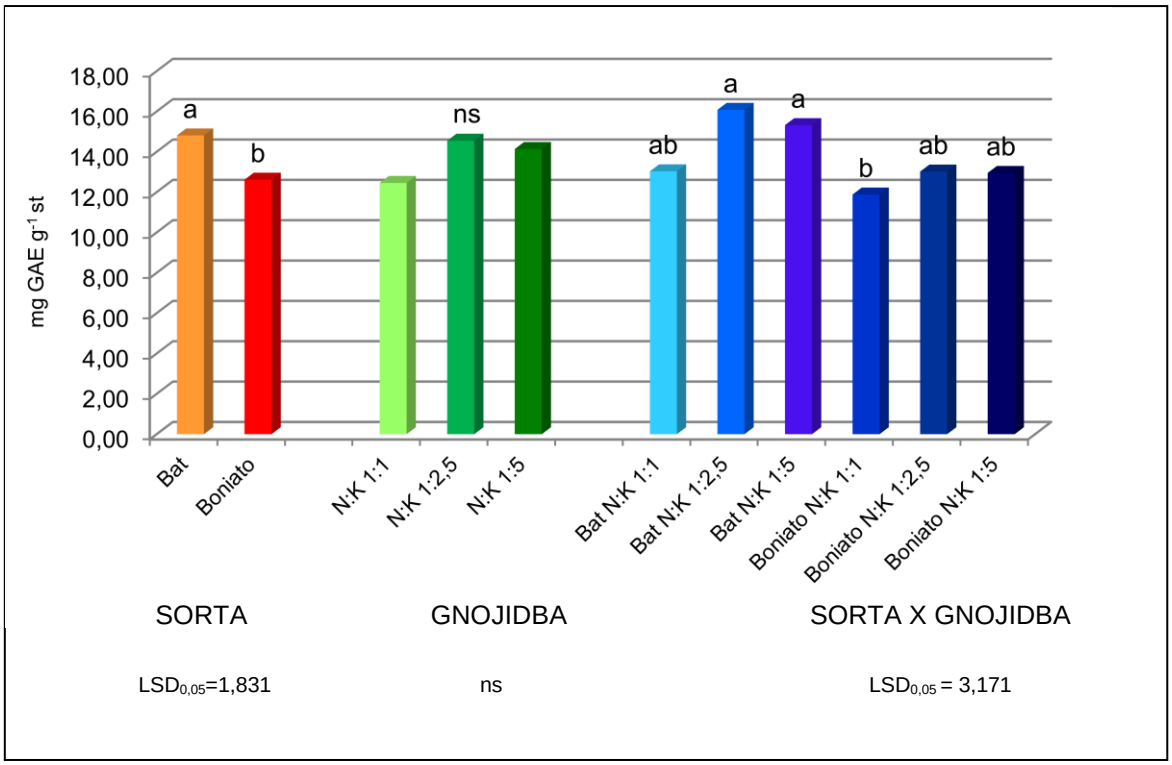
Udio ukupnih polifenolnih spojeva u korijenu određen je kvantitativnom metodom u reakciji s Folin-Ciocalteau reagensom, a rezultati su izraženi u mg GAE g^{-1} st. Prema grafikonima 28 i 29 u obje godine istraživanja utvrđena je značajna razlika u udjelu ukupnih polifenola u korijenu između sorti, različitih nivoa gnojidbe i njihove interakcije, na razini signifikantnosti p≤ 0,01. Sorta 'Bat' je pri većoj razini gnojidbe u interakciji sa sortom imala veći udio ukupnih polifenola u korijenu, dok je sorta 'Boniato' u prvoj godini imala manju vrijednost, a u drugoj godini ostvarila je veću vrijednost udjela ukupnih polifenola u korijenu kod veće razine gnojidbe. Značajno veće vrijednosti udjela ukupnih polifenola u korijenu

ostvarene su udrugoj godini kod obje sorte. Opravdano najveća vrijednost udjela ukupnih polifenola u korijenu zabilježena je u drugoj godini istraživanja kod sorte 'Boniato' pri višoj razini gnojidbe. U prvoj godini istraživanja prosječna vrijednost udjela ukupnih polifenola u korijenu (grafikon 28) kod sorte 'Bat' iznosila je 3,46 mg GAE g^{-1} st, kod kontrolne gnojidbe 2,30 mg GAE g^{-1} st, dok je kod niže razine gnojidbe vrijednost udjela ukupnih polifenola u korijenu iznosila je 3,75 mg GAE g^{-1} st, a kod veće razine gnojidbe 4,32 mg GAE g^{-1} st. Sorta 'Boniato' u prvoj godina istraživanja ostvarila je prosječnu vrijednost udjela ukupnih polifenola u korijenu 5,99 mg GAE g^{-1} st, u kontrolnoj gnojidbi 7,62 mg GAE g^{-1} st, dok je kod niže razine gnojidbe vrijednost udjela ukupnih polifenola u korijenu iznosila 5,30 mg GAE g^{-1} st, a kod više razine gnojidbe 5,05 mg GAE g^{-1}st. U drugoj godini istraživanja zabilježene su značajno više prosječne vrijednosti udjela ukupnih polifenola u korijenu (grafikon 29) kod sorte 'Bat' 14,81 mg GAE g^{-1} st, kod kontrolne gnojidbe 13,03 mg GAE g^{-1} st, dok je kod niže razine gnojidbe udio ukupnih polifenola u korijenu iznosio 16,08 mg GAE g^{-1} st, a kod veće razine gnojidbe 15,32 mg GAE g^{-1} st. Sorta 'Boniato' u drugoj godini istraživanja ostvarila je prosječnu vrijednost udjela ukupnih polifenola u korijenu 12,62 mg GAE g^{-1} st, u kontrolnoj gnojidbi 11,88 mg GAE g^{-1} st, dok je kod niže razine gnojidbe udio ukupnih polifenola u korijenu bio 13,02 mg GAE g^{-1} st, a kod veće razine gnojidbe udio ukupnih polifenola u korijenu iznosio je 12,95 mg GAE g^{-1} st.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 28. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnih polifenola u korijenu, 2008. godina



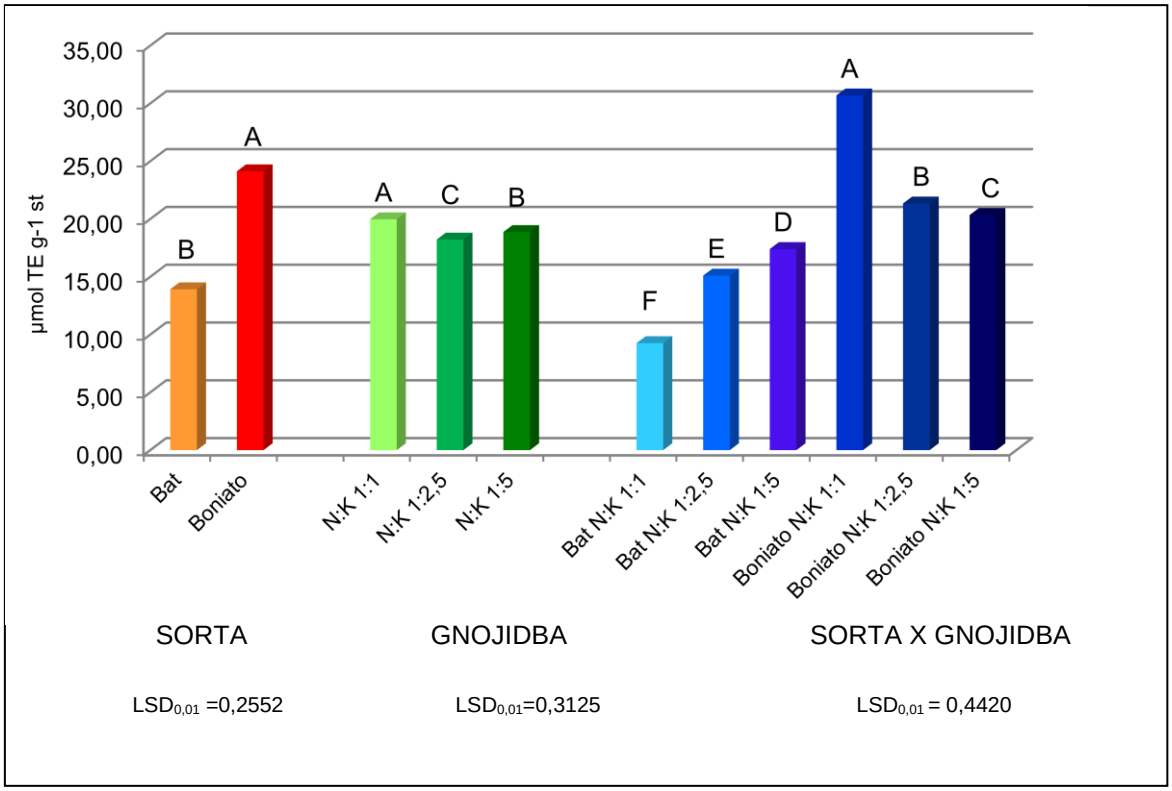
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (a) p≤ 0,05, ns- nije signifikantno

Grafikon 29. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na udio ukupnih polifenola u korijenu, 2009. godina

4.2.7. Antioksidacijska aktivnost korijena

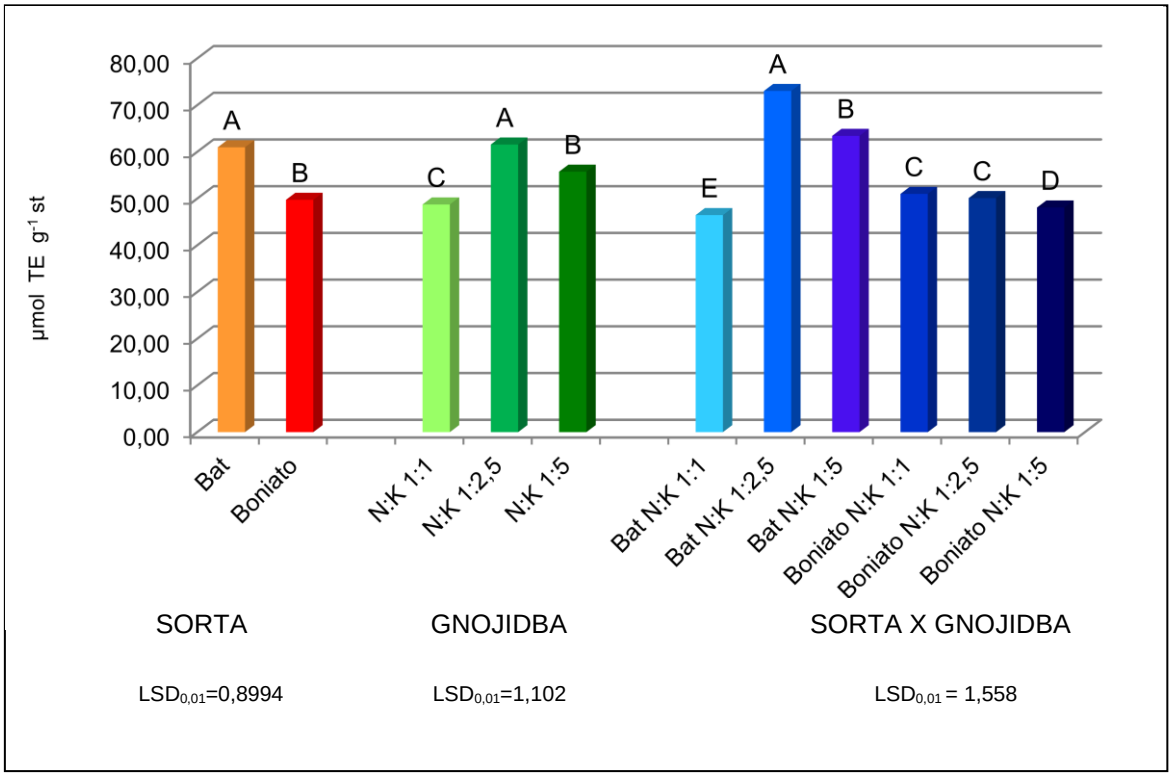
Rezultati određivanja antioksidacijske aktivnosti utvrđeni su ORAC metodom radi određivanja antioksidacijskog kapaciteta uzoraka korijena praćenjem inhibicije djelovanja slobodnog radikala AAPH na fluorescentni spoj fluorescein. Rezultati su izraženi u ekvivalentima Troloxa, tj. kao μmol TE g^{-1} st. U grafikonima 28 i 29 prikazan je utjecaj sorte i gnojidbe na antioksidacijsku aktivnost korijena batata.

Prema grafikonima 30 i 31 u obje godine istraživanja utvrđena je značajna razlika u antioksidacijskoj aktivnosti korijena između sorti, različitih nivoa gnojidbe i interakcije, na razini signifikantnosti p≤ 0,01. Sorta 'Bat' je pri većoj razini gnojidbe u interakciji sa sortom imala veću antioksidacijsku aktivnosti korijena, dok je sorta 'Boniato' imala manju vrijednost antioksidacijske aktivnosti korijena kod veće razine gnojidbe. Značajno veće vrijednosti antioksidacijske aktivnost korijena ostvarene su u drugoj godini kod obje sorte. Opravdano najveća vrijednost antioksidacijske aktivnosti korijena zabilježena je u drugoj godini istraživanja kod sorte 'Boniato' pri višoj razini gnojidbe.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 30. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na antioksidacijsku aktivnost korijena, 2008. godina



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 31. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na antioksidacijsku aktivnost korijena, 2009. godina

U prvoj godini istraživanja prosječna antioksidacijska aktivnost korijena (grafikon 30) kod sorte 'Bat' iznosila je 13,92 μmol TE g^{-1} st, kod kontrolne gnojidbe 9,26 μmol TE g^{-1} st, dok je kod niže razine gnojidbe antioksidacijska aktivnost korijena iznosila 15,10 μmol TE g^{-1} st i kod veće razine gnojidbe 17,40 μmol TE g^{-1} st. Sorta 'Boniato' u prvoj godini istraživanja ostvarila je prosječnu vrijednost antioksidacijske aktivnosti korijena 24,12 μmol TE g^{-1} st, u kontrolnoj gnojidbi 30,69 μmol TE g^{-1} st, dok je kod niže razine gnojidbe antioksidacijska aktivnost korijena iznosila 21,34 μmol TE g^{-1} st, a kod više razine gnojidbe 20,34 μmol TE g^{-1} st .

U drugoj godini istraživanja zabilježene su značajno više prosječne vrijednosti antioksidacijske aktivnosti korijena (grafikon 31) kod sorte 'Bat' 60,97 μmol TE g^{-1} st, kod kontrolne gnojidbe 46,46 μmol TE g^{-1} st, dok je kod niže razine gnojidbe antioksidacijska aktivnost korijena iznosila isto 73,03 μmol TE g^{-1} st, a kod veće razine gnojidbe 63,42 μmol TE g^{-1} st. Sorta 'Boniato' u drugoj godina istraživanja ostvarila je prosječnu vrijednost antioksidacijske aktivnost korijena 49,73 μmol TE g^{-1} st, u kontrolnoj gnojidbi 51,00 μmol TE g^{-1} st, dok je kod niže razine gnojidbe antioksidacijska aktivnost korijena bila 50,10 μmol TE g^{-1} st, a kod veće razine gnojidbe antioksidacijska aktivnost korijena iznosila je 48,08 μmol TE g^{-1} st.

4.3. Morfološka svojstva nadzemnog dijela

Trideset i šezdeset dana nakon sadnje obavljena su morfometrijska mjerenja, radi utvrđivanja utjecaja sorte, gnojidbe i njihove interakcije na formiranje duljine i broja vriježa, broja listova, indeksa lisne površine (ILP) i relativne stope rasta (RSR).

Rezultati analize varijance za morfološka svojstva nadzemnog biljnog dijela u obje godine istraživanja trideset dana nakon sadnje (DNS) prikazani su u tablici 20. U obje godine istraživanja trideset DNS, analizom varijance utvrđen je značajan utjecaj gnojidbe i njihove interakcije na duljinu vriježe, broj vriježa, broj listova te indeks lisne površine. Suprotno tomu, u obje godine istraživanja nije zabilježen značajan utjecaj sorte na broj vriježa trideset DNS.

Tablica 20. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na duljinu i broj vrježa, broj listova po biljci i indeks lisne površine (trideset DNS)

Svojstvo	**Duljina vrježe *cm***		**Broj vrježa**		**Broj listova**		**ILP cm²**	
	2008.	2009.	2008.	2009.	2008.	2009.	2008.	2009.
Sorta	Sorta							
Bat	**	**	ns	ns	**	**	**	**
Boniato	**	**	ns	ns	**	**	**	**
Gnojidba	Gnojidba							
N:K -1:1	**	**	*	**	**	**	**	**
N:K - 1:2,5	**	**	*	**	**	**	**	**
N:K -1:5	**	**	*	**	**	**	**	**
Interakcija	Sorta x gnojidba							
Bat × N:K -1:1	*	*	*	*	**	**	**	**
Bat × N:K - 1:2,5	*	*	*	*	**	**	**	**
Bat × N:K - 1:5	*	*	*	*	**	**	**	**
Boniato × N:K -1:1	*	*	*	*	**	**	**	**
Boniato × N:K - 1:2,5	*	*	*	*	**	**	**	**
Boniato × N:K - 1:5	*	*	*	*	**	**	**	**

Razine statističke značajnosti: **p≤ 0,01, *p≤ 0,05, ns – nije signifikantno

Rezultati analize varijance za morfometrijska mjerenja šedeset dana nakon sadnje (DNS) u obje godine istraživanja prikazani su u tablici 21. U obje godine istraživanja šezdeset DNS, rezultati analize varijance bili su različiti u odnosu na mjerenja trideset DNS.

Analizom varijance utvrđen je značajan utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na duljinu vrježe, broj vrježa, broj listova te indeks lisne površine u drugoj godini istraživanja. U prvoj godini istraživanja nije zabilježena signifikantna razlika kod utjecaja sorte na duljinu i broj vrježa, kao i kod utjecaja gnojidbe na promatrana morfometrijska svojstva.

Tablica 21. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na duljinu i broj vrježa, broj listova po biljci i indeks lisne površine (šezdeset DNS)

Svojstvo	**Duljina vrježe** cm		**Broj vrježa**		**Broj listova**		**ILP** cm²	
	2008.	2009.	2008.	2009.	2008.	2009.	2008.	2009.
Sorta	Sorta							
Bat	ns	**	ns	**	**	**	**	**
Boniato	ns	**	ns	**	**	**	**	**
Gnojidba	Gnojidba							
N:K -1:1	ns	**	ns	*	ns	**	ns	*
N:K - 1:2,5	ns	**	ns	*	ns	**	ns	*
N:K -1:5	ns	**	ns	*	ns	**	ns	*
Interakcija	Sorta x gnojidba							
Bat × N:K -1:1	*	*	*	*	*	*	*	*
Bat × N:K - 1:2,5	*	*	*	*	*	*	*	*
Bat × N:K - 1:5	*	*	*	*	*	*	*	*
Boniato × N:K -1:1	*	*	*	*	*	*	*	*
Boniato × N:K - 1:2,5	*	*	*	*	*	*	*	*
Boniato × N:K - 1:5	*	*	*	*	*	*	*	*

Razine statističke značajnosti: **p≤ 0,01, *p≤ 0,05, ns – nije signifikantno

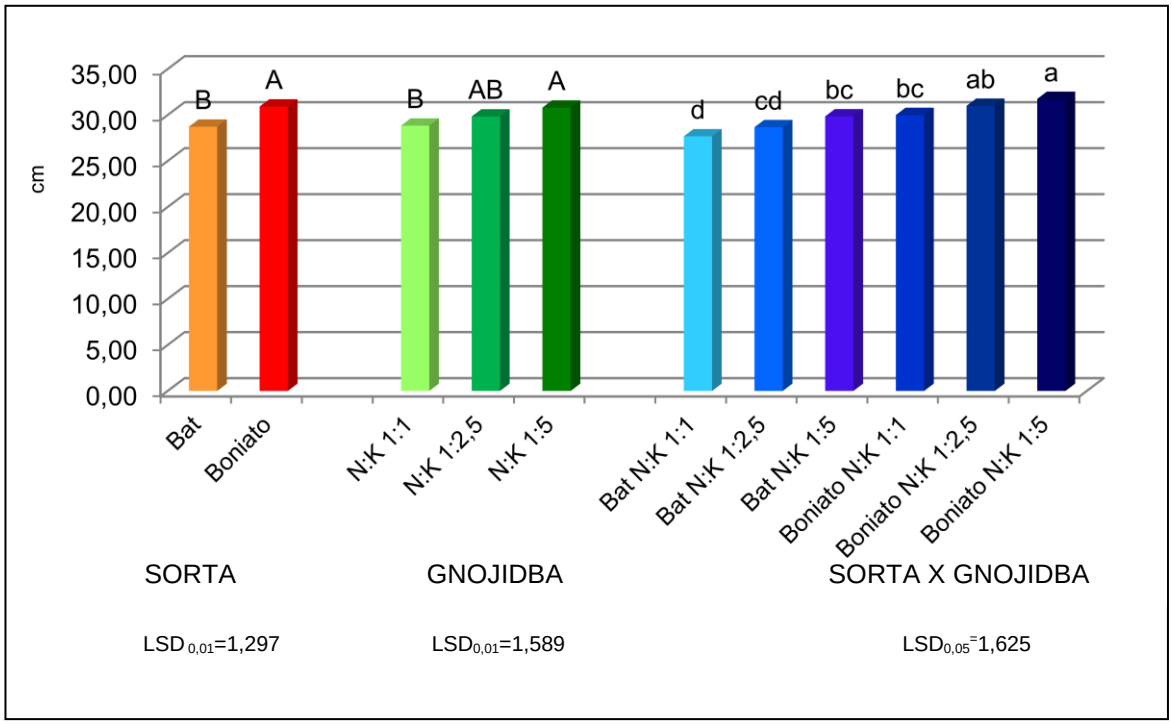
4.3.1. Duljina vrježe

Duljina vrježe, trideset DNS

U prvoj godini istraživanja (grafikon 32) prosječna duljina vrježe trideset DNS kod sorte 'Bat' je bila 28,7 cm, dok je kod kontrolne gnojidbe (N:K 1:1) iznosila 27,7 cm, pri nižoj razini gnojidbe (N:K 1:2,5) je bila 28,7 cm, a kod veće razine gnojidbe (N:K 1:5) iznosila je 29,9 cm. Prosječna duljina vrježe kod sorte 'Boniato' u prvoj godini istraživanja je bila 30,9 cm, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosila 30,0 cm, pri nižoj razini gnojidbe 31 cm, a pri većoj razini gnojidbe 31,8 cm.

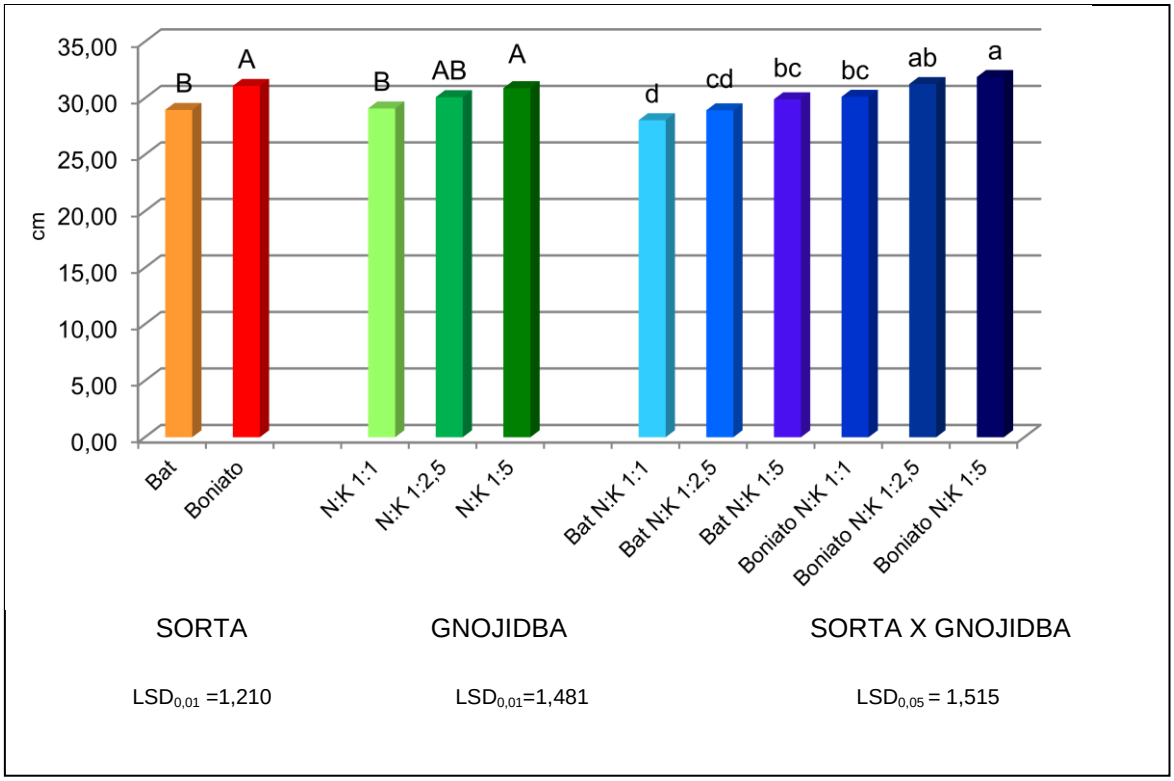
U drugoj godini istraživanja (grafikon 33) prosječna duljina vrježe kod sorte 'Bat' je bila 28,9 cm, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosila 28,1 cm, pri nižoj razini gnojidbe 28,9 cm, a kod veće razine gnojidbe 29,9 cm. Prosječna duljina vrježe kod sorte 'Boniato' u

drugoj godini istraživanja je bila 31,1 cm, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosila 30,1 cm, pri nižoj razini gnojidbe 31,2 cm, a pri većoj razini gnojidbe 31,9 cm.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤0,01, (a) p≤0,05

Grafikon 32. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na duljinu vriježe (trideset DNS), 2008. godina



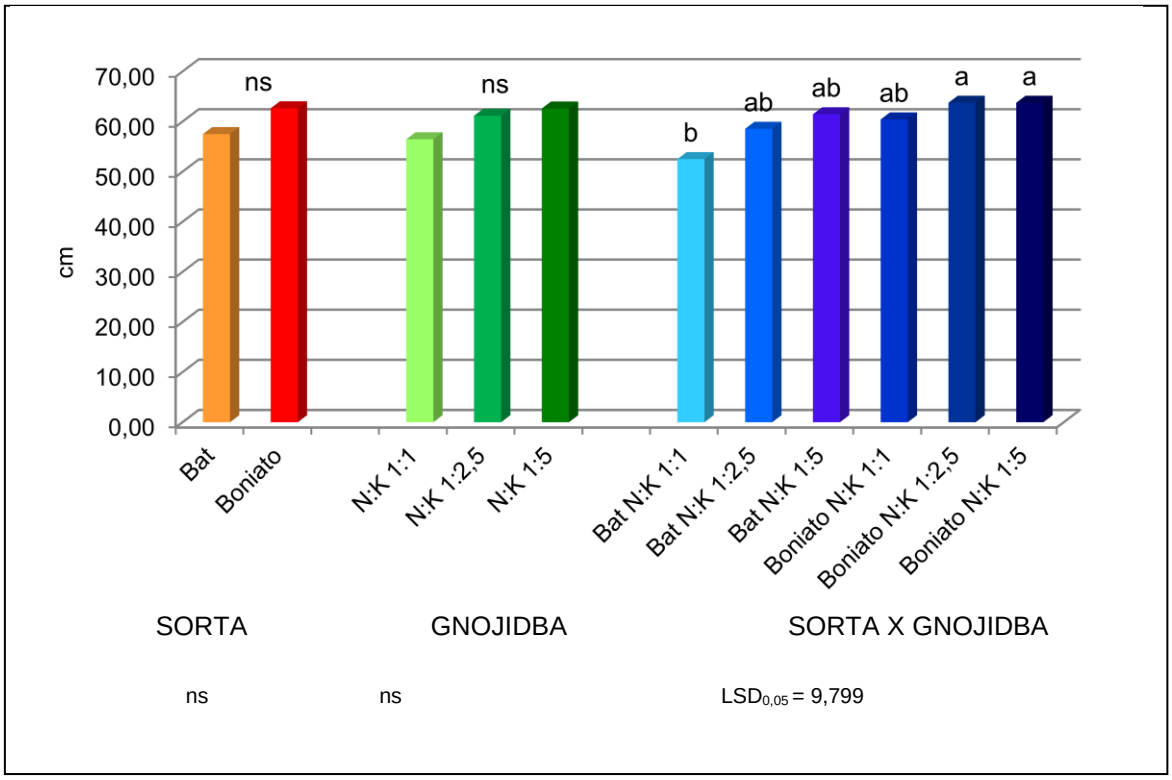
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤0,01, (a) p≤0,05

Grafikon 33. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na duljinu vriježe (trideset DNS), 2009. godina

Iz grafikonâ 32 i 33 je vidljiv utjecaj sorte i gnojdbe na duljinu vriježe trideset DNS u obje godine istraživanja, kao i utjecaj međusobne interakcije. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe imale veću duljinu vriježe što se može pripisati intenzivnijem porastu zbog usvajanja dušika, pri čemu su opravdano veće vrijednosti izmjerene kod sorte 'Boniato' kao sortno svojstvo.

Duljina vriježe, šezdeset DNS

U prvoj godini istraživanja (grafikon 34) prosječna duljina vriježe šezdeset DNS kod sorte 'Bat' je bila 57,5 cm, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosila 52,5 cm, pri nižoj razini gnojidbe 58,6 cm, a kod veće razine gnojidbe 61,4 cm. Prosječna duljina vriježe kod sorte 'Boniato' u prvoj godini istraživanja je bila 62,6 cm, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosila 60,4 cm, pri nižoj razini gnojidbe 63,8 cm, a pri većoj razini gnojidbe 63,8 cm.



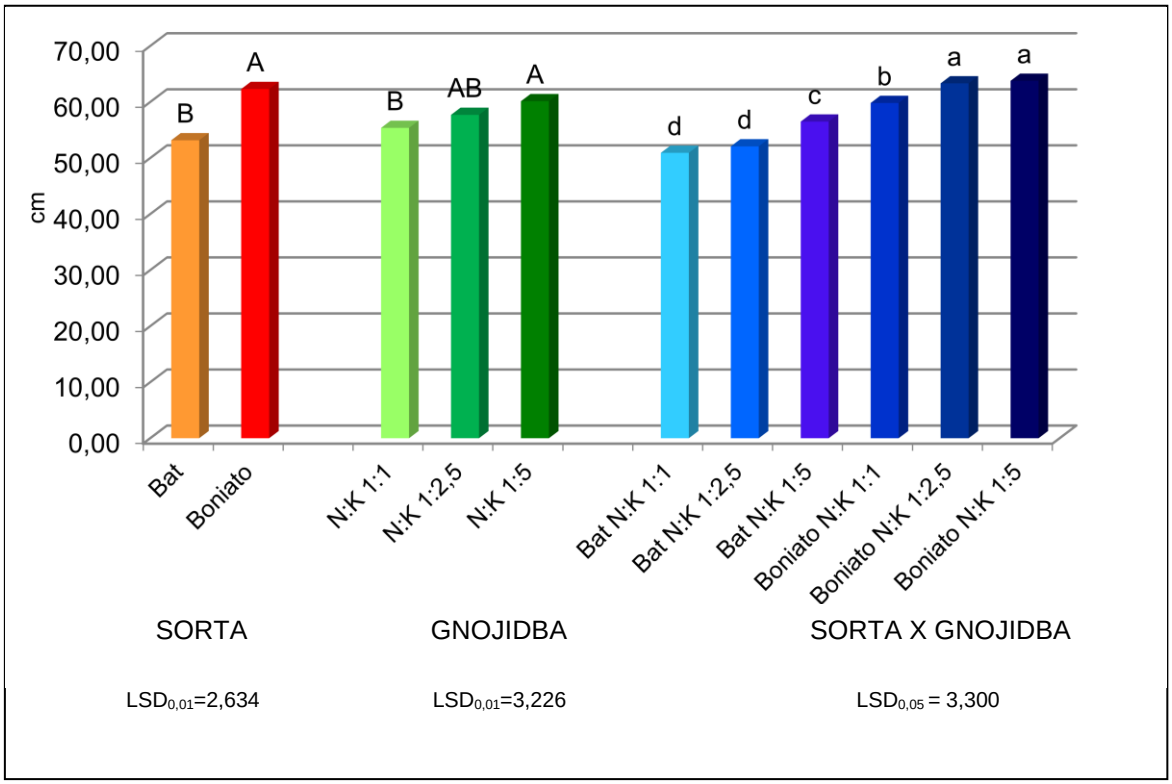
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, p≤ 0,05, ns - nije signifikantno

Grafikon 34. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na duljinu vriježe (šezdeset DNS), 2008. godina

U drugoj godini istraživanja (grafikon 35) prosječna duljina vriježe šezdeset DNS kod sorte 'Bat' je bila 53,2 cm, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosila 50,9 cm, pri nižoj razini gnojidbe 52,1 cm, a kod veće razine gnojidbe 56,5 cm. Prosječna duljina vriježe kod sorte 'Boniato' u drugoj godini istraživanja je bila 62,3 cm, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosila 59,8 cm, pri nižoj razini gnojidbe 63,3 cm te pri većoj razini gnojidbe 63,8 cm. Značajnost

razlike između duljine vriježe ispitivanih sorti rangirane su prema LSD testu na razini signifikantnosti p≤ 0,05 u 2008. i p≤ 0,01 u 2009. godini. Iz grafikona 34 je vidljiv opravdan utjecaj interakcije sorte i gnojidbe na duljinu vriježe šezdeset DNS u 2008. godini.

Grafikon 35 prikazuje značajan utjecaj sorte i gnojdbe na duljinu vriježe šezdeset DNS u 2009. godini, kao i utjecaj međusobne interakcije. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe imale veću duljinu vriježe što se može pripisati intenzivnijem porastu zbog usvajanja dušika, pri čemu su opravdano veće vrijednosti izmjerene kod sorte 'Boniato' u obje godine istraživanja.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05

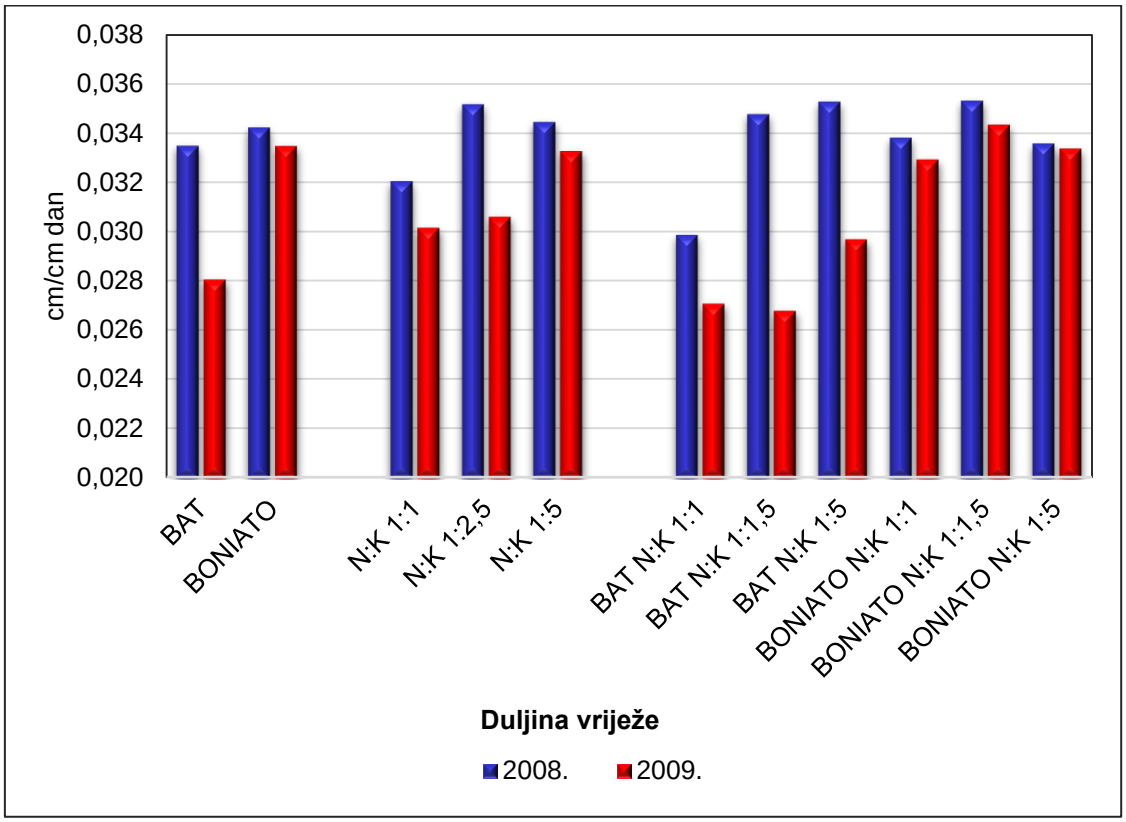
Grafikon 35. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na duljinu vriježa (šezdeset DNS), 2009. godina

Relativna stopa rasta duljine vriježe

U grafikonu 36 prikazana je relativna stopa rasta (RSR) duljine vriježe po danu. RSR je izračunata prema formuli RSR = ((promatrano morfološko svojstvo izmjereno 60 DNS – promatrano svojstvo 30 DNS)/30 dana/promatrano svojstvo 30 dana). U prvoj godini istraživanja RSR duljine vriježe je bila veća u odnosu na drugu godinu istraživanja kod promatranih sorti, različitih razina gnojidbe i njihove interakcije. Prosječna RSR duljine vriježe sorte 'Bat' iznosila je u 2008. godini 0,033 cm/cm na dan, a u 2009. godini 0,028 cm/cm na dan. Kod sorte 'Boniato' prosječna RSR duljine vriježe iznosila je 0,034 u 2008. godini i 0.033 cm/cm na dan u 2009. godini. RSR duljine vriježe kod različitih razina gnojidbe

kretala se od 0,030 do 0,035 cm/cm na dan, a rasla je s povećanjem gnojidbe.

U interakciji sorte i gnojidbe RSR kod sorte 'Bat' kretala se od 0,027 do 0,035 cm/cm na dan, dok je RSR kod interakcije sorte 'Boniato' i gnojidbe iznosila 0,033 do 0,035 cm/cm na dan. Najmanja RSR (0.027 cm/cm na dan) zabilježena je kod kontrolne gnojidbe sorte 'Bat', dok je najveća RSR (0,035 cm/cm na dan) zabilježena kod rastuće gnojidbe obje sorte.

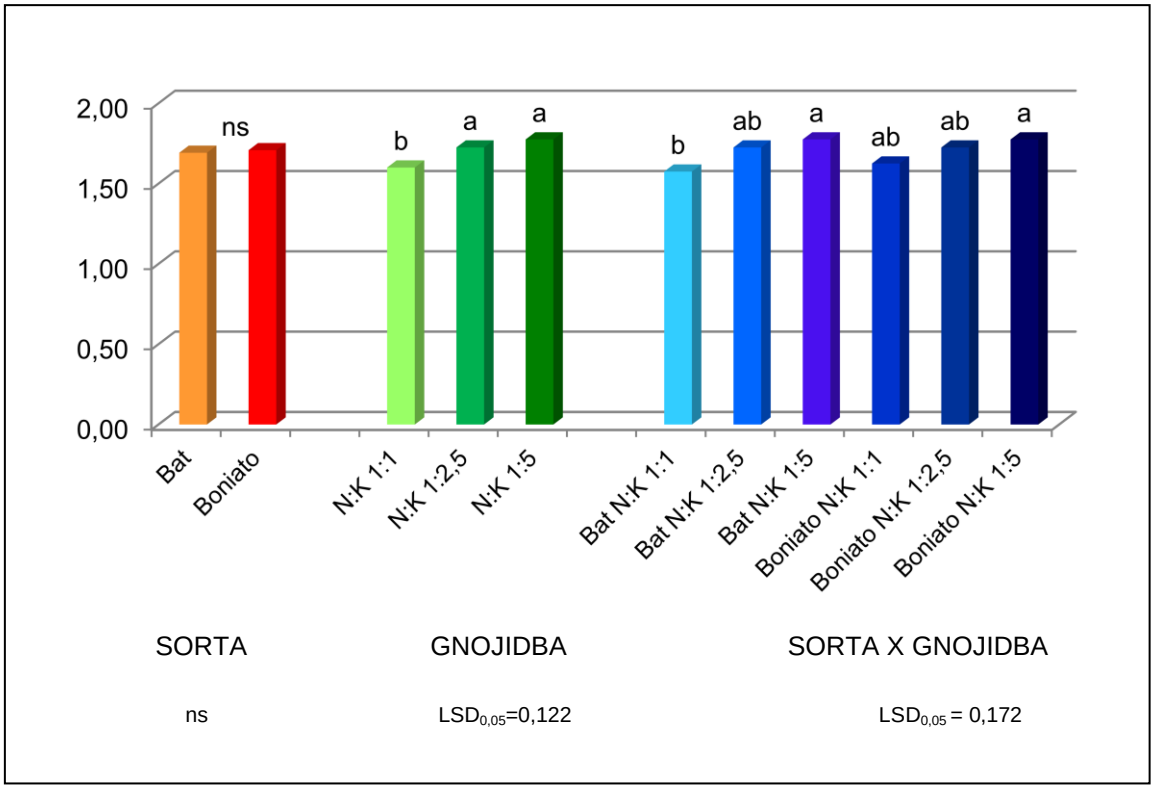


Grafikon 36. Relativna stopa rasta duljine vriježe cm/cm po danu

4.3.2. Broj vriježa

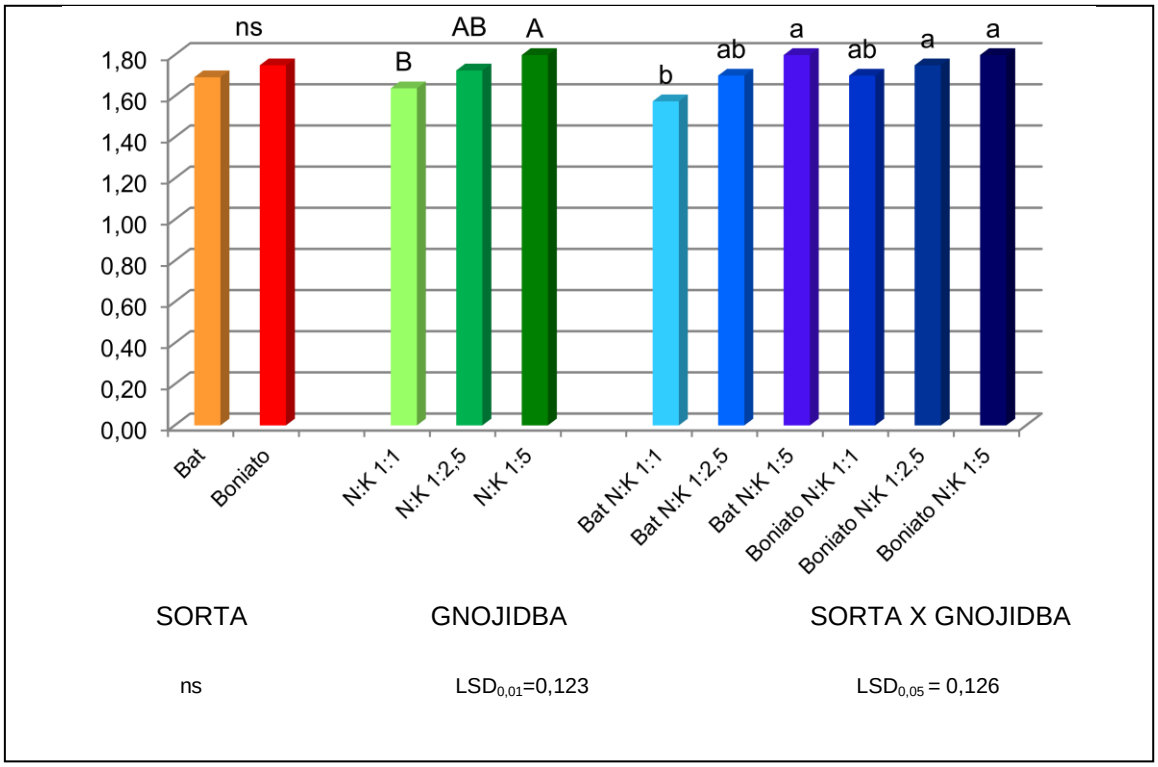
Broj vriježa, trideset DNS

U prvoj godini istraživanja trideset DNS (grafikon 37) prosječan broj vriježa kod sorte 'Bat' je bio 1,69, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 1,58, pri nižoj razini gnojidbe 1,73 te kod veće razine gnojidbe 1,78. Prosječan broj vriježa kod sorte 'Boniato' u prvoj godini istraživanja je bio 1,70, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 1,63, pri nižoj razini gnojidbe 1,73 te pri većoj razini gnojidbe 1,78.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu p≤ 0,05, ns - nije signifikantno

Grafikon 37. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj vrježa (trideset DNS), 2008. godina



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05, ns – nije signifikantno

Grafikon 38. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj vrježa (trideset DNS), 2009. godina

U drugoj godini istraživanja mjesec dana nakon sadnje (grafikon 38) prosječan broj vriježa kod sorte 'Bat' je bio 1,69, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 1,58 pri nižoj razini gnojidbe 1,70 i kod veće razine gnojidbe 1,80. Prosječan broj vriježa kod sorte 'Boniato' u drugoj godini istraživanja je bio 1,75, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 1,70, pri nižoj razini gnojidbe 1,75 a pri većoj razini gnojidbe 1,80.

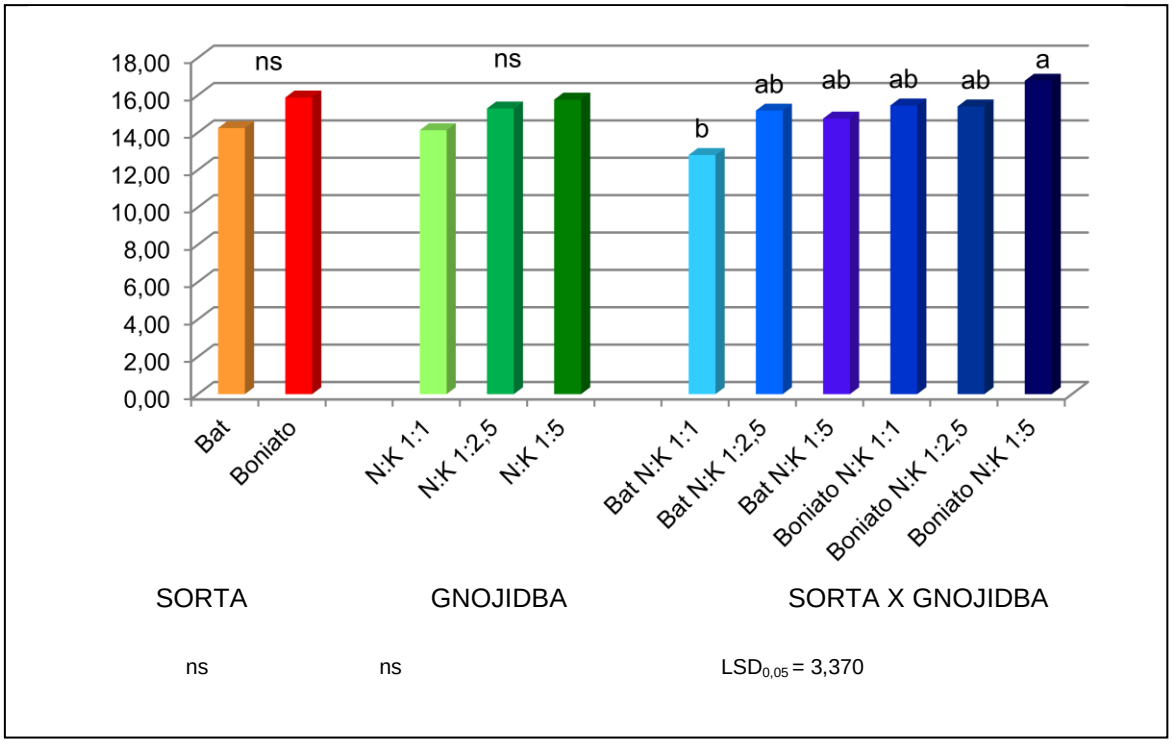
Iz grafikonâ 37 i 38 je vidljiv utjecaj sorte i gnojdbe na broj vriježa trideset DNS u obje godine istraživanja, kao i utjecaj međusobne interakcije. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe imale veći broj vriježa, dok između sorata na početku vegetacije nije zabilježena značajna razlika u broju vriježa.

Broj vriježa, šezdeset DNS

U prvoj godini istraživanja šezdeset DNS (grafikon 39) prosječan broj vriježa sorte 'Bat' je bio 14,2, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 12,8, pri nižoj razini gnojidbe 15,2 te kod veće razine gnojidbe 14,8. Prosječan broj vriježa sorte 'Boniato' u prvoj godini istraživanja je bio 15,9, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 15,5, pri nižoj razini gnojidbe 15,4 te pri većoj razini gnojidbe 16,8.

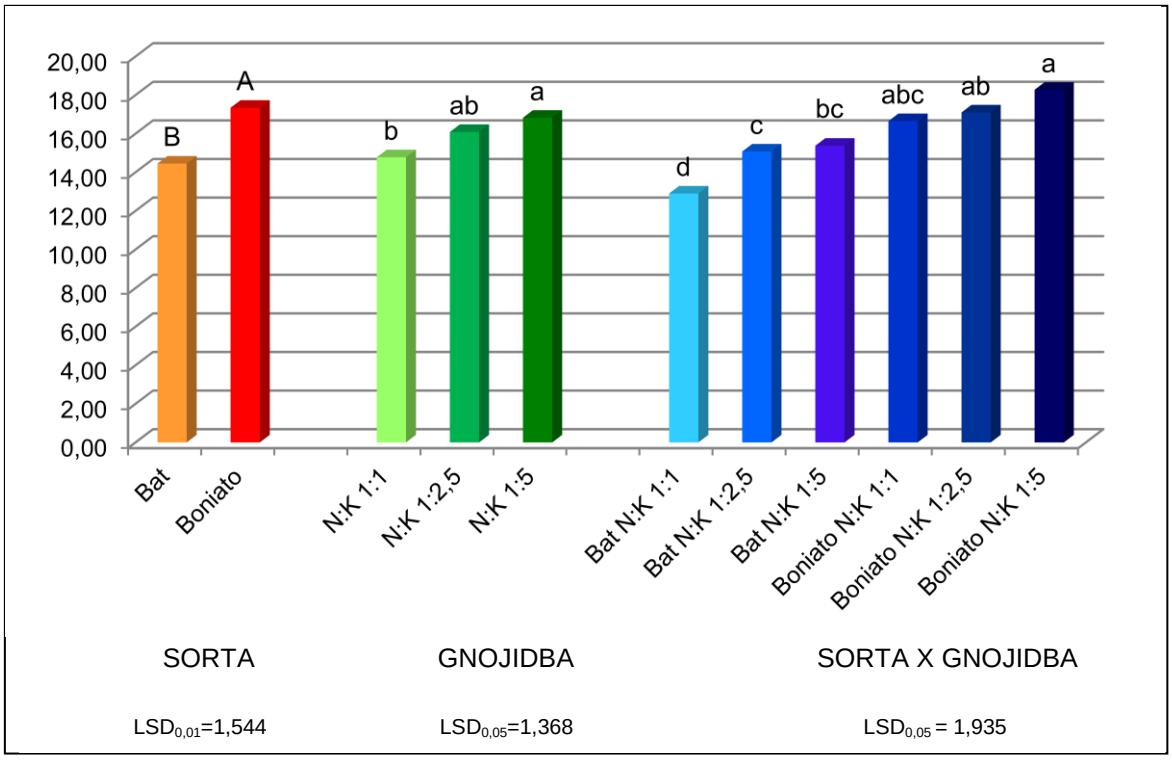
U drugoj godini istraživanja šezdeset DNS (grafikon 40) prosječan broj vriježa sorte 'Bat' je bio 14,5, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 12,9, pri nižoj razini gnojidbe 15,1 i kod veće razine gnojidbe 15,4. Prosječan broj vriježa sorte 'Boniato' u drugoj godini istraživanja je bio 17,3, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 16,7, pri nižoj razini gnojidbe 17,1 a pri većoj razini gnojidbe 18,2.

Prema grafikonu 39 u prvoj godini istraživanja nije utvrđena značajna razlika u broju vriježa između sote 'Bat' i 'Boniato' šezdeset DNS. Prema istom grafu je vidljivo da nije utvrđena opravdana razlika između različitih nivoa gnojidbe, dok je kod interakcije sorte i gnojidbe utvrđena opravdana razlika na razini signifikantnosti $p \leq 0,05$. Iz grafikona 40 je vidljiv utjecaj sorte i gnojdbe na broj vriježa šezdeset DNS u drugoj godini istraživanja, kao i utjecaj međusobne interakcije. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe u interakciji sa sortom imale veći broj vriježa. Opravdano najveći broj vriježa zabilježen je kod sorte 'Boniato' pri višoj razini gnojidbe.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, p≤ 0,05, ns - nije signifikantno

Grafikon 39. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj vriježa (šezdeset DNS) 2008. godina



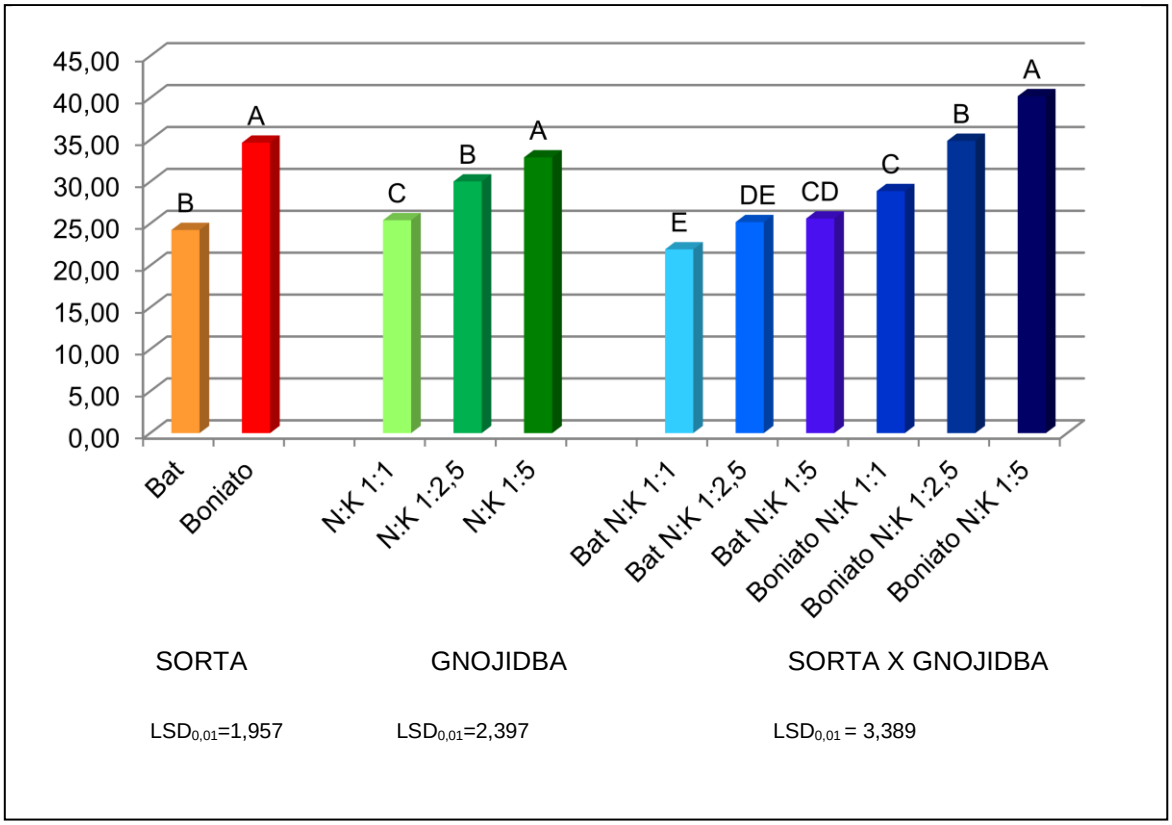
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05

Grafikon 40. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj vriježa (šezdeset DNS), 2009. godina

4.3.3. Broj listova

Broj listova, trideset DNS

U prvoj godini istraživanja trideset dana nakon sadnje (grafikon 41) prosječan broj listova kod sorte 'Bat' je bio 24,2, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 21,9, pri nižoj razini gnojidbe 25,2 te kod veće razine gnojidbe 25,6.



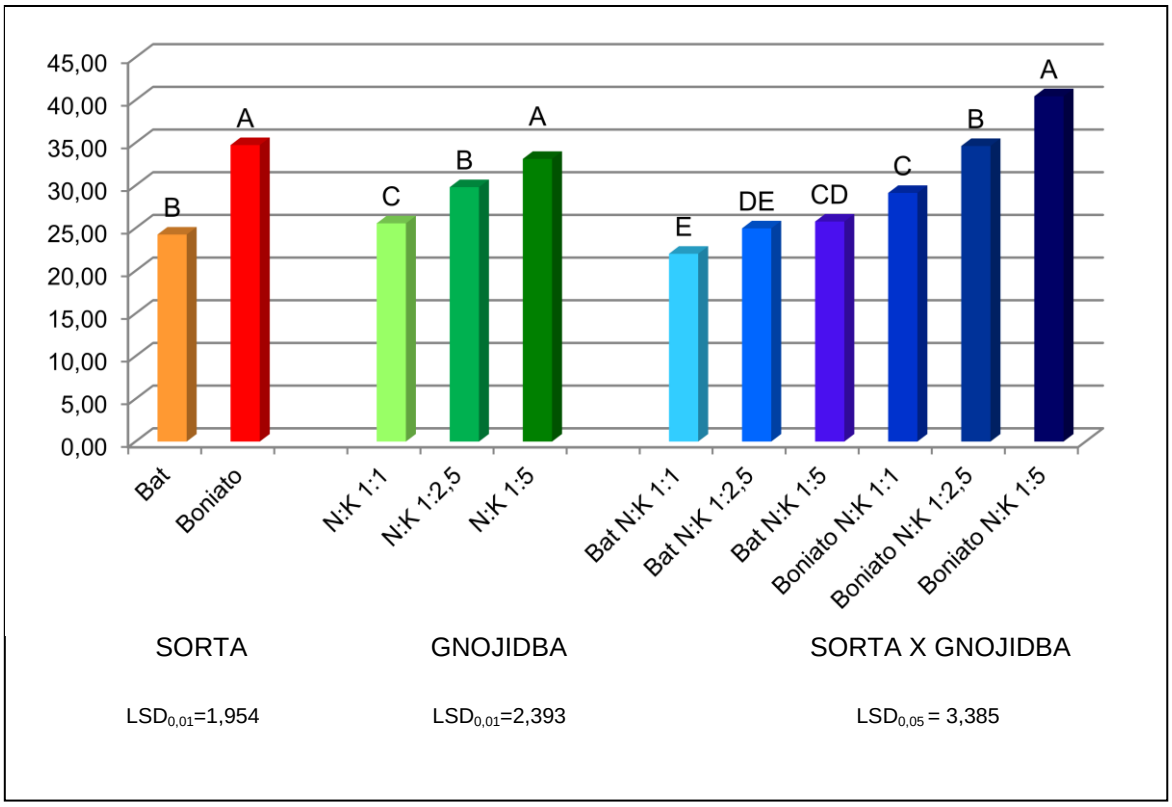
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, p≤ 0,01

Grafikon 41. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj listova (trideset DNS), 2008. godina

Prosječan broj listova kod sorte 'Boniato' u prvoj godini istraživanja je bio 34,7, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 28,9, pri nižoj razini gnojidbe 34,9 te pri većoj razini gnojidbe 40,2. Trideset dana nakon sadnje u drugoj godini istraživanja (grafikon 42) prosječan broj listova kod sorte 'Bat' je bio 24,3, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 22, pri nižoj razini gnojidbe 24,9 te kod veće razine gnojidbe 25,8. Prosječan broj listova kod sorte 'Boniato' u drugoj godini istraživanja je bio 34,7, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 29,1, pri nižoj razini gnojidbe 34,6 te pri većoj razini gnojidbe 40,5.

Iz grafikonâ 41 i 42 vidljiv je utjecaj sorte i gnojdbe na broj listova trideset DNS u obje godine istraživanja, kao i utjecaj međusobne interakcije. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe imale veći broj listova što se također može pripisati intenzivnijem porastu zbog

usvajanja dušika, pri čemu su opravdano veće vrijednosti izmjerene kod sorte 'Boniato' kao sortno svojstvo.



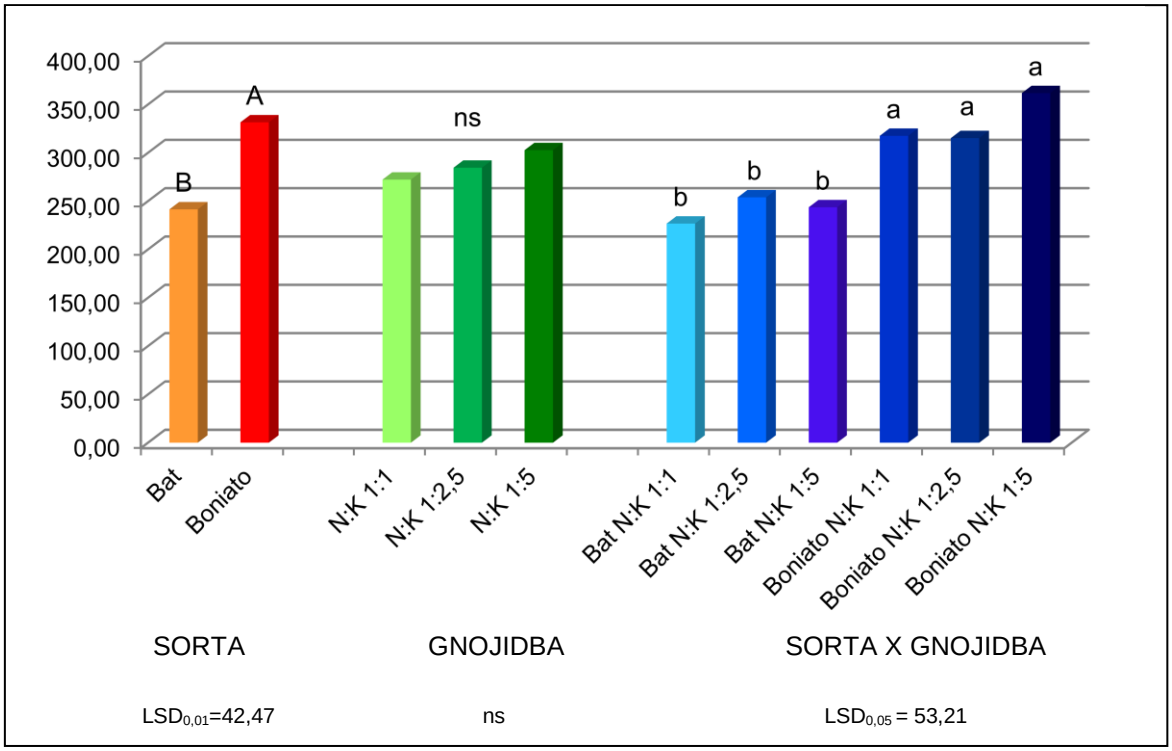
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 42. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj listova (trideset DNS), 2009. godina

Broj listova, šezdeset DNS

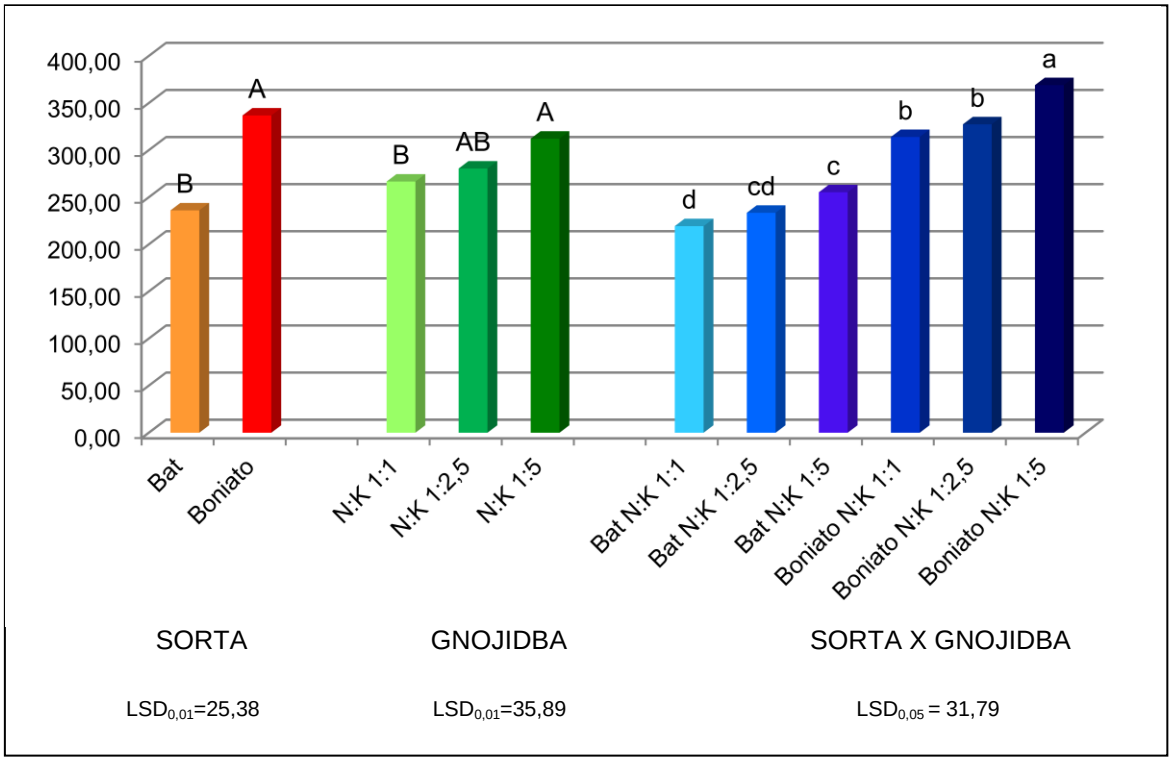
U prvoj godini istraživanja šezdeset DNS (grafikon 43) prosječan broj listova kod sorte 'Bat' je bio 241,4, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 226,9 pri nižoj razini gnojidbe 253,8 te kod veće razine gnojidbe 243,6. Prosječan broj listova kod sorte 'Boniato' u prvoj godini istraživanja je bio 331,5, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 317,5, pri nižoj razini gnojidbe 315,2 te pri većoj razini gnojidbe 361,7 listova.

Prema grafikonu 43 u prvoj godini istraživanja utvrđena je značajna razlika u broju listova između sorte 'Bat' i 'Boniato' na razini signifikantnosti p≤ 0,01. Između različitih nivoa gnojidbe nije utvrđena značajna razlika u broju listova, dok je kod interakcije sorte i gnojidbe utvrđena opravdana razlika u broju listova na razini signifikantnosti p≤ 0,05. Iz grafikona 44 je vidljiv utjecaj sorte i gnojdbe na broj listova šezdeset DNS u drugoj godini istraživanja, kao i utjecaj međusobne interakcije. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe u interakciji sa sortom imale veći broj listova. Opravdano najveći broj listova zabilježen je kod sorte 'Boniato' pri višoj razini gnojidbe.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05, ns – nije signifikantno

Grafikon 43. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj listova (šezdeset DNS), 2008. godina.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05

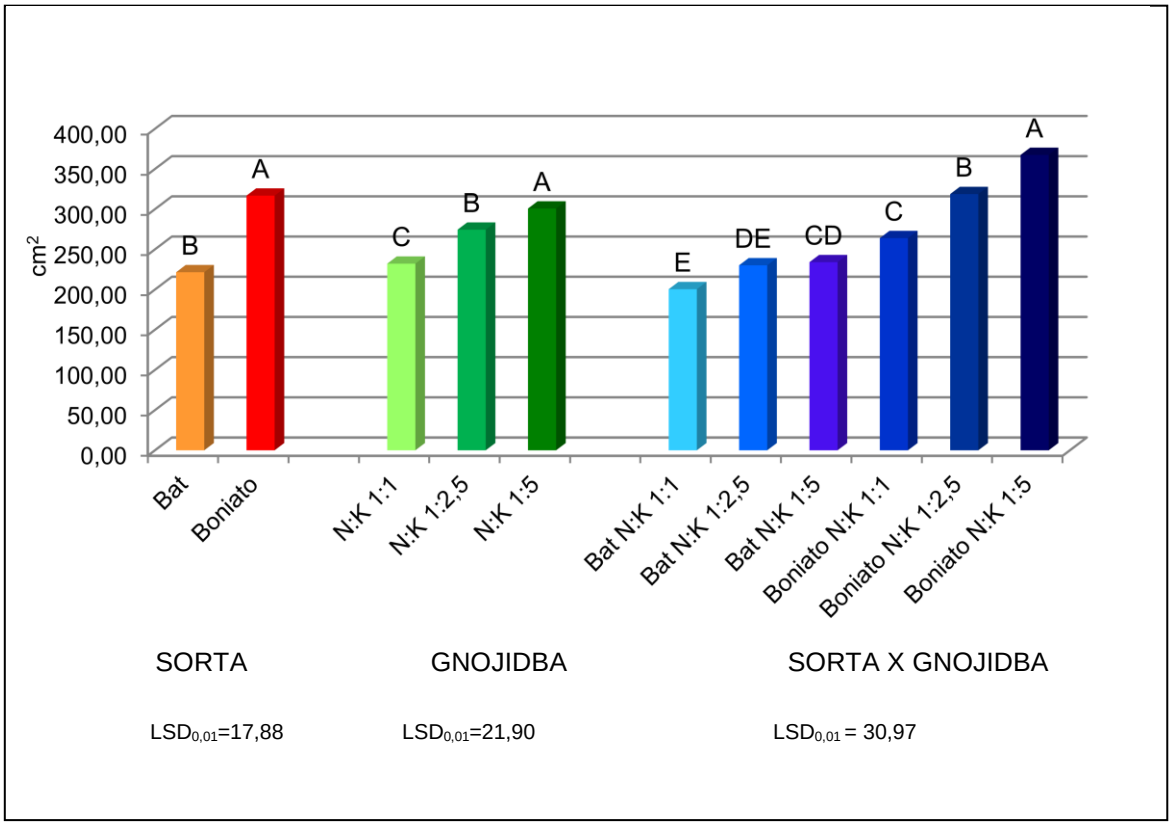
Grafikon 44. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na broj listova (šezdeset DNS), 2009. godina

Šezdeset DNS u drugoj godini istraživanja (grafikon 44) prosječan broj listova sorte 'Bat' je bio 236, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 219,3, pri nižoj razini gnojidbe 233,5, te kod veće razine gnojidbe 255,3. Prosječan broj listova sorte 'Boniato' u drugoj godini istraživanja je bio 336,8, dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 313,9, pri nižoj razini gnojidbe 327,4 te pri većoj razini gnojidbe 369 listova.

4.3.4. Indeks lisne površine

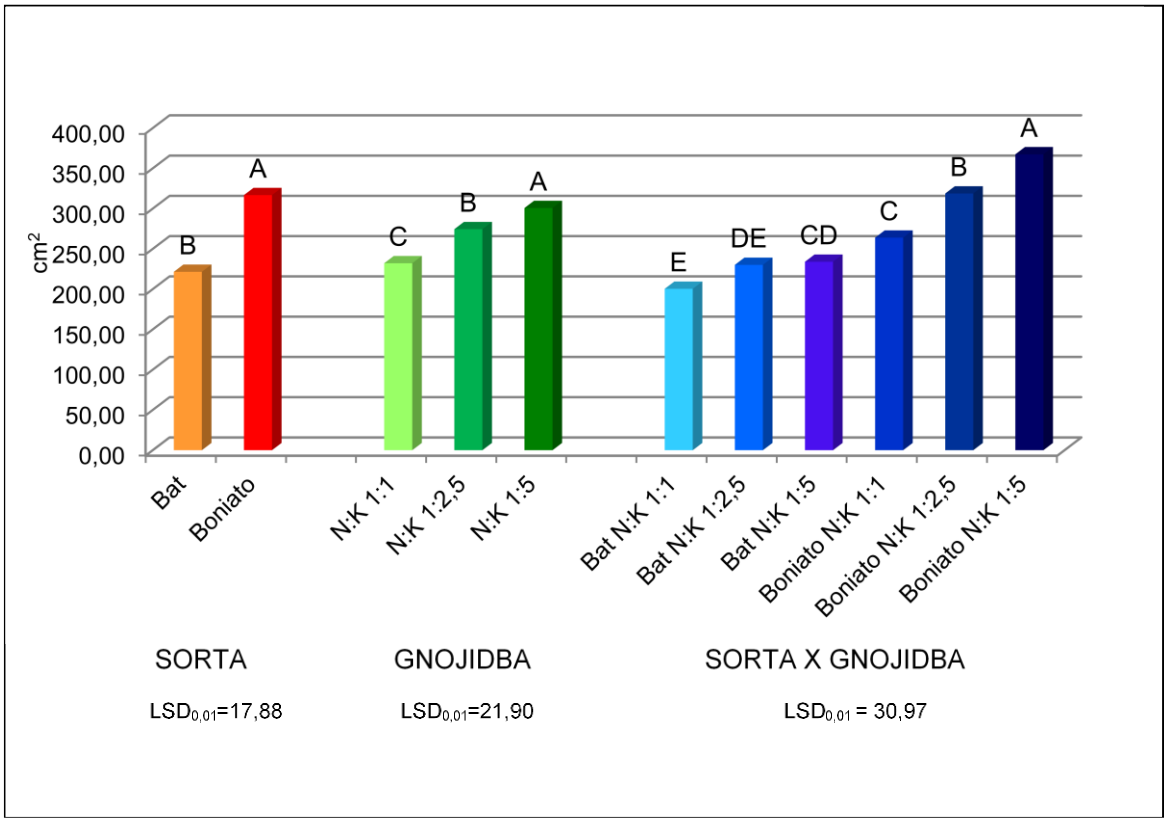
Indeks lisne površine, trideset DNS

Prema grafikonu 45 u prvoj godini istraživanja trideset DNS, prosječan indeks lisne površine kod sorte 'Bat' je bio 221,5 cm², dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 200,4 cm², pri nižoj razini gnojidbe 230,1 cm², te kod veće razine gnojidbe 234 cm². Prosječan indeks lisne površine kod sorte 'Boniato' u prvoj godini istraživanja je bio 316,7 cm², dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 263,9 cm², pri nižoj razini gnojidbe 318,8 cm² te pri većoj razini gnojidbe 367,5 cm².



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, p≤ 0,01

Grafikon 45. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na ILP (trideset DNS), 2008. godina



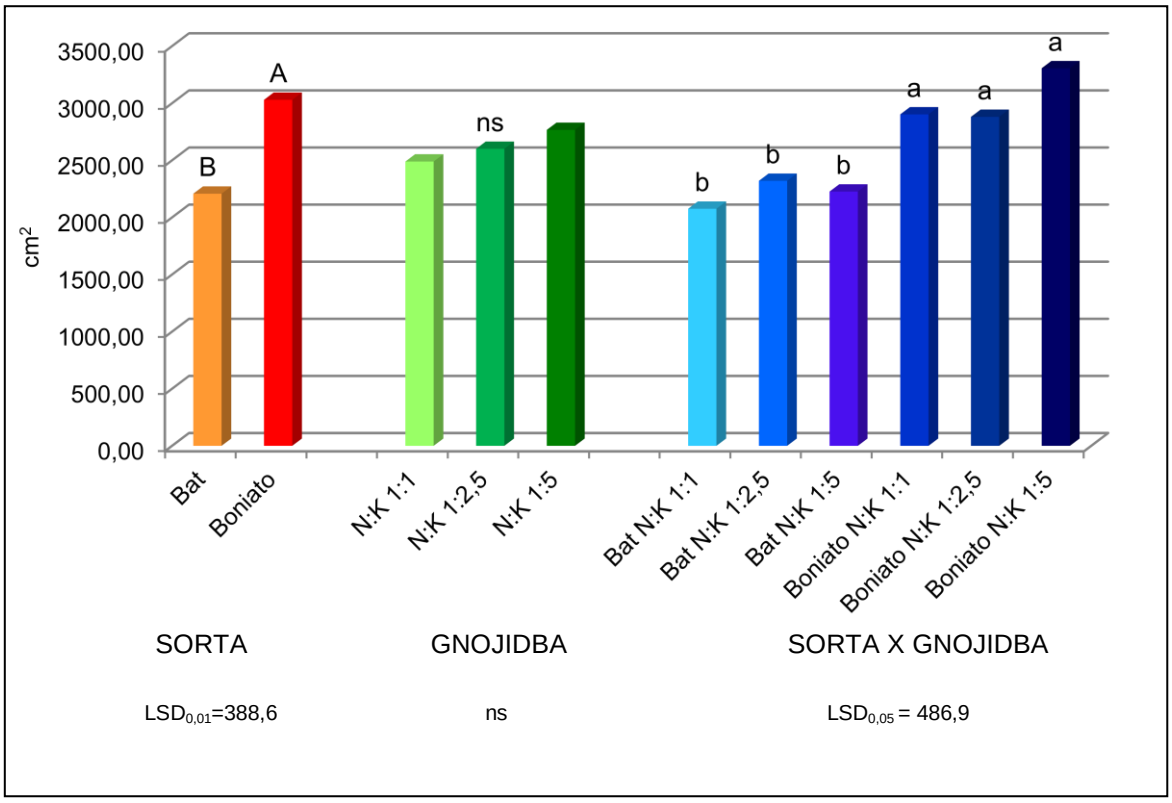
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01

Grafikon 46. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na ILP (trideset DNS), 2009. godina

U drugoj godini istraživanja trideset DNS (grafikon 46), prosječan indeks lisne površine kod sorte 'Bat' je bio 221,8 cm², dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 201,1 cm², pri nižoj razini gnojidbe 228,5 cm² te kod veće razine gnojidbe 235,6 cm². Prosječan indeks lisne površine kod sorte 'Boniato' u drugoj godini istraživanja je bio 317,5 cm², dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 266,2 cm², pri nižoj razini gnojidbe 316,5 cm² te pri većoj razini gnojidbe 369,7 cm². Iz grafikonâ 45 i 46 je vidljiv utjecaj sorte i gnojdbe na indeks lisne površine trideset DNS u obje godine istraživanja, kao i utjecaj međusobne interakcije. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe imale veći ILP, što se također može pripisati intenzivnijem porastu zbog usvajanja dušika, pri čemu su opravdano veće vrijednosti izmjerene kod sorte 'Boniato' kao sortno svojstvo.

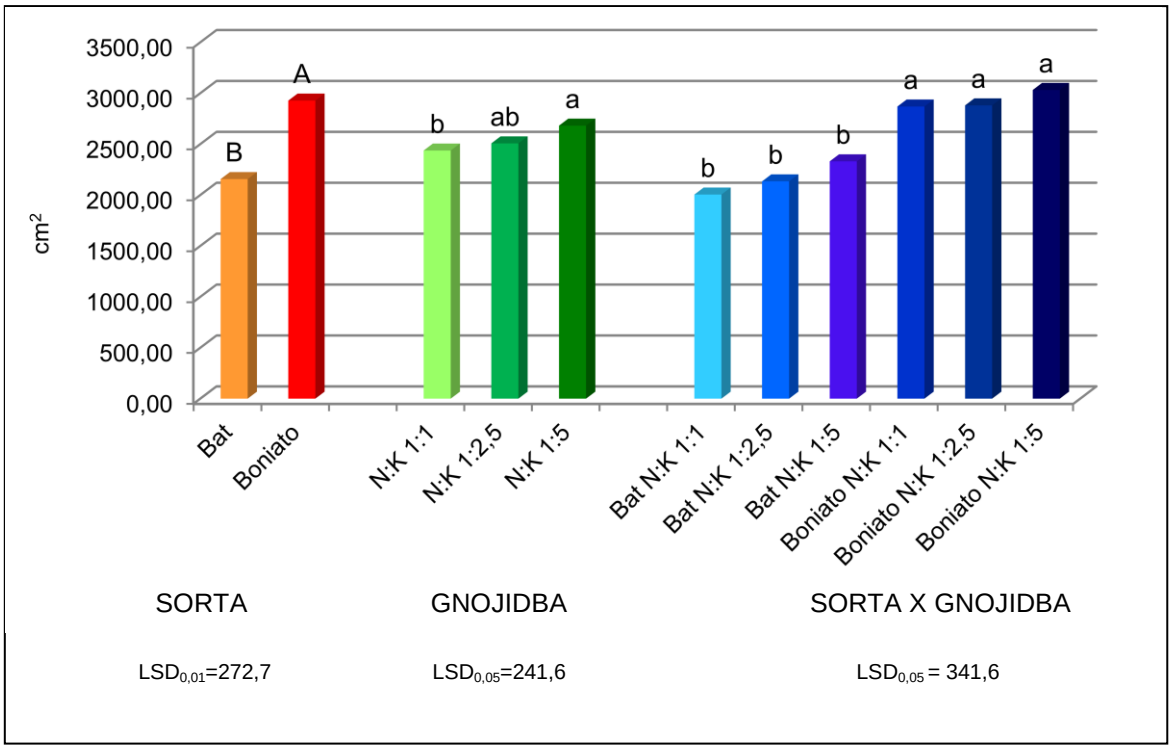
Indeks lisne površine, šezdeset DNS

Prema grafikonu 47 u prvoj godini istraživanja šezdeset DNS prosječan indeks lisne površine kod sorte 'Bat' je bio 2207,5 cm², dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 2075,9 cm², pri nižoj razini gnojidbe 2320,2 cm² te kod veće razine gnojidbe 2226,3 cm². Prosječan indeks lisne površine kod sorte 'Boniato' u prvoj godini istraživanja je bio 3029,5 cm², dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 2902,9 cm², pri nižoj razini gnojidbe 2880,5 cm² te pri većoj razini gnojidbe 3306 cm².



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05, ns – nije signifikantno

Grafikon 47. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na ILP (šezdeset DNS), 2008. godina



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05

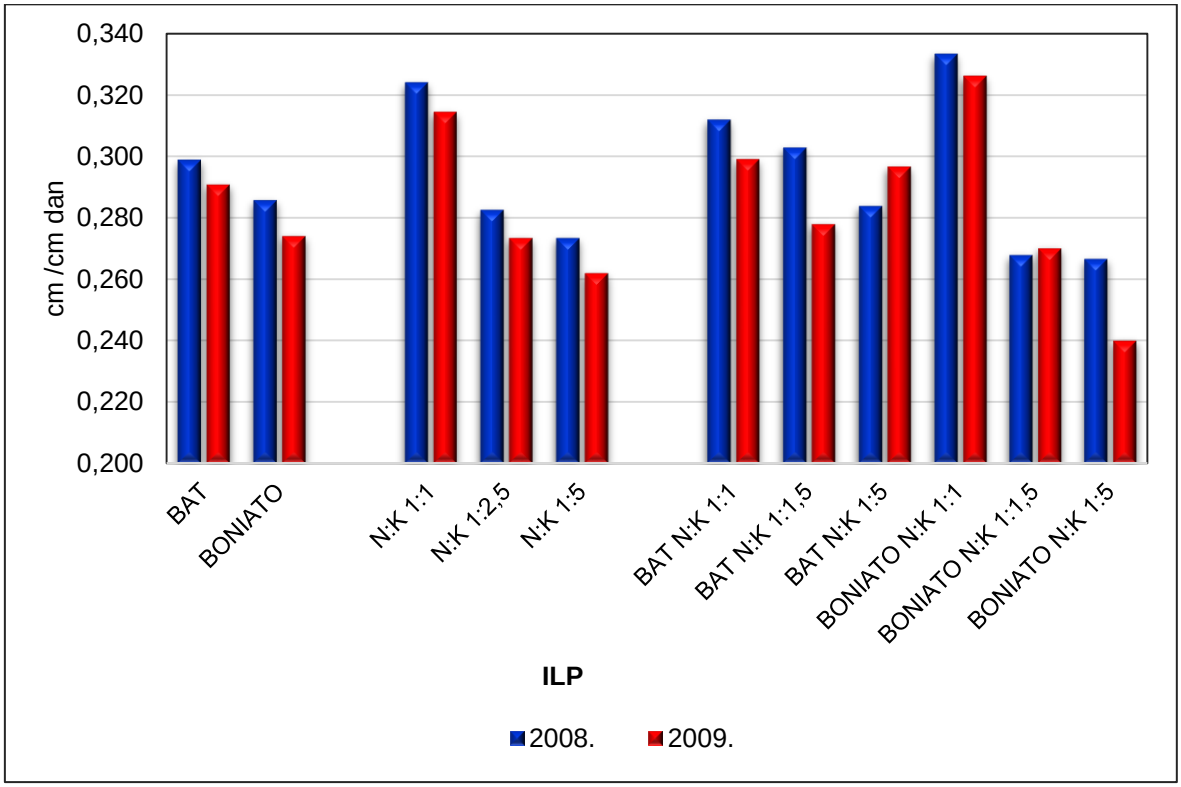
Grafikon 48. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na ILP (šezdeset DNS), 2009. godina

U drugoj godini istraživanja šezdeset DNS (grafikon 48) prosječan indeks lisne površine kod sorte 'Bat' je bio 2156,4 cm², dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 2004,4 cm², pri nižoj razini gnojidbe 2134 cm² te kod veće razine gnojidbe 2330,7 cm². Prosječan indeks lisne površine kod sorte 'Boniato' u drugoj godini istraživanja je bio 2927,2 cm², dok je kod kontrolne gnojidbe iznosio 2869,3 cm, pri nižoj razini gnojidbe 2880,4 cm te pri većoj razini gnojidbe 3031,9 cm².

Iz grafikonâ 47 i 48 je vidljiv utjecaj sorte i gnojdbe na indeks lisne površine šezdeset DNS u obje godine istraživanja, kao i utjecaj međusobne interakcije. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe imale veći indeks lisne površine, što se također može povezati s intenzivnijim porastom zbog usvajanja dušika, pri čemu su opravdano veće vrijednosti izmjerene kod sorte 'Boniato' kao sortno svojstvo.

Relativna stopa rasta indeksa lisne površine

U grafikonu 49 prikazana je relativna stopa rasta (RSR) indeksa lisne površine (ILP cm/cm danu). U prvoj godini istraživanja RSR (ILP cm/cm danu) bila je veća u odnosu na drugu godinu istraživanja kod promatranih sorti, različitih razina gnojidbe i njihove interakcije.



Grafikon 49. Relativna stopa rasta indeksa lisne površine (ILP cm/cm dan)

Prosječna RSR ILP sorte 'Bat' iznosila je u 2008. godini 0,299 cm/cm danu, a u 2009. godini 0,291 cm/cm danu. Kod sorte 'Boniato' prosječna RSR ILP iznosila je 0,286 u

2008. godini i 0.276 cm/cm danu u 2009. godini. RSR ILP kod različitih razina gnojidbe kretala se od 0,262 do 0,324 cm/cm danu. U interakciji sorte i gnojidbe RSR ILP kod sorte 'Bat' kretala se od 0,278 do 0,312 cm/cm danu, dok je RSR kod interakcije sorte 'Boniato' i gnojidbe iznosila 0,240 do 0,333 cm/cm danu. Najmanja RSR ILP (0.240 cm/cm danu) zabilježena je kod veće razine gnojidbe sorte 'Boniato' što se može povezati s intenzivnijim rastom korijena, dok je najveća RSR ILP (0,333 cm/cm danu) zabilježena kod kontrolne gnojidbe sorte 'Boniato'.

4.4. Prinos nadzemne biljne mase i korijena

U tablici 22 prikazana je analiza varijance utjecaja sorte, gnojidbe i njihove interakcije na prinos nadzemne biljne mase i mase korijena po m^{-2}, izmjerenoj na kraju vegetacije. U obje godine istraživanja utvrđen je signifikantan utjecaj sorte i gnojidbe na prinos nadzemne biljne mase i ukupan prinos korijena (na razini značajnosti p≤ 0,01) te opravdan utjecaj interakcije sorte i gnojidbe na razini pogreške p≤ 0,05.

Tablica 22. ANOVA za utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na prinos nadzemne mase i mase korijena

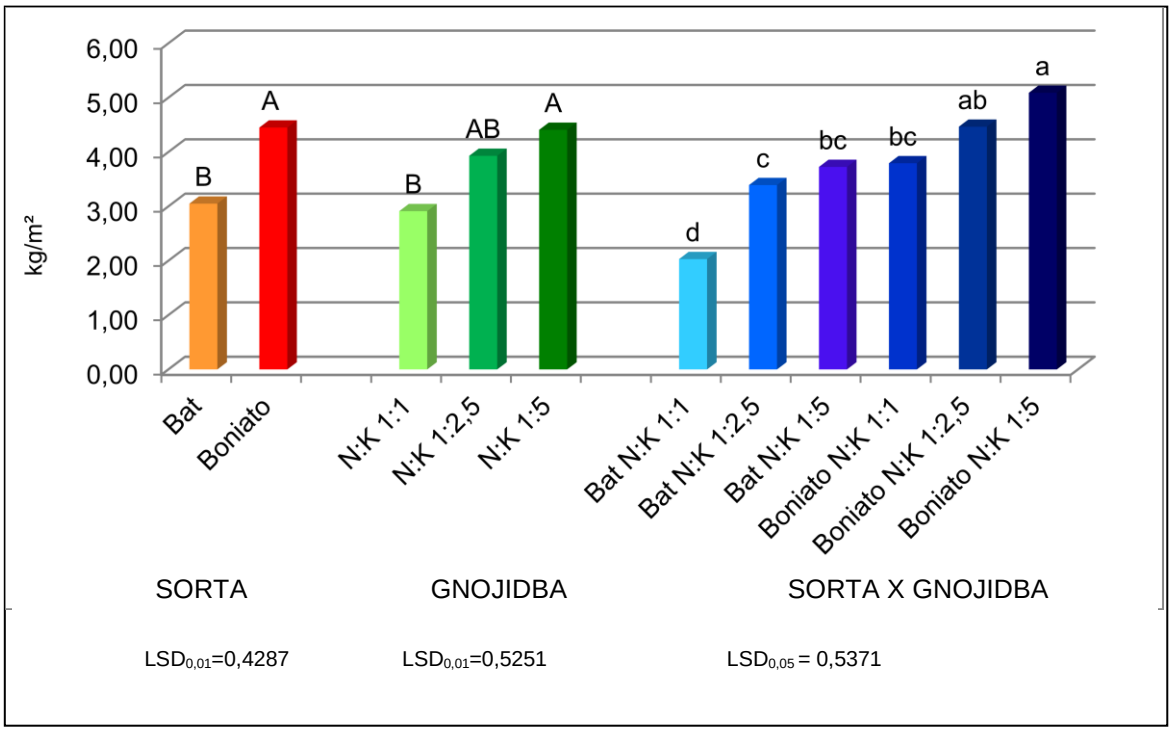
Svojstvo	**Prinos nadzemne mase** kg m^{-2}		**Prinos korijena** kg m^{-2}	
	2008.	2009.	2008.	2009.
Sorta	Sorta			
Bat	**	**	**	**
Boniato	**	**	**	**
Gnojidba	Gnojidba			
N:K 1:1	**	**	**	**
N:K 1:2,5	**	**	**	**
N:K 1:5	**	**	**	**
Interakcija	Sorta x gnojidba			
Bat × N:K 1:1	*	*	*	*
Bat × N:K 1:2,5	*	*	*	*
Bat × N:K 1:5	*	*	*	*
Boniato × N:K 1:1	*	*	*	*
Boniato× N:K 1:2,5	*	*	*	*
Boniato × N:K 1:5	*	*	*	*

Razine statističke značajnosti: **p≤ 0,01, *p≤ 0,05

4.4.1. Prinos nadzemne biljne mase

Utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na prinos nadzemne biljne mase za 2008. godinu prikazan je na grafikonu 50, a za 2009. godinu na grafikonu 51. Prosječna nadzemna masa u prvoj godini istraživanja kod sorte 'Bat' iznosila je 3,05 kg m^{-2}, kod kontrolne gnojidbe 2,030 kg m^{-2}, dok je kod niže razine gnojidbe iznosila 3,392 kg m^{-2} a kod veće razine gnojidbe 3,726 kg m^{-2}. Sorta 'Boniato' je u prvoj godina istraživanja ostvarila prosječnu nadzemnu biljnu masu od 4,450 kg m^{-2}, u kontrolnoj gnojidbi 3,794 kg m^{-2}, dok je kod niže razine gnojidbe nadzemna masa iznosila 4,466 kg m^{-2} a kod veće razine gnojidbe 5,090 kg m^{-2}.

U drugoj godini istraživanja prosječna nadzemna biljna masa sorte 'Bat' iznosila je 2,602 kg m^{-2}, u kontrolnoj gnojidbi 1,820 kg m^{-2}, dok je kod niže razine gnojidbe iznosila 2,748 kg m^{-2}, a kod veće razine gnojidbe 3,238 kg m^{-2}. Prosječna nadzemna biljna masa sorte 'Boniato' u drugoj godini istraživanja iznosila je 4,488 kg m^{-2}, u kontrolnoj gnojidbi 3,682 kg m^{-2}, dok je kod niže razine gnojidbe nadzemna masa iznosila 4,446 kg m^{-2}, a kod veće razine gnojidbe 5,334 kg m^{-2}.

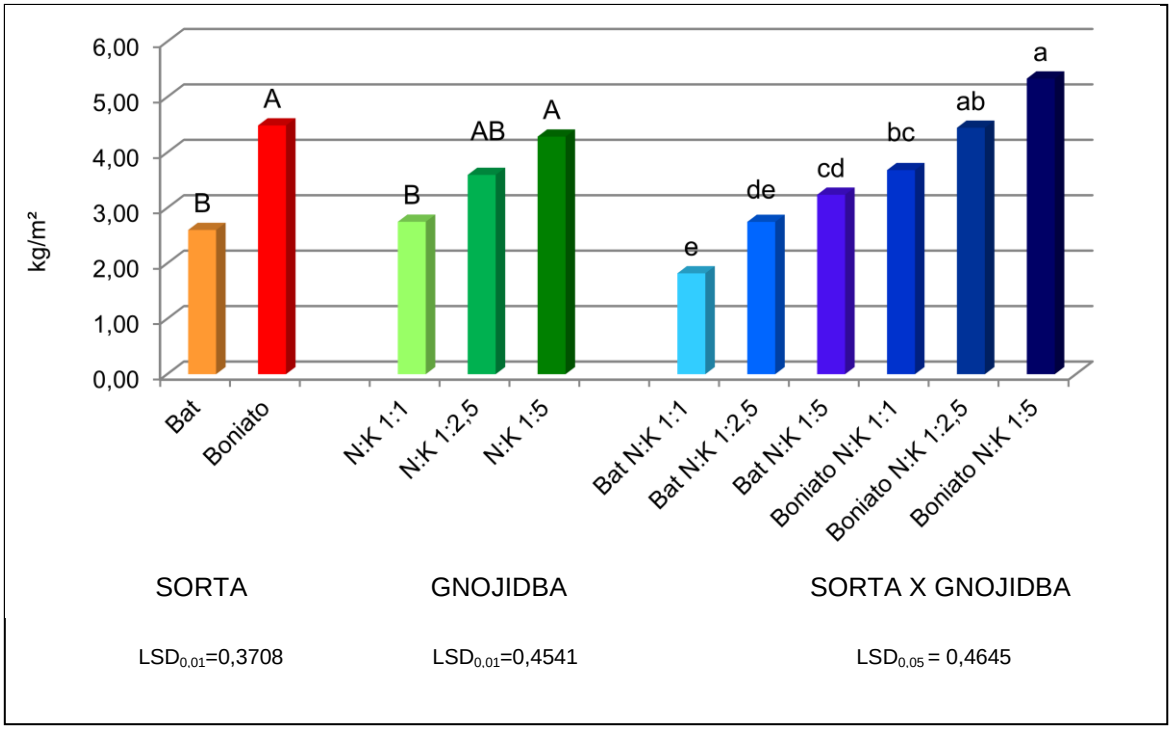


Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05

Grafikon 50. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na prinos nadzemne biljne mase, 2008. godina

Prema grafikonima 50 i 51 u obje godine istraživanja utvrđena je značajna razlika u prinosu nadzemne biljne mase između sorte 'Bat' i 'Boniato' na razini signifikantnosti p≤ 0,01, kao i između različitih nivoa gnojidbe, dok je kod interakcije sorte i gnojidbe utvrđena

opravdana razlika u prinosu nadzemne biljne mase na razini signifikantnosti p≤ 0,05. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe u interakciji sa sortom imale veći prinos nadzemne biljne mase. Opravdano najveći prinos nadzemne biljne mase zabilježen je kod sorte 'Boniato' pri višoj razini gnojidbe.



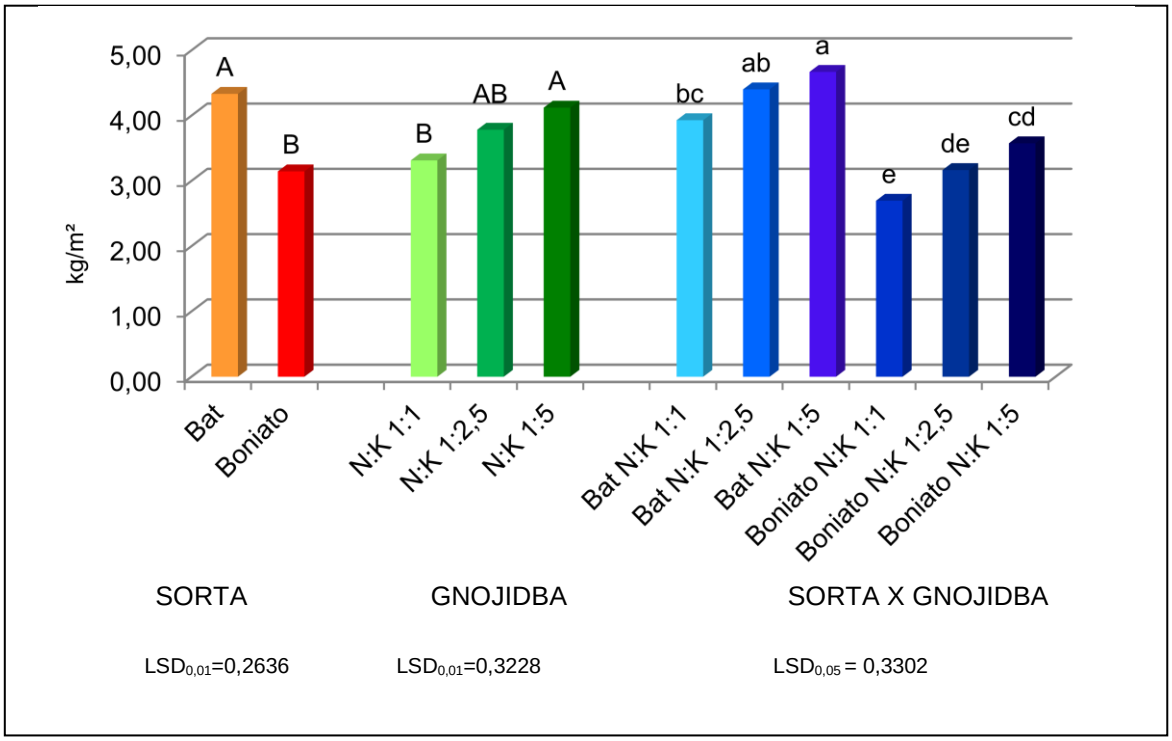
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05

Grafikon 51. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na prinos nadzemne biljne mase, 2009. godina

4.4.2. Ukupan prinos korijena

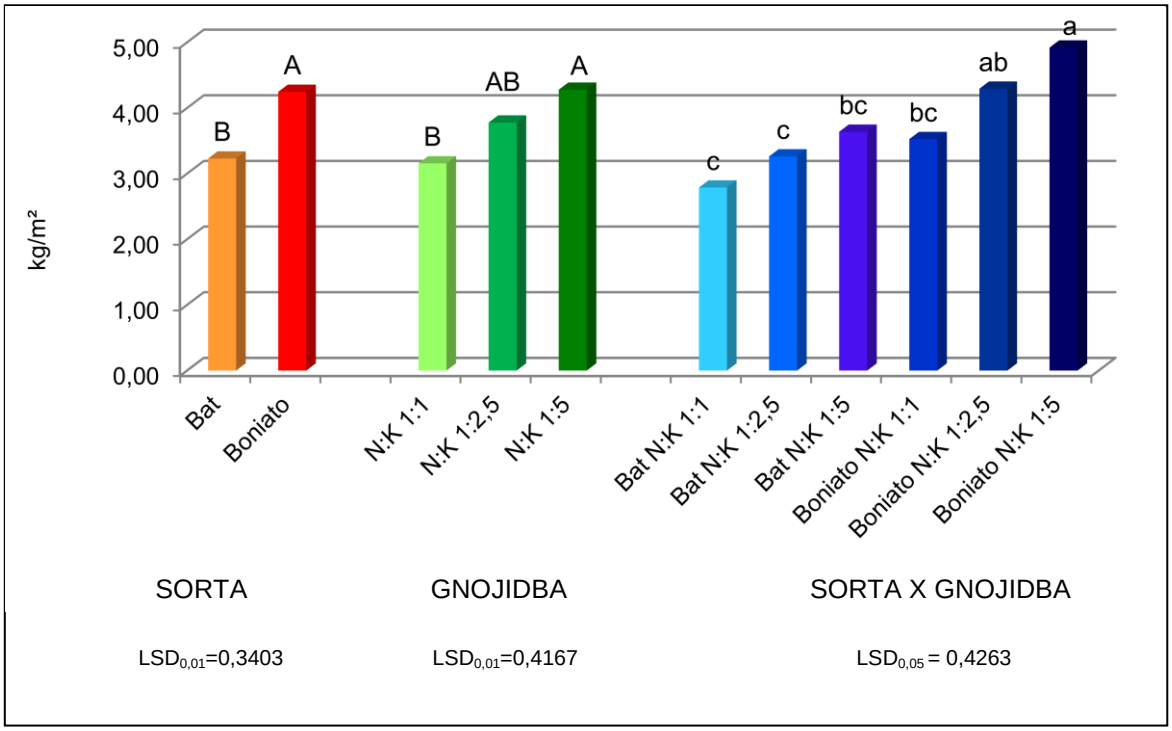
Prosječan prinos korijena u prvoj godini istraživanja kod sorte 'Bat' iznosio je 4,334 kg m^{-2}, kod kontrolne gnojidbe 3,930 kg m^{-2}, dok je kod niže razine gnojidbe iznosio 4,402 kg m^{-2}, a kod veće razine gnojidbe 4,670 kg m^{-2}. Sorta 'Boniato' je u prvoj godina istraživanja ostvarila prosječan prinos korijena od 3,146 kg m^{-2}, u kontrolnoj gnojidbi 2,696 kg m^{-2}, dok je kod niže razine gnojidbe prinos korijena iznosio 3,166 kg m^{-2}, a kod veće razine gnojidbe 3,576 kg m^{-2}.

U drugoj godini istraživanja prosječan prinos korijena kod sorte 'Bat' iznosio je 3,230 kg m^{-2}, kod kontrolne gnojidbe 2,788 kg m^{-2}, dok je kod niže razine gnojidbe iznosio 3,262 kg m^{-2}, a kod veće razine gnojidbe 3,638 kg m^{-2}. Sorta 'Boniato' je u drugoj godini istraživanja ostvarila prosječan prinos korijena od 4,246 kg m^{-2}, u kontrolnoj gnojidbi 3,526 kg m^{-2}, dok je kod niže razine gnojidbe prinos korijena iznosio 4,294 kg m^{-2}, a kod veće razine gnojidbe 4,920 kg m^{-2}.



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05

Grafikon 52. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na ukupan prinos korijena 2008. godina



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu (A) p≤ 0,01, (a) p≤ 0,05

Grafikon 53. Utjecaj sorte, gnojidbe i interakcije na ukupan prinos korijena, 2009. godina

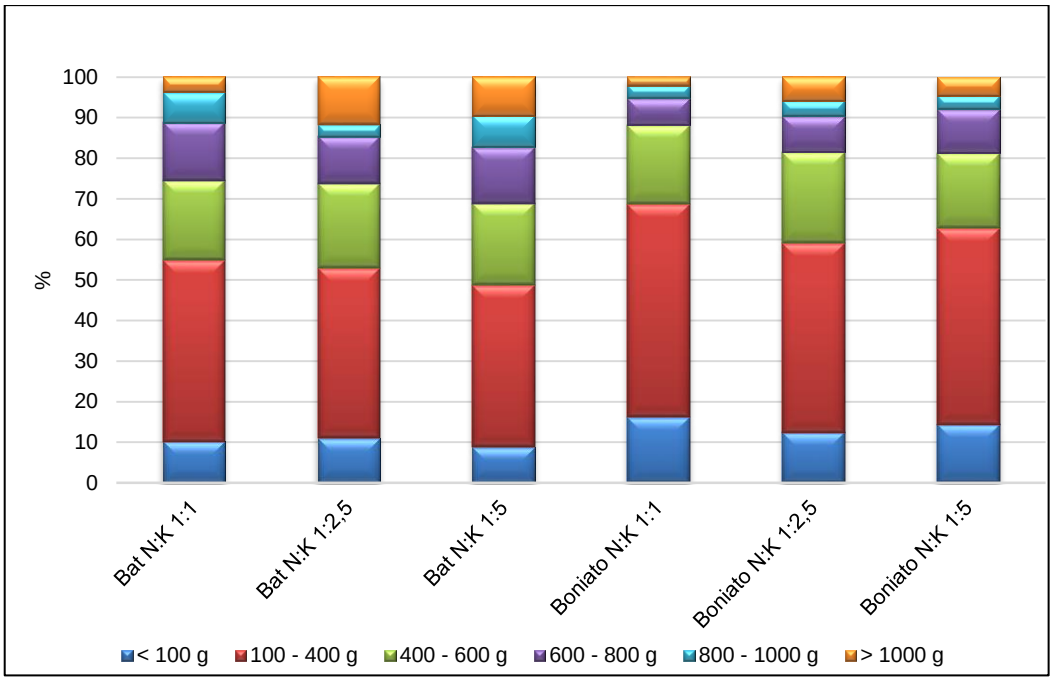
Prema grafikonima 52 i 53 u obje godine istraživanja utvrđena je značajna razlika u prinosu korijena između sorte 'Bat' i 'Boniato' na razini signifikantnosti p≤ 0,01, kao i između različitih nivoa gnojidbe, dok je kod interakcije sorte i gnojidbe utvrđena opravdana razlika u prinosu korijena na razini signifikantnosti p≤ 0,05.

Obje sorte su kod veće razine gnojidbe u interakciji sa sortom imale veći prinos korijena. Opravdano najveći prinos korijena u prvoj godini istraživanja zabilježen je kod sorte 'Bat' pri višoj razini gnojidbe, dok je u drugoj godini opravdano najveći prinos zabilježen kod sorte 'Boniato' pri višoj razini gnojidbe. U prvoj godini istraživanja sorta 'Bat' je ostvarila značajno veći prinos korijena u odnosu na sortu 'Boniato' zbog zadovoljavajućih agroekoloških uvjeta i dovoljne količine oborina. U drugoj godini istraživanja kada su pale značajno manje količine oborina sorta 'Boniato' je bolje reagirala na sušne uvjete i ostvarila značajno veći prinos korijena.

Pretpostavlja se da je sorta 'Boniato' zbog značajno većeg indeksa lisne površine pokazala bolju otpornost na sušu, što je dodatno došlo do izražaja kod povećane gnojidbe kalijem, koja je utjecala na zatvaranje puči i smanjenje transpiracije. Pretpostavlja se da je pri većoj koncentraciji ugljičnog dioksida u gustoj nadzemnoj masi, moglo doći do intenzivnije fotosinteze i većeg nakupljanja ugljikohidrata, odnosno škroba u korijenu sorte 'Boniato'. Osim toga, sorta 'Boniato' je lisnom masom bolje prekrila tlo i na taj način spriječila evaporaciju. Navedene pretpostavke mogu predstavljati prednosti za uzgoj sorte 'Boniato' u aridnim područjima.

4.4.3. Udio frakcija tržnog korijena batata

Nakon vađenja i skladištenja korijena batata izvršeno je pojedinačno vaganje svakog korijena radi određivanja utjecaja sorte i gnojidbe na udio pojedinih frakcija tržnog korijena. U grafikonu 54 prikazan je udio pojedinih frakcija tržnog korijena ovisan o interakciji sorte i gnojidbe u prvoj godini istraživanja. Iz grafikona 54 je vidljivo da u prvoj godini istraživanja kod obje sorte u interakciji s gnojidbom najveći udio korijena u odnosu na ukupni prinos predstavlja frakcija od 100 do 400 g kao najinteresantnija tržna frakcija, uz frakciju od 400 do 800 g. Kod sorte 'Bat' u prvoj godini istraživanja vidljiv je utjecaj gnojidbe na udio korijena krupnijeg od 800 g, dok je kod sorte 'Boniato' gnojidba nešto manje utjecala na udio najkrupnije frakcije, iako je određeni broj korjenova kod obje sorte težio od 1 do 2 kg.



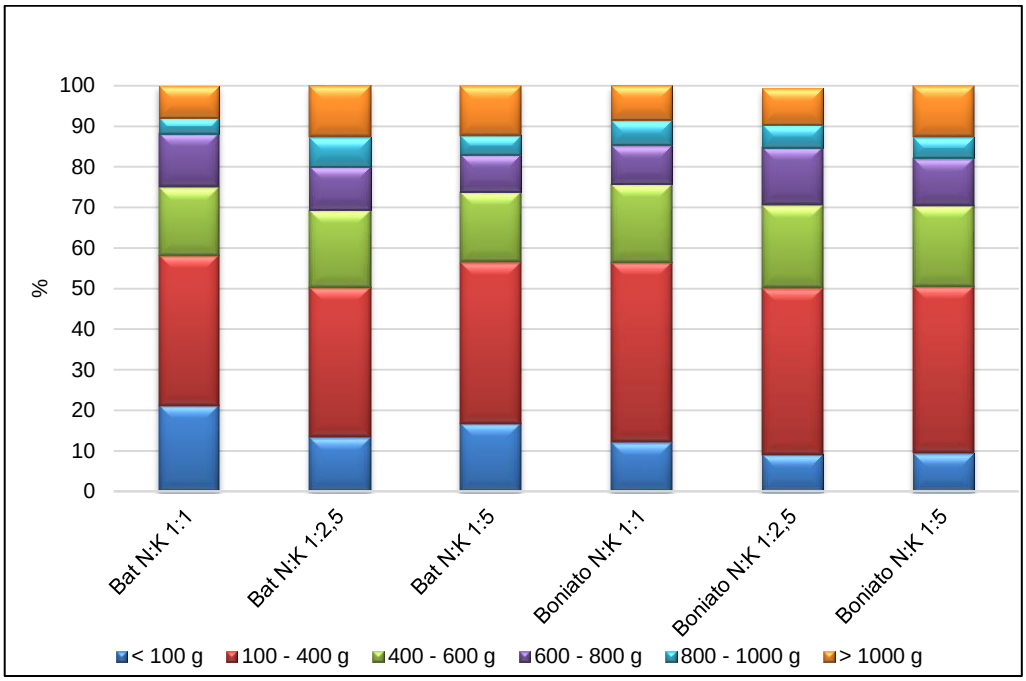
Grafikon 54. Udio pojedinih frakcija tržnog korijena kod interakcije sorte i gnojidbe, 2008. godina

Udio korijena manjeg od 100 g kod sorte 'Bat' u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 10,22 %, dok je kod niže razine gnojidbe bio 10,99 %, a kod više razine gnojidbe udio sitne frakcije je smanjen na 8,88 %. Kod sorte 'Boniato' u prvoj godini istraživanja udio korijena manjeg od 100 g u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 16,23 %, dok je u varijanti s gnojidbom smanjen na 12,32 odnosno 14,33 %. Udio tržnog korijena od 100 do 400 g u kontrolnoj gnojidbi kod sorte 'Bat' iznosio je 44,63 %, dok je u gnojenim varijantama neznatno smanjen na 42,0 i 39,94 % zbog većeg udjela krupnije frakcije. Kod sorte 'Boniato' udio tržnog korijena od 100 do 400 g u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 52,51 %, dok je gnojenim varijantama iznosio 46,86 i 48,52 %.

Nešto krupnija frakcija, odnosno udio tržnog korijena od 400 do 600 g u kontrolnoj gnojidbi kod sorte 'Bat' iznosio je 19,64 %, dok je u gnojenim varijantama povećan na 20,79 i 20,06 %. Kod sorte 'Boniato' udio tržnog korijena od 400 do 600 g u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 19,44 %, dok je u gnojenim varijantama iznosio 22,38 i 18,49 %. Udio tržnog korijena od 600 do 800 g u kontrolnoj gnojidbi sorte 'Bat' iznosio je 14,40 %, dok je u gnojenim varijantama iznosio 11,59 i 13,84 %. Kod sorte 'Boniato' udio tržnog korijena od 600 do 800 g u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 6,59 %, dok je u gnojenim varijantama iznosio 8,82 i 10,83 %.

Krupnija frakcija, odnosno udio tržnog korijena od 800 do 1000 g u kontrolnoj gnojidbi sorte 'Bat' iznosio je 7,43 %, dok je u gnojenim varijantama iznosio 2,93 i 7,82 %. Kod sorte 'Boniato' udio tržnog korijena od 800 do 1000 g u kontrolnoj gnojidbi iznosio je

3,20 %, dok je u gnojenim varijantama iznosio 3,78 i 3,29 %. Najkrupnija frakcija, odnosno udio tržnog korijena mase iznad 1000 g u kontrolnoj gnojidbi kod sorte 'Bat' iznosio je 3,67 %, dok je u gnojenim varijantama znatno povećan na 11,69 i 9,47 %. Kod sorte 'Boniato' udio tržnog korijena mase iznad 1000 g u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 2,01 %, dok je u gnojenim varijantama iznosio 5,83 i 4,53 %. U prvoj godini istraživanja ukupan udio tržnog korijena sorte 'Bat' u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 89,78 % dok je u gnojenim varijantama iznosio 89,01 i 91,12 %. Ukupan udio tržnog korijena sorte 'Boniato' u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 83,77 % dok je u gnojenim varijantama iznosio 87,68 i 85,67 %.



Grafikon 55. Udio pojedinih frakcija tržnog korijena kod interakcije sorte i gnojidbe, 2009. godina

U grafikonu 55 prikazan je udio pojedinih frakcija tržnog korijena kod interakcije sorte i gnojidbe u drugoj godini istraživanja. Iz grafikona je vidljivo da kod obje sorte najveći udio korijena u odnosu na ukupni prinos predstavlja frakcija od 100 do 400 g kao najinteresantnija tržna frakcija (uz frakciju od 400 do 800 g). Kod sorte 'Bat' u drugoj godini istraživanja vidljiv je utjecaj gnojidbe na udio korijena krupnijeg od 800 g, dok je kod sorte 'Boniato' gnojidba nešto manje utjecala na udio najkrupnije frakcije, iako je i u drugoj godini istraživanja određeni broj korjenova obje sorte težio od 1 do 2 kg. Udio korijena manjeg od 100 g kod sorte 'Bat' u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 21,09 %, dok je kod niže razine gnojidbe bio 13,43 % a kod više razine gnojidbe udio sitne frakcije je iznosio 16,75 % što je znatno više u odnosu na prvu godinu istraživanja, a može se djelomično pripisati negativnom utjecaju suše.

Kod sorte 'Boniato' u drugoj godini istraživanja udio korijena manjeg od 100 g u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 12,20 %, dok je u varijanti s gnojidbom smanjen na 9,10 odnosno 9,48 % što je znatno manje u odnosu na prvu godinu istraživanja, što se može pripisati boljoj otpornosti sorte 'Boniato' na sušne uvjete. Udio tržnog korijena od 100 do 400 g u kontrolnoj gnojidbi sorte 'Bat' iznosio je 37,15 %, dok je u gnojenim varijantama iznosio 36,86 i 39,78 %. Kod sorte 'Boniato' udio tržnog korijena od 100 do 400 g u kontrolnoj varijanti iznosio je 44,30 %, dok je gnojenim varijantama iznosio 41,7 i 41 %.

Nešto krupnija frakcija, odnosno udio tržnog korijena od 400 do 600 g u kontrolnoj gnojidbi sorte 'Bat' iznosio je 16,78 %, dok je u gnojenim varijantama povećan na 19,06 i 17,24 %. Kod sorte Boniato udio tržnog korijena od 400 do 600 g u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 19,30 %, dok je u gnojenim varijantama iznosio 20,40 i 20 %. Udio tržnog korijena od 600 do 800 g u kontrolnoj gnojidbi sorte 'Bat' iznosio je 13,22 %, dok je u gnojenim varijantama iznosio 10,80 i 9,20 %. Kod sorte 'Boniato' udio tržnog korijena od 600 do 800 g u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 9,65 %, a u gnojenim varijantama je bio 14,25 i 11,72 %.

Krupnija frakcija, odnosno udio tržnog korijena od 800 do 1000 g u kontrolnoj gnojidbi sorte 'Bat' iznosio je 3,87 %, dok je u gnojenim varijantama iznosio 7,28 i 4,80 %. Kod sorte 'Boniato' udio tržnog korijena od 800 do 1000 g u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 6,05 %, dok je u gnojenim varijantama iznosio 5,69 i 5,09 %. Najkrupnija frakcija, odnosno udio tržnog korijena mase iznad 1000 g u kontrolnoj gnojidbi sorte 'Bat' iznosio je 7,83 %, dok je u gnojenim varijantama znatno povećan na 12,58 i 12,20 %. Kod sorte 'Boniato' udio tržnog korijena mase iznad 1000 g u kontrolnoj varijanti iznosio je 8,50 %, dok je u gnojenim varijantama iznosio 8,86 i 12,7 % što je kod obje sorte znatno više u odnosu na prvu godinu.

U drugoj godini istraživanja ukupan udio tržnog korijena sorte 'Bat' u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 78,1 % dok je u gnojenim varijantama iznosio 86,57 i 83,25 % što je znatno manje u odnosu na prvu godinu istraživanja, a pripisuje se slabijoj otpornosti sorte 'Bat' na sušu. Ukupan udio tržnog korijena sorte 'Boniato' u drugoj godini istraživanja u kontrolnoj gnojidbi iznosio je 87,8 % dok je u gnojenim varijantama iznosio 90,9 i 90,95 % što je znatno više u odnosu na prvu godinu istraživanja, a može se povezati s boljom otpornosti sorte 'Boniato' na sušu i većim indeksom lisne površine.

5. RASPRAVA

Batat je važna povrtna vrsta zbog iznimno velike nutritivne vrijednosti korijena i lista. Pripada u skupinu funkcionalne hrane zbog značajne količine specijaliziranih biljnih metabolita i antioksidativnih spojeva, ali i sadržaja esencijalnih minerala i dijetalnih vlakana (Islam, 2006). Specijalizirani biljni metaboliti doprinose boljim organoleptičkim i nutritivnim svojstvima povrća i voća. Specijalizirani biljni metaboliti su spojevi koji su sintetizirani u biljkama kao produkti sekundarnog metabolizma u interakciji biljke s agrookolišnim uvjetima. Pri tome antioksidansi imaju bitnu ulogu u ljudskoj prehrani zbog izražene funkcije zaštite organizma i jačanja imuniteta. Batat je zbog sadržaja specijaliziranih metabolita svrstan u funkcionalnu hranu, jer osim što je dobar izvor minerala i vitamina tijelo opskrbljuje i važnim antioksidansima (Teow i sur., 2007; Antia i sur., 2006; Mateljan 2010). Brojna istraživanja povezuju konzumiranje korijena i listova batata s različitim pozitivnim fiziološkim djelovanjem na zdravlje. List batata je fiziološka funkcionalna hrana koja omogućuje zaštitu od bolesti povezanih s oksidacijom, kao što je tumor, hepatotoksičnost, alergije, starenje i kardiovaskularne bolesti (Pada 2008; Islam, 2006; Rabah i sur., 2004; Islam i sur., 2009). Stoga konzumacija lista batata kao povrća, dodatka jelima ili suplementa može postati koristan prehrambeni izvor polifenolnih spojeva (Islam, 2006). Funkcionalne vrijednosti batata potaknule su poljoprivredne proizvođače na komercijalni uzgoj batata, kao nove povrtne kulture u Hrvatskoj. S obzirom na povećan interes za proizvodnjom batata stabilne antioksidacijske aktivnosti te malobrojne rezultate o toj problematici, uočena je potreba istraživanja utjecaja sorte i rastuće gnojidbe posebice kalijem na komponente prinosa, udio polifenola i antioksidacijsku aktivnost korijena i lista batata. S tim ciljem je provedeno ovo dvogodišnje istraživanje, radi utvrđivanja smjernica tehnologije uzgoja batata ujednačene kvalitete ali povećanih nutritivnih i funkcionalnih vrijednosti. Nakon statističke obrade podataka utvrđeno je da su oba istraživana faktora (sorta i gnojidba) imala značajan utjecaj na kemijski sastav i funkcionalnu vrijednost, morfološke karakteristike te prinos korijena i lista batata.

Tijekom istraživanja utvrđen je opravdan utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na **kemijski sastav**, odnosno udio suhe tvari u listu u obje godine istraživanja ('Bat' 5,97 do 7,34 % ST, 'Boniato' 5,81 do 7,29 % ST), udio sirovih proteina u listu ('Bat' 18,43 do 23,34 % SP/ST, 'Boniato' 18,81 do 21,13 % SP/ST), udio ukupnog N u listu ('Bat' 2,95 do 3,74 % N/ST, 'Boniato' 3,04 do 3,38 % N/ST), udio P u listu ('Bat' 0,22 do 0,33 % P/ST, 'Boniato' 0,21 do 0,34 % P/ST), udio K u listu ('Bat' 2,22 do 3,20 % K/ST, 'Boniato' 2,23 do 3,68 % K/ST). U korijenu je također utvrđen opravdan utjecaj sorte, gnojidbe i njihove interakcije na udio suhe tvari u obje godine istraživanja ('Bat' 14,50 do 25,28 % ST, 'Boniato'

16,15 do 23,64 % ST), udio sirovih proteina u korijenu ('Bat' 9,18 do 11,25 % SP/ST, 'Boniato' 8,56 do 11,44 % SP/ST), udio ukupnog N u korijenu ('Bat' 1,47 do 1,80 % N/ST, 'Boniato' 1,37 do 1,83 % N/ST), udio P u korijenu ('Bat' 0,15 do 0,28 % P/ST, 'Boniato' 0,19 do 0,27 % P/ST), i udio K u korijenu ('Bat' 1,49 do 2,34 % K/ST, 'Boniato' 1,18 do 1,81 % K/ST). Kemijski sastav, odnosno udio suhe tvari u batatu varira ovisno o dijelu biljke, razvojne faze i vremena berbe, a sastoji se od brojnih kemijskih spojeva. Osim ugljikohidrata, u batatu su u manjem udjelu zastupljene sirove masti i proteini, kao i značajne količine vitamina i minerala. Biljke bogate sirovim proteinima predstavljaju važan izvor aminokiselina u prehrani. Iako proteini u biljkama nisu postojani, nego se kontinuirano stvaraju i razlažu pod utjecajem agrookolišnih uvjeta, njihovo obnavljanje je puno brže u listu nego u korijenu. Količina vitamina i minerala u batatu također varira ovisno o biljnoj vrsti, starosti i dijelu biljke koji se analizira, ali i opskrbljenosti tla hranivima i vodom, kao i drugim vanjskim i unutarnjim faktorima rasta i razvoja biljke. Prema dosadašnjim rezultatima istraživanja Ukom i sur. (2009) utvrđen je značajan utjecaj gnojidbe kao i razlike unutar sorata prema sadržaju suhe tvari, ugljikohidrata, proteina, masti i sirovih vlakana, što je u skladu s našim istraživanjem.

Rezultati našeg istraživanja pokazuju značajan utjecaj gnojidbe na **udio suhe tvari** u listu, kao i značajan utjecaj gnojidbe i interakcije sorte i gnojidbe na udio suhe tvari u korijenu. Prema navodima Lešić i sur. (2016) sadržaj suhe tvari u korijenu batata se kreće od 28,9 do 33,9 % ST, što je znatno više u odnosu na naše rezultate dobivene odmah nakon vađenja korijena (14,4 do 25,3 % ST), jer se dužim skladištenjem korijena smanjuje sadržaj vode, a povećava udio suhe tvari. Istraživanja Sokoto i sur. (2007) pokazuju da maksimalna akumulacija suhe tvari u listu konstantno raste od 9 do 12 tjedana nakon sadnje batata, dok nakon petnaestog tjedna opada zbog starenja lista. Prema Nedunchezhiyan i sur. (2010) sadržaj suhe tvari, škroba i *beta*-karotena u korijenu batata je bio veći pri aplikaciji organskih gnojiva. Rezultati istraživanja Jian Wei i sur. (2001) pokazuju da je sadržaj suhe tvari rastao gnojidbom K do optimuma od 225 kg K_2O ha $^{-1}$, pri čemu je sadržaj suhe tvari korijena batata bio veći kod primjene kalijevog sulfata u odnosu na kalijev klorid. Suprotno tomu, istraživanja Okpara i sur. (2009) iznose da aplikacija N do 120 kg N ha $^{-1}$ utječe na povećanje suhe tvari. Rezultati istraživanja Dobričević i sur. (2008b) pokazuju da se ovisno o kultivaru i načinu termičke obrade sadržaj suhe tvari u korijenu batata kretao od 20,05 do 34,26 % ST. Prema istraživanju Gichuhi i sur. (2014) sadržaj vlage u korijenu batata sorte Beauregard (uz gnojidbu stajskim pilećim gnojem), kretao se od 77 do 78,6 % st, odnosno sadržaj suhe tvari se kretao od 23 do 21,4 % ST, dok je prema prijašnjim istraživanjima kod iste sorte izmjeren udio suhe tvari 17,3 do 25,1 % ST, a kod ostalih sorata se kretao od 17,82 do 38,18 % ST. Prema rezultatima istraživanja Ingabire i Vasanthakaalam (2011) na

dvije bijele i dvije žute sorte batata utvrđene su također razlike u kemijskom sastavu, odnosno sadržaju vlage od 62,58 do 64,34 % st te veći sadržaj *beta*-karotena u žutoj sorti, pri čemu se razlike u sadržaju vlage i *beta*-karotena mogu pripisati razlikama u genetskom sastavu i agrookolišnim uvjetima, što je potvrdilo i naše istraživanje. Rezultati istraživanja Sanoussi i sur. (2016a) na deset analiziranih lokalnih sorata batata, pokazuju također razlike u kemijskom sastavu, odnosno sadržaj suhe tvari korijena kretao se od 25,9 do 46,11 % ST. Sukladno našim istraživanjima rezultati istraživanja (George i sur., 2002) pokazuju opravdan utjecaj gnojidbe K na sadržaj suhe tvari.

Biljke bogate **sirovim proteinima** mogu predstavljati važan izvor aminokiselina u svakodnevnoj prehrani. Gnojidba uz ostala agrookolišna i genetska svojstva može značajno utjecati na sadržaj proteina u biljci što je potvrdilo i naše istraživanje. Značajno veći udio proteina u listu i korijenu utvrđen je kod rastuće gnojidbe, pri čemu je najveći udio proteina u listu od 23,34 % SP/ST utvrđen kod veće količine gnojidbe sorte 'Bat', dok je najveći udio proteina u korijenu zabilježen kod više razine gnojidbe sorte 'Boniato' od 11,44 % SP/ST. Prema istraživanju Shekbar i sur. (2015) udio sirovih proteina u narančastoj sorti batata iznosio je 4,85 % SP/ST, dok je kod bijele sorte utvrđen udio sirovih proteina od 2,93 % SP/ST, odnosno utvrđeno je da narančasta sorta sadrži veći udio ukupnih dušičnih spojeva. Prema istraživanju Rubatzky i Yamaguchi (1996) udio proteina u korijenu batata kod većine ispitivanih sorata se kretao između 1,5 % i 2,5 % SP/ST, što je znatno niže od prosjeka u usporedbi s ostalim povrćem, dok je udio proteina u listu bio za 30 % veći. Spomenuti rezultati su značajno niži u odnosu na naše rezultate dobivene za udio sirovih proteina u korijenu, osobito u gnojenim varijantama. Prema rezultatima istraživanja Sanoussi i sur. (2016a) na deset analiziranih lokalnih sorata batata udio proteina u batatu se kretao od 2,03 do 4,19 % SP/ST, dok je prema istraživanjima Ellong i sur. (2014) udio proteina u osam ispitanih sorata iznosio je od 1,27 do 3,28 % SP/ST, uz prosjek svih osam sorata od 2,39 % SP/ST. Ukom i sur. (2009) su također utvrdili razlike u udjelu proteina u batatu, pri čemu je gnojidba do 80 kg N ha $^{-1}$ značajno utjecala na povećanje udjela sirovih proteina. Prema navedenomu istraživanja Ukom i sur. (2009) utvrđen je također značajan utjecaj četiri razine gnojidbe N (0, 40, 80, 120 kg N ha $^{-1}$) na ukupan sadržaj sirovih proteina kod četiri ispitivane sorte. Sadržaj proteina se kretao do 6,13 % SP/ST kod gnojidbe 40 kg N ha $^{-1}$, te 9,84 % SP/ST kod gnojidbe 80 kg N ha $^{-1}$, što je sukladno našim rezultatima. Prema spomenutom istraživanju najviša razina N gnojiva nije imala značajan utjecaj na promatrane parametre kao niti na sadržaj suhe tvari, ugljikohidrata, masti i sirovih vlakana. Prema rezultatima istraživanja Ingabire i Vasanthakaalam (2011) na dvije bijele i dvije žute sorte batata utvrđene su također razlike u kemijskom sastavu, odnosno udio sirovih proteina je iznosio od 0,71 do 0,91 % SP/st. Prema rezultatima Sun i sur. (2014) udio proteina u listu batata

se kretao od 16,96 do 31,08 % SP/ST, dok su Nkongo i sur. (2014) utvrdili udio proteina u listu batata od 15,10 do 27,10 % SP/ST, značajno više u odnosu na korijen, što je sukladno našim rezultatima. Istraživanja George i sur. (2002) pokazuju da povećana gnojidba kalijem može dovesti do smanjenja sadržaja proteina, pri čemu su zabilježena odstupanja između različitih genotipova u sadržaju proteina.

Dovoljna raspoloživost **dušika** predstavlja bitan faktor u procesima rasta i razvoja biljke, kao i u postizanju optimalnih prinosa i kvalitete. Rezultati našeg istraživanja pokazuju značajan pozitivan utjecaj gnojidbe na udio N u korijenu i listu batata, pri čemu je udio N u listu bio očekivano značajno veći u odnosu na korijen. Obje sorte su kod veće razine gnojidbe imale veći udio dušika u korijenu i listu. Najveći udio N u listu 3,73 % N/ST zabilježen je kod sorte 'Bat', dok je najveći udio N u korijenu 1,83 % N/ST zabilježen kod sorte 'Boniato'. Slični rezultati istraživanja Agbede (2010) provedenim na batatu uz dva načina obrade tla te četiri razine gnojidbe, pokazuju značajan utjecaj gnojidbe na udio N u listu, analiziranom devedeset dana nakon sadnje. Prema rezultatima istraživanja Purcell i sur. (1982) utvrđena je signifikantna korelacija (r=0,724) između gnojidbe N i ukupnog udjela N u korijenu batata, dok gnojdba kalijem nije utjecala na udio N i sirovih proteina. Udio N u suhoj tvari kod gnojidbe od 112 kg N ha^{-1} iznosio je 1,46 % N/ST. Prema istom istraživanju nije utvrđena značajana korelacija između gnojidbe N i prinosa batata, dok je gnojidba kalijem zanačajno utjecala na povećanje prinosa uz korelacijski koeficijent (r=0,874) što je sukladno našim istraživanjima.

Batat kao funkcionalna hrana sadrži značajne **količine minerala** i vitamina. Količina minerala u biljkama varira ovisno o biljnoj vrsti, starosti i dijelu biljke koji analiziramo, ali i opskrbljenosti tla hranivima i vodom te drugim agrookolišnim faktorima. Prema Laurie i sur. (2012) osim razlika između 12 sorata batata prema kemijskom sastavu, odnosno sadržaju minerala, odstupanja se mogu pripisati razlikama u mineralnom sastavu tla, pH tla ali i interakcije sorte i agrookolišnih uvjeta, što su potvrdila i naša istraživanja. Provedenim istraživanjem Ukom i sur. (2009) utvrđen je utjecaj gnojidbe N na smanjen sadržaj P, dok je sadržaj K pri gnojidbi od 40 kg N ha^{-1} povećan kod većine ispitivanih sorata, što može biti uvjetovano međusobnim odnosom N i K. Prema rezultatima istraživanja Gichuhi i sur. (2014) s gnojidbenim pokusima pilećim gnojem (0, 0,5, 1, 2 i 3 t ha^{-1}), utvrđene su također razlike u kemijskom sastavu uvjetovane gnojidbom, odnosno sadržaj pepela u batatu se kretao od 0,91 do 1,37 % PP/ST uz visoki faktor korelacije (r= 0,90), zbog bolje pristupačnosti i apsorpcije minerala iz tla, što su pokazala i prijašnja istraživanja. Prema rezultatima istraživanja Shekbar i sur. (2015) utvrđene su značajno veće vrijednosti, odnosno udio pepela kod narančaste sorte iznosio je 4,7 % PP/ST, dok je

kod bijele sorte udio pepela iznosio 4,46 % PP/ST. Rezultati istraživanja Sun i sur. (2014) pokazuju da je sadržaj pepela u listu batata značajno veći u odnosu na korijen, a kretao se od 7,39 do 14,66 % PP/ST, jer su listovi batata također bogat izvor minerala K, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu i vitamina. Rezultatima istraživanja Sanoussi i sur. (2016b) utvrđen je kod narančaste sorte znatno veći udio Fe, Ca i Mg u odnosu na žutu i bijelu sortu, dok je veći sadržaj K i Na utvrđen u žutoj sorti, što potvrđuje da narančasta i žuta sorta imaju znatno veće količine minerala od bijele sorte, što su potvrdila i naša istraživanja za sadržaj K u korijenu.

Kod dobre opskrbljenosti batata **kalijem** dolazi do povećanja neto asimilacije i brže sinteze rezervnih tvari, ali i boljeg djelovanja drugih biogenih elemenata i faktora rasta, što može značajno utjecati na kvalitetu i povećanje prinosa. Prema navodima Lešić i sur. (2016) udio kalija varira od 2,29 do 3,30 % K/ST. Rezultati našeg istraživanja pokazuju značajnu razliku u sadržaju K u listu i korijenu batata kod različitih razina gnojidbe. Značajan pozitivan utjecaj sorte i gnojidbe te njihove interakcije na udio K u korijenu i listu zabilježen je i u našem istraživanju. Najveći udio K u listu zabilježen je kod sorte 'Boniato' 3,68 % K/ST pri višoj razini gnojidbe, dok je najveći udio K u korijenu 2,34 % K/ST utvrđen kod više razine gnojidbe sorte 'Bat'. Usporedivi rezultati istraživanja Agbede (2010) provedeni na batatu, uz dva načina obrade tla (nulta i konvencionalna obrada) te četiri razine gnojidbe (kontrola, 250 kg ha $^{-1}$ NPK 15:15:15, 10 t ha $^{-1}$ pilećeg gnoja i 125 kg ha $^{-1}$ NPK + 5 t ha $^{-1}$ pilećeg gnoja), pokazuju značajan utjecaj gnojidbe na sadržaj K u listu devedeset dana nakon sadnje, što je potvrdilo i naše istraživanje. Prema rezultatima istraživanja Ellong i sur. (2014) udio kalija u korijenu osam ispitivanih sorata batata kretao se od 1,21 do 6,69 % K/ST, dok je prema našim istraživanjima najmanji udio K u korijenu iznosio 1,20 % K/ST, a najveći kod više razine gnojidbe 2,34 % K/ST. Prema rezultatima istraživanja Laurie i sur. (2012) sadržaj kalija u batatu se kretao od 1,91 do 3,34 % K/ST, odnosno 2,78 % K/ST je bio prosjek analiziranih uzoraka, što je sukladno našim istraživanjima. Prema rezultatima istraživanja Sanoussi i sur. (2016b) utvrđen je povećan udio kalija u svim analiziranim uzorcima lista batata od 15,83 do 19,78 %, odnosno od 3,11 do 3,27 % K/ST, što se slaže s našim rezultatima istraživanja za sadržaj kalija u listu kod rastuće gnojidbe. Rezultati našeg istraživanja pokazuju da je rastuća gnojidba K rezultirala pozitivnom korelacijom između gnojidbe i udjela K u korijenu, što kasnije može utjecati na duže skladištenje i usporen postupak fermentacije i propadanja uskladištenog korijena. Druga značajna funkcija kalija u listu kod održavanja turgora i regulacije mehanizma rada stoma došla je do izražaja u našem istraživanju u sušnom periodu. To je zabilježeno kod batata koji ima veću lisnu površinu, što je utjecalo na smanjene posljedice suše u 2009. godini, osobito kod sorte 'Boniato'. Istraživanja George i sur. (2002) pokazuju različita odstupanja u učinkovitom

usvajanju i sadržaju kalija unutar različitih genotipova batata. Najveći sadržaj kalija kod batata zbilježen je u korijenu i peteljkama, za razliku od našeg istraživanja gdje je veći udio kalija utvrđen u listovima, dok se manji udio kalija u korijenu u drugoj godini može pripisati slabijem usvajanju od strane biljaka, koje može biti inhibirano nedostatkom oborina.

Najveće potrebe batata za **fosforom** su u vrijeme intenzivnog razvoja korijena i prilikom prelaska biljke iz vegetativnu u generativnu fazu. Nedostatak fosfora može dovesti do slabijeg rasta biljaka i korijenovog sustava, ali i do nižeg prinosa i smanjene nutritivne vrijednosti. Prema navodima Lešić i sur. (2016) udio fosfora u batatu varira od 0,21 do 0,65 % P/ST. Rezultati našeg istraživanja pokazuju da je rastuća gnojidba imala značajan pozitivan utjecaj na sadržaj fosfora u listu te opravdan utjecaj na sadržaj fosfora u korijenu. Najveći udio fosfora u listu 0,34 % P/ST utvrđen je kod sorte 'Boniato' pri višoj razini gnojidbe, dok je najveći udio fosfora u korijenu 0,28 % P/ST utvrđen kod sorte 'Bat' pri višoj razini gnojidbe. Rezultati istraživanja Dumbuya i sur. (2016) provedeni na batatu uz pet razina gnojidbe P (kontrola, 30, 60, 90 i 120 kg P_2O_5 ha^{-1}) pokazuju da količina od 60 P_2O_5 ha^{-1} daje najveći prinos korijena po biljci i najveći sadržaj suhe tvari, dok veće količine P nemaju značajan utjecaj na promatrane parametre. Istraživanja Abdissa i sur. (2012) kod primjene različitih količina fosfora (0, 90 i 180 kg ha^{-1}) nisu pokazala utjecaj na povećanje prinosa batata i drugih istraživanih parametara, osim na vrijeme cvatnje i dozrijevanje. Također provedenim istraživanjem Nicholaides i sur. (1985) kod gnojidbe fosforom nije zabilježen značajan utjecaj na prinos i kvalitetu batata. Gnojidba fosforom u količini od 90 kg ha^{-1} u kombinaciji sa stajnjakom (5, 10, 15, 20 t ha^{-1}) rezultirala je povećanjem suhe tvari kod batata. Sličnim istraživanjima koja su proveli Pasković i sur. (2013) kod primjene organskih gnojiva uz dodatak makro i mikroelemenata putem tla, značajno je povećan udio P, K i Mg u lišću radića.

Polifenolni spojevi obuhvaćaju veliku skupinu specijaliziranih biljnih metabolita koji doprinose boljim organoleptičkim i nutritivnim svojstvima batata. Prisutnost polifenola u batatu ovisi o agrookolišnim uvjetima, uvjetima sazrijevanja i skladištenja, kao i genetskim svojstvima povrća (Alam i sur., 2016; Kuti i Konuru, 2004; Radojčić Redovniković i sur., 2012; Bogović i sur., 2010). Smatra se da je biološka aktivnost polifenola povezana s njihovim antioksidacijskim svojstvima koja su uglavnom posljedica njihove sposobnosti uklanjanja slobodnih radikala i slobodnih kisikovih skupina te stvaranja kompleksa s metalnim ionima, čime se sprječava oksidacija metala s kisikom (Schmalhausen i sur., 2007). Biljke posjeduju izrazito učinkovite sustave obrane kojima se brane od razarajućeg djelovanja reaktivnih oblika kisika. Na biosintezu i sadržaj specijaliziranih biljnih metabolita utječu promjene okolišnih uvjeta, stoga mogu biti dobri pokazatelji biotičkih i abiotičkih stresnih uvjeta. Njihov sadržaj ovisi o tome u kojem se organu, tkivu ili stanici nalaze te se

mijenja u ovisnosti o godišnjim dobima i starosti biljke. Antioksidansi kao specijalizirani biljni metaboliti imaju vrlo važnu ulogu u ljudskoj prehrani zbog izražene funkcije zaštite organizma i jačanja imuniteta (Dragović-Uzelac i sur., 2009). Polifenolni spojevi lista batata pokazuju različito fiziološko djelovanje: antioksidativnu aktivnost i mogućnost čišćenja organizma od slobodnih radikala, antimutagenost, antikancerogenost, antidijabetičku i antibakterijsku aktivnost. Antocijanini pokazuju pozitivne terapijske učinke u liječenju dijabetičke retinopatije, fibrocistične bolesti dojke, te poremećajima vida. Također mogu imati potencijalne fiziološke učinke kao kemozaštitna i protuupalna sredstva (Islam, 2002 i 2006). Sve se više prepoznaje prehrambena vrijednost lista batata, kao što je i sve veće razumijevanje povezanosti prehrane i čovjekovog zdravlja (Nkongo, 2014).

Brojna istraživanja pokazuju da konzumiranjem hrane bogate antioksidansima, pomažemo organizmu u obrani od različitih bolesti koje uzrokuju slobodni radikali. Prirodni antioksidansi su biljnog porijekla, nastaju u sekundarnom metabolizmu biljaka i prisutni su u svim vrstama svježeg voća i povrća (Shetty i sur., 2013). Najpoznatiji antioksidansi su vitamin C i E, *beta*-karoten te polifenolni spojevi. Prema dosadašnjim istraživanjima narančaste sorte batata sadrže velike količine *beta*-karotena, dok ljubičaste sorte sadrže antioksidans antocijanin. Prema Novaku (2001) korijen batata težine 200 g daje istu količinu *beta* -karotena kao i 5 kg brokule. Rezultati istraživanja Laurie i sur. (2012) pokazuju da je gnojidba narančastog batata utjecala na sadržaj *beta*-karotena, kao važnog antioksidansa, koji je bio za 14 % veći u odnosu na kontrolnu varijantu. Prema rezultatima istraživanja Ukom i sur. (2009) utvrđen je također značajan utjecaj četiri razine gnojidbe N (0, 40, 80, 120 kg N ha $^{-1}$) na ukupan sadržaj *beta*-karotena kao važnog antioksidansa. Prema istraživanju Ukom i sur. (2009) utvrđene su također razlike u kemijskom sastavu unutar sorata prema sadržaju *beta*-karotena u korijenu žute sorte, dok kod sorte s bijelim parenhimskim tkivom nije utvrđen *beta*-karoten.

Vrijednosti **antioksidacijske aktivnosti (AAK) lista i udio ukupnih polifenola (UP)** sorte 'Bat' su rasle s povećanjem gnojidbe (AAK 80,07 do 121,27 µmol TE g^{-1} ST, odnosno UP 14,38 do 23,17 mg GAE g^{-1} ST u 2008. godini te AAK 396,87 do 422,02 µmol TE g^{-1} ST, odnosno UP 48,52 do 50,25 mg GAE g^{-1} ST u 2009. godini), a vrijednosti sorte 'Boniato' su padale (u 2008. godini AAK 126 do 104 µmol TE g^{-1} ST, odnosno UP 22,03 do 20,58 mg GAE g^{-1} ST te rasle u 2009. godini AAK 396,38 do 474,96 µmol TE g^{-1} ST, odnosno UP 50,02 do 53,31 mg GAE g^{-1} ST). Uspoređujući naše sorte veću prosječnu vrijednost AAK i udio UP u listu imala je sorta 'Boniato' u odnosu na sortu 'Bat'. Prema rezultatima istraživanja Radojčić Redovniković i sur. (2012) sorta je utjecala na povećanje razine fenolnih spojeva, flavonoida i antioksidacijske aktivnosti lista batata. Rezultati istraživanja Belko (2010) pokazuju slične vrijednosti kod primjene dodatka Fitolife i Zeolita

prema kojem je udio polifenola u listu iznosio UP 49,39 do 50,08 mg GAE g^{-1} ST, što je slično našim rezultatima. Prema rezultatima istog istraživanja ORAC vrijednosti u listu kod primjene Zeolita iznosile su za AAK 401,68 µmol TE g^{-1} ST, dok su kod primjene Fitolife iznosile AAK 401,68 µmol TE g^{-1} ST, što se slaže s rezultatima našeg istraživanja. Slične rezultate istraživanja udjela ukupnih polifenola i antioksidacijske aktivnosti iznosi Radojčić Redovniković i sur. (2010) kod primjene dodatka Fitolife i Zeolita kod tri različite metode određivanja AAK (ORAC, FRAP i ABTS). Prema istom istraživanju utvrđene su značajno veće vrijednosti udjela UP i AAK u listu batata u odnosu na korijen, što je sukladno našim istraživanjima. Rezultati istraživanja Sun i sur. (2014) provedeni na četrdeset uzoraka batata pokazuju visok koeficijent korelacije između antioksidacijske aktivnosti i udjela ukupnih polifenola (0,76032, $P<0,001$), što potvrđuje važnost polifenola kao najvažnijih antioksidanasa u listu batata. Prema navodima Horvat (2015) povećanjem udjela fenolnih spojeva u listovima smilja, povećavao se i antioksidacijski kapacitet smilja prema metodama ABTS i FRAP dok je metoda DPPH pokazala smanjenje antioksidacijske aktivnosti, što se može objasniti stvaranjem vodikovih veza između otapala (etanol, voda) i povišenog udjela fenolnih spojeva, koje su utjecale na smanjenu stopu reakcije između radikala i antioksidanasa (fenolnih spojeva) iz listova smilja. Rezultati istraživanja Islam i sur. (2002b) provedeni na 1389 genotipova batata prikupljenih iz cijelog svijeta, pokazuju velike razlike u odnosu na udio ukupnih i pojedinačnih polifenola u listu batata. Kod svih analiziranih genotipova ukupan sadržaj polifenola u listu kretao se od 1,42 do 17,1 mg 100 g^{-1} ST, što je usporedivo s našim rezultatima. Prema rezultatima istraživanja Radojčić Redovniković i sur. (2012) gnojidba kalijem je utjecala na povećanje razine fenolnih spojeva, flavonoida i antioksidacijske aktivnosti lista batata, što je sukladno našim rezultatima. Prema rezultatima istraživanja Gichuhi i sur. (2014) gnojidba je također utjecala na sadržaj C vitamina u batatu koji se kretao od 6,43 do 15,51 mg/100 g ovisno o količini primijenjenog pilećeg gnoja, dok se sadržaj *beta*-karotena kretao od 139 µg/g do 263 µg/g. Veći udio spomenutih vitamina može imati važnu ulogu u ukupnoj antioksidacijskoj aktivnosti biljke. Rezultati istraživanja Padda i Picha (2007) pokazuju da je četiri puta veći udio UP i AAK utvrđena u mlađem lišću u odnosu na starije lišće.

Ostvarene su veće vrijednosti udjela **pojedinačnih i ukupnih flavonoida (UF) u listu** (UF 'Bat' 8,27 do 11,58 mg g^{-1} ST i UF 'Boniato' 9,56 do 20,61 mg g^{-1} ST). Razlike u sastavu i sadržaju flavonoida utvrđene su i u prijašnjim istraživanjima (Carvalho i sur., 2010; Ojung i sur., 2008). Od pojedinačnih flavonoida u listu batata utvrđeni su: kvercetin, miricetin, apigenin i kemferol kod sorte 'Bat', dok su kod sorte 'Boniato' utvrđeni samo miricetin i kvarcetin, što je usporedivo s rezultatima istraživanja Bogović i sur. (2013) kod primjene dodatka Fitolife. Prema spomenutom istraživanju utvrđena je veća varijabilnost u

sadržaju flavonoida u usporedbi sa sadržajem fenolnih kiselina u listu batata kod primjene dodatka Fitolife. Prema istraživanju Ojong i sur. (2008) u listovima deset različitih kultivara identificirano je pet pojedinačnih flavonoida (kvercetin, miricetin, luteolin, apigenin i kemferol). Prema našem istraživanju miricetin kod sorte 'Bat' se kretao od 0,34 do 0,78 mg g^{-1} ST dok je kod sorte 'Biniato' bio značajno veći od 4,17 do 12,09 mg g^{-1} ST; kvercetin je iznosio za sortu 'Bat' 0,58 do 0,74 mg g^{-1} ST, a za sortu 'Boniato' bio je značajno veći od 2,80 do 9,41 mg g^{-1} ST, dok su apigenin (2,03 do 5,16 mg g^{-1} ST) i kemferol (1,48 do 5,12 mg g^{-1} ST) utvrđeni samo kod sorte 'Bat', a kod sorte 'Boniato' nisu identificirani.

Vrijednosti **antioksidacijske aktivnosti korijena (AAK) i udio ukupnih polifenola (UP)** sorte 'Bat' su rasle kod rastuće gnojidbe (AAK 9,26 do 17,40 µmol TE g^{-1} st, odnosno udio UP 2,30 do 4,32 mg GAE g^{-1} st u 2008. godini i AAK 48,73 do 61,56 µmol TE g^{-1} st, odnosno udio UP 13,03 do 16,08 mg GAE g^{-1} st u 2009. godini). Vrijednosti sorte 'Boniato' su padale kod rastuće gnojidbe (AAK 30,69 do 20,34 µmol TE g^{-1} st, odnosno udio UP 7,62 do 5,05 mg GAE g^{-1} st u 2008. godini, a u 2009. godini AAK 51,00 do 48,08 µmol TE g^{-1} st, dok je udio polifenola rastao UP 11,88 do 13,02 mg GAE g^{-1} st). Prema rezultatima istraživanja Shekbar i sur. (2015) u korijenu bijelih sorata batata utvrđen je veći udio ugljikohidrata i fenola, dok je u narančastoj sorti utvrđen veći udio proteina, flavonoida, antocijana i karotenoida što se može pripisati utjecaju sorte. Sadržaj ukupnih polifenola u narančastoj sorti batata iznosio je 1,49 mg GAE g^{-1} st , dok je u bijelom iznosio 1,58 mg GAE g^{-1} st prema Folin Ciocalteu reagensu. Sadržaj ukupnih flavonoida u bijeloj sorti iznosio je 0,617 mg g^{-1} ST, dok je u narančastoj sorti iznosio 0,705 mg g^{-1} ST, što je niže u odnosu na vrijednosti dobivene u našem istraživanju. Ukupan sadržaj antocijana u spomenutom istraživanju kod narančaste sorte iznosio je 0,016 mg g^{-1} ST a kod bijele sorte 0,012 mg g^{-1} ST. Sadržaj ukupnih karotenoida kod narančaste sorte iznosio je 0,047 mg g^{-1} ST i bijele 0,006 mg g^{-1} ST, što potvrđuje da se sadržaj karotenoida i polifenola razlikuje između sorti, a smatra se da su povezani genetskim faktorima bitnim za nastajanje sekundarnih metabolita. Rezultati istraživanja Rumbaoa i sur. (2009) pokazuju da su razlike između sorata bitno utjecale na udio ukupnih polifenola u batatu. Sorta batata s ljubičastim parenhimom imala je najveći sadržaj polifenola, nešto manje tamno ljubičasta sorta, dok su znatno manji udio imale bijela i žuta sorta, što je u skadu s prijašnjim istraživanjima (Teow i sur. 2007). Navedene razlike u sadržaju polifenola mogu se pripisati utjecaju genotipova na akumulaciju fenolnih spojeva, te sintezi različitih količina i vrsta polifenola u određenim stresnim uvjetima. Prema istom autoru istraživane sorte su sadržavale od 50,1 do 362,8 mg GAE g^{-1} u svježoj tvari, pri sadržaju vlage od 63,2 do 74,0 %, odnosno od 192,7 do 1159 mg GAE g^{-1} u suhoj tvari batata. Kod navedenog istraživanja nije utvrđena značajna korelacija ($P>0,05$; $R=0,242$) između sadržaja ukupnih polifenola i antioksidacijske

aktivnosti, što ukazuje na prisutnost ostalih spojeva (C vitamina i β-karotena) koji doprinose većoj antioksidacijskoj aktivnosti korijena batata. Prema istom istraživanju utvrđeno je da su antocijanini glavni antioksidansi u korijenu ljubičaste sorte batata (što su potvrdila i prijašnja istraživanja). Rezultati istraživanja Rautenbach i sur. (2010) provedeni na 4 sorte batata, pokazuju da dvije narančaste sorte sadrže značajno više *beta*-karotena, klorogenske kiseline i vitamina C u odnosu na druge dvije žute sorte. Prema istom autoru toplinskom obradom je smanjen sadržaj karotenoida i vitamina C, ali je porastao sadržaj klorogenske kiseline i antioksidacijska aktivnost. Prema rezultatima istraživanja Vitali i sur. (2008) udio slobodnih polifenola u narančastom batatu je bio 406,8 mg 100 g^{-1} ST, dok je u crvenom batatu iznosio 420 mg 100 g^{-1} ST , od čega je udio bioraspoložive fenolne frakcije bio 374 i 390,5 mg 100 g^{-1} ST batata. Prema navedenom istraživanju u uzorcima kore obje sorte batata, pronađeni su vrlo visoki udjeli prehrambenih vlakana i polifenola. Prema istraživanju Ellong i sur. (2014) sadržaj ukupnih polifenola kretao se od 76,00 do 256,85 mg/100 g. Prema istom istraživanju utvrđen je visoki udio C vitamina od 4,10 do 29,05 mg 100 g $^{-1}$ ST i sadržaj *beta*-karotena od 18,9 do 366,7 µg 100 g^{-1} ST, što može značajno utjecati na antioksidacijsku aktivnost batata. Prema Andračić (2012) genetska raznolikost kultivara ozimog slavonskog češnjaka značajno je utjecala na sadržaj askorbinske kiseline i ukupnu antioksidacijsku aktivnost. Prema rezultatima istraživanja Eleazu i Ironua (2015) analizom korijena batata utvrđena je također i velika zastupljenost flavonoida 50,77 mg 100 g^{-1}, ali i ukupnih polifenola te antioksidacijska aktivnost prema DPPH metodi. Rezultati istraživanja Padda i Picha (2007) pokazuju da je četiri puta veći udio UP i AAK utvrđena u korijenu batata na početku vegetacije u odnosu na rezultate provedenih mjerenja na kraju vegetacije.

Morfološka svojstva značajno utječu na prilagodljivost batata na nepovoljne biotske i abiotske čimbenike. Brojna istraživanja potvrđuju da u različitim agroekološkim uvjetima morfološka i genetska svojstva mogu imati pozitivan ili negativan učinak na komponente prinosa. Tijekom našeg istraživanja utvrđen je promjenjiv utjecaj sorte i gnojidbe te njihove interakcije na morfološka svojstva (duljina vriježe, broj vrježa, broj listova i indeks lisne površine), pri čemu je sorta 'Boniato' imala značajno veće vrijednosti u odnosu na sortu 'Bat'. Opravdan utjecaj interakcije sorte i gnojidbe u našem istraživanju utvrđen je za sva promatrana svojstva. Duljina vriježe trideset dana nakon sadnje iznosila je ('Bat' 27,68 do 29,90 cm, 'Boniato' 30,00 do 31,88 cm), broj vrježa ('Bat' 1,57 do 1,80, 'Boniato' 1,63 do 1,80), broj listova ('Bat' 21,93 do 25,78, 'Boniato' 28,88 do 40,45), indeks lisne površine ('Bat' 200,40 do 235,63 cm^2, 'Boniato' 263,93 do 369,73 cm^2). Duljina vriježe šezdeset dana nakon sadnje iznosila je ('Bat' 50,93 do 61,45 cm, 'Boniato' 59,83 do 63,78 cm), broj vrježa ('Bat' 12,80 do 15,38, 'Boniato' 15,40 do 18,28), broj listova ('Bat' 219,30

do 255,25, 'Boniato' 313,93 do 369,00), indeks lisne površine ('Bat' 2004,40 do 2330,70 cm^2, 'Boniato' 2869,25 do 3305,95 cm^2). Značajno veće vrijednosti mjerenih morfoloških svojstava u našem istraživanju zabilježena su kod sorte 'Boniato' kao sortno svojstvo. Slične rezultate dobivene kod primjene Fitolife i Zeolita u uzgoju batata iznosi Bogović i sur. (2009). Prema istraživanju Mukhtar i sur. (2010) zabilježen je također značajan utjecaj sorte na lisnu masu, odnosno purpurno crvena sorta u provedenim gnojdbenim pokusima imala je značajno veći broj vrježa u odnosu na narančastu sortu, što je u skladu s rezultatima našeg istraživanja. Također rezultati istraživanja Osundare (2004) pokazuju značajan utjecaj gnojidbe mineralnim i organskim gnojivima na povećanje lisne površine batata, što potvrđuju i rezultati našeg istraživanja. Slični rezultati istraživanja Agbede (2010) provedeni na batatu uz dva načina obrade tla, te četiri razine gnojidbe, pokazuju značajan utjecaj gnojidbe na lisnu površinu, analiziranom devedeset dana nakon sadnje. Istraživanja Okpara i sur. (2009) iznose da aplikacija N do 120 kg N ha^{-1} utječe na povećanje indeksa lisne površine. Ovisno o sorti postoje razlike i u ostalim teksturnim svojstvima korijena batata. Prema rezultatima istraživanja Ellong i sur. (2014) kod osam različitih sorata utvrđena je također statistički značajna razlika između ostalih ispitivanih teksturnih svojstava: elasticiteta, kohezije, tvrdoće, rastezljivosti i sile pucanja korijena, kao važnih agronomskih svojstava koja mogu utjecati na ukupan prinos.

Važne sastavnice **prinosa** u komercijalnoj poizvodnji batata su: ukupna masa korijena, broj i masa korjenova po biljci, ukupan tržni prinos i udio pojednih frakcija tržnog korijena te u proizvodnji lista ukupna nadzemna lisna masa i indeks lisne površine. Utjecaj rastuće gnojidbe kalijem u našem istraživanju rezultirao je povećanim prinosom obje sorte aktivacijom enzima (zbog povećane neto asimilacije, uz bržu sintezu rezervnih tvari: škrob, saharoza, lipidi i proteini), kao i povećanjem krupnije frakcije tržnog korijena. Prosječan prinos korijena za obje godine istraživanja kod sorte Bat iznosio je 3,78 kg m^{-2} odnosno pri različitim razinama gnojidbe (3,59, 3,83 i 4,15 kg m^{-2}), dok je kod sorte Boniato prosječan prinos bio 3,69 kg m^{-2}, a u gnojenim varijantama (3,11, 3,73 i 4,25 kg m^{-2}). Navedeni razultati našeg istraživanja su usporedivi s rezultatima istraživanja Novak i sur. (2006). Usporedive rezultate dobivene kod primjene Fitolife i Zeolita u uzgoju batata iznosi Bogović i sur. (2009). Opravdano najveći prinos korijena u prvoj godini istraživanja zabilježen je kod sorte Bat pri višoj razini gnojidbe, dok je u drugoj godini opravdano najveći prinos zabilježen kod sorte Boniato pri višoj razini gnojidbe. U prvoj godini istraživanja sorta 'Bat' je ostvarila značajno veći prinos korijena u odnosu na sortu 'Boniato' zbog zadovoljavajućih agroekoloških uvjeta i dovoljne količine oborina. U drugoj godini istraživanja kada su pale značajno manje količine oborina sorta 'Boniato' je ostvarila značajno veći prinos korijena. Pretpostavlja se da je sorta 'Boniato' zbog značajno većeg indeksa lisne površine pokazala bolju otpornost

na sušu, što je dodatno došlo do izražaja zbog povećane gnojidbe kalijem, koja je utjecala na zatvaranje puči i smanjenje transpiracije. Pretpostavlja se da je pri većoj koncentraciji ugljičnog dioksida u gustoj nadzemnoj masi, moglo doći do intenzivnije fotosinteze i većeg nakupljanja ugljikohidrata, odnosno škroba u korijenu sorte 'Boniato'. Osim toga, sorta 'Boniato' je nadzemnom lisnom masom bolje prekrila tlo i na taj način spriječila evaporaciju te time osigurala bolje usvajanje hraniva iz tla.

Sve navedeno može predstavljati prednosti za uzgoj sorte 'Boniato' bez navodnjavanja ili u aridnim područjima. Rezultati našeg istraživanja potvrđuju pozitivan učinak interakcije sorte i gnojidbe na prinos korijena i nadzemne lisne mase. Prosječan prinos nadzemne lisne mase za obje godine istraživanja kod sorte 'Bat' iznosio je 2,83 kg m^{-2} odnosno pri različitim razinama gnojidbe (1,93, 3,07 i 3,48 kg m^{-2}), dok je kod sorte 'Boniato' prosječan prinos nadzemne lisne mase bio 4,47 kg m^{-2}, a u gnojenim varijantama (3,73, 4,46 i 5,21 kg m^{-2}). Prema istraživanjima Jian Wei i sur. (2001) veća količina K gnojiva (300 kg K_2O ha^{-1}) dala je značajno veći prinos na sve tri ispitivane lokacije. Prema rezultatima Yeng i sur. (2012) istraživanja provedena na batatu sa šest razina gnojidbe mineralnim NPK i organskim (pilećim) gnojem, utjecala su značajno na povećanje prinosa batata i veći udio krupnije frakcije korijena. Prema rezultatima istraživanja Shekbar i sur. (2015) utvrđena je veća masa korijena i veći prosječan prinos kod narančaste sorte, što je bilo usko povezano s procesima u biljci i fotosintezom kao ključnim faktorom za rast biljke i produktivnost. Prema navedenom istraživanju utvrđena je i manja razgradnja škroba i celuloze tijekom skladištenja kod narančaste sorte kao sortno svojstvo, što je povezano s regulacijom gena odgovornih za razgradnju škroba. Prema rezultatima istraživanja Sanoussi i sur. (2016b) prinosi korijena batata narančaste sorte kretali su se od 18,51 do 36,96 t ha^{-1}, bijela sorta s crvenom pokožicom ostvarila je prinose od 33,90 do 40,80 t ha^{-1}, dok se prinos žute sorte kretao od 12,65 do 39,88 t ha^{-1}. Navedeni rezultati su u skladu s našim istraživanjem te u skladu s navodima Bogović i sur. (2010). Prema rezultatima istraživanja Ellong i sur. (2014) kod osam različitih sorata utvrđena je prosječna dužina korijena od 15,35 do 21,21 cm, promjer korijena od 5,65 do do 9,55 cm i težina korijena od 300,20 do 647,75 g. Prema rezultatima istraživanja Osundare (2004) gnojidba mineralnim i organskim gnojivima rezultirala je značajnim povećanjem duljine korijena i prinosa batata. Rezultati istraživanja Purcell i sur. (1982) pokazuju da je gnojidba kalijem (280 kg ha^{-1}) značajno utjecala na povećanje prinosa batata (45,1 t ha^{-1}), što je u skladu s našim rezultatima kod rastuće gnojidbe kalijem. Prema rezultatima istraživanja Agbede (2010) provedenim na batatu uz dva načina obrade tla, te četiri razine gnojidbe, utvrđen je značajan utjecaj gnojidbe na povećanje prinosa korijena batata (od 39 do 83 %) u odnosu na kontrolu što se može usporediti s našim istraživanjem. Prema istraživanju Bourke (1985)

gnojidba kalijem u količini od 375 kg K ha^{-1} je dala znatno veći prinos korijena batata, veći broj i težinu korijena te veći postotak suhe tvari, što je sukladno našim istraživanjima. Utjecaj kalija u provedenom istraživanju bio je vidljiv već sedam tjedana nakon sadnje i gnojidbe batata. Prema istraživanjima Muoneke i sur. (2010) provedenom na dva kultivara batata, vrijeme primjene gnojidbe kalijem nije rezultiralo značajnim razlikama između kultivara u parametrima rasta, osim na količinu prinosa i sadržaj suhe tvari. Povećanje prinosa je zabilježeno kod primjene 100 kg K ha^{-1} četiri tjedna nakon sadnje, te kod primjene 50 kg K ha^{-1} nakon četiri tjedna uz 50 kg K ha^{-1} nakon osam tjedana, u odnosu na kasniju gnojidbu kalijem. Iako se u gnojidbi gomoljastog i korjenastog povrća preporučuje primjena K u obliku kalijevog sulfata, istraživanja Nicholaides i sur. (1985) kod primjene K u obliku kalijevog klorida nisu utvrdila značajan utjecaj klora u količini od 22,8 g kg^{-1} na prinos i kvalitetu batata. U obje godine istraživanja prema rezultatima našeg istraživanja u interakciji sorte i gnojidbe ostvaren je veći udio krupnije frakcije korijena ('Bat' 17,29 do 19,86% i 'Boniato' 9,61 do 17,79 %) i veći udio ukupnog tržnog korijena ('Bat' 89,78 do 91,12 % i 'Boniato' 83,77 do 87,68 % u 2008. godini te u 2009. godini 'Bat' 78,1 do 86,57 % i 'Boniato' 87,80 do 90,95 %). Usporedive rezultate prema udjelu tržnog korijena dobivene kod primjene Fitolife i Zeolita u uzgoju batata iznosi Bogović i sur. (2009).

Važno je naglasiti da rezultati ovog istraživanja predstavljaju detaljan pregled utjecaja sorte i gnojidbe na morfološke karakteristike i sastavnice prinosa, količinu minerala, bioaktivnih komponenata (udjela ukupnih i pojedinačnih polifenola i antioksidacijsku aktivnost korijena i lista batata). Kontrolom i upravljanjem čimbenika u proizvodnji batata (tlo, gnojidba, navodnjavanje) može se značajno utjecati na sastavnice prinosa kao i na nutritivnu vrijednost batata. Očekuje se da će provedeno istraživanje doprinijeti povećanju komercijalne proizvodnje batata u Hrvatskoj kao nutritivno vrijedne namirnice. Mogućnosti iskorištavanja cijele biljke batata kao funkcionalne hrane potaknut će veće korištenje korijena i lista batata u svakodnevnoj prehrani. Dobiveni rezultati predstavljaju smjernice za optimalne kombinacije sorte i gnojidbe kalijem u integriranoj proizvodnji batata povećane nutritivne vrijednosti i zadovoljavajućeg prinosa. Nadalje, ti rezultati mogu poslužiti kao smjernice u integriranoj proizvodnji batata kao funkcionalne namirnice provjerene zdravstvene i nutritivne vrijednosti za prehrambenu industriju. Nakon dvogodišnjeg istraživanja otvorene su brojne mogućnosti daljnjih istraživanja, kao što su: utjecaj rane berbe lisne mase na prinos korijena i sadržaj sekundarnih biljnih metabolita, utjecaj gnojidbe organskim gnojivima u ekološkoj proizvodnji na sastavnice prinosa i nutritivnu vrijednost korijena i lista, utjecaj gnojidbe na dužinu vremena skladištenja korijena, utvrđivanje utjecaja navodnjavanja na sastavnice prinosa, kao i uzgoj batata u zaštićenom prostoru primjenom suvremenih tehnologija.

6. ZAKLJUČCI

Temeljem rezultata dvogodišnjeg istraživanja nutritivne vrijednosti i sastavnica prinosa batata, ovisno o sorti i gnojidbi može se zaključiti:

1. Potvrđena je hipoteza o utjecaju sorte na sastavnice prinosa, udio polifenola i antioksidacijsku aktivnost korijena i lista batata. Sorta 'Bat' je u obje godine ostvarila veći prinos korijena, dok je sorta 'Boniato' ostvarila veći prinos lista. Sorta je opravdano utjecala na udio polifenola i antioksidacijsku aktivnost lista i korijena u obje godine istraživanja. Sorta 'Boniato' ostvarila je više vrijednosti navedenih pokazatelja u listu, a sorta 'Bat' u korijenu.

2. Povećana gnojidba kalijem pozitivno je utjecala na udio kalija u korijenu i listu u obje godine istraživanja. Rastuća gnojidba kalijem kod obje sorte rezultirala je većim udjelom kalija u listu u odnosu na korijen. Povećana gnojidba kalijem također je pozitivno utjecala na udio ukupnih flavonoida u listu i antioksidacijsku aktivnost korijena obje sorte, dok je na udio ukupnih polifenola u korijenu imala blago negativan učinak.

3. Rastuća gnojidba dušikom utjecala je na povećanje udjela ukupnog N i sirovih proteina u korijenu i listu obje sorte batata.

4. Rastuća gnojidba kalijem rezultirala je povećanjem prinosa i većim udjelom krupnije frakcije i tržnog korijena kod obje sorte u obje godine istraživanja.

5. Pozitivan učinak interakcije sorte i rastuće gnojidbe potvrđen je za sva istraživana svojstva lista i korijena batata u obje godine istraživanja. Gnojidba s odnosom N:K 1:2,5 može se preporučiti za primjenu u praksi u kombinaciji sa sortom 'Bat' za uzgoj korijena i sortom 'Boniato' za uzgoj lista s visokom razinom specijaliziranih metabolita i optimalnog prinosa.

U cilju postizanja optimalnog prinosa korijena batata visoke nutritivne vrijednosti, u zapadnoj podregiji Panonske poljoprivredne regije u uvjetima dostatne količine oborina može se preporučiti kombinacija sorte 'Bat' i gnojidbe s odnosom N:K 1:2,5. Za uzgoj u sušnim uvjetima preporučuje se kombinacija sorte 'Boniato' i gnojidba N:K 1:2,5, posebice za postizanje optimalnog prinosa lista visoke nutritivne vrijednosti.

7. POPIS LITERATURE

1. Abdissa T., Dechassa N., Alemayehu Y. (2012). Sweet potato growth parameters as affected by farmyard manure and phosphorus application at Adami Tulu, Central rift valley of Ethiopia. Agricultural Science Research Journal 2: 1-12.
2. Adams C. A. (1999). Food Components in Health and Nutrition. Nottingham University Press. Nottingham.
3. Adiponecktin-Wikipedia. (preuzeto s: https://en.wikipedia.org/wiki/Adiponektin; pristup:18.02.2016.).
4. Adiva. Vitamin E. (preuzeto s:http://www.adiva.hr/vitamin-e.aspx; pristup: 22.12.2015.)
5. Adiva. Vitamini B kompleksa - svojstva i djelovanje. (preuzeto s: http://www.adiva.hr/vitamini-b-kompleksa-svojstva-i-djelovanje.aspx; pristup: 20.12.2015.).
6. Adiva. Kalij. (preuzeto s: https://www.adiva.hr/tag/kalij/; pristup: 18.01.2013)
7. Adiva. Minerali. (preuzeto s: https://www.adiva.hr/nutricionizam/dodaci-prehrani-nutricionizam/; pristup: 10.12. 2013.).
8. Agbede T. M. (2010). Tillage and fertlizer effects on some soil properties, leaf nutrient concentrations, growth and sweet potato yield on an Alfisol in southwestern Nigeria. Soil and Tillage Research 110: 25-32.
9. Alam M. K., Rana Z. H., Islam S. N. (2016). Comparison of the Proximate Composition, Total Carotenoids and Total Polyphenol Content of Nine Orange-Fleshed Sweet Potato Varieties Grown in Bangladesh. Foods 5:3.
10. Allen C. J., Corbitt D. A., Maloney P. K., Butt S. M., Van-Den Truong. (2012). Glycemic Index of Sweet Potato as Affected by Cooking Methods.The Open Nutrition Journal 6:1-11.
11. Amidžić D., Vitali D., Vedrina-Dragojević I., Dobričević N., Novak B. (2008). Makronutritivni sastav slatkog krumpira (Ipomea batatas L.) - utjecaj sorte, sušenja i skladištenja. Book of Abstracts International Congress of Technologists for Post-harvest Technology „Zrnko“. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, Hrvatska, str. 58-59.
12. Andjelković M.,Van Camp J., De Meulenaer B., Depaemelaere G., Socaciu C., Verloo M., Verhe R. (2006). Iron-chelation properties of phenolic acids bearing catechol and galloyl groups. Food Chem. 98: 23-31.
13. Andračić I. (2012). Antioksidacijska altivnost ozimog slavonskog češnjaka (*Allium sativum* L.). Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

14. Antia B. S., Akpan E. J., Okon P. A., Umoren I. U. (2006). Nutritive and Anti-Nutritive Evaluation of Sweet Potatoes (Ipomoea batatas) Leaves. Pakistan Journal of Nutrition. 5 (2): 166-168.
15. Arora A., Sairam R. K., Srivastava G. C. (2002). Oxidative stress and antioxidative system in plants. Current Science 82: 1227-1238.
16. Arts I. C. W., Hollman P. C. H. (2005). Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. The American Journal of Clinical Nutrition 81: 317-325.
17. Asada K., Takahashi M., Kyle D. J., Osmond C. B., Arnten C. J. (1987). Photoinhibition. Topics in Photosythesis 9: 227-287.
18. Balasundram N., Sundram K., Samman S. (2006). Phenolic compuonds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurence, and potential uses. Food Chem. 99: 191-203.
19. Barg M. Y., Tymoczko L. J., Stryer L. (2013). Biokemija. Školska knjiga. Zagreb, 25-26.
20. Belko D. (2010). Utjecaj gnojidbe na biološki aktivne spojeve batata (Ipomoea batatas L.). Diplomski rad. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
21. Belupo. Oksidacijski stres, slobodni radikali i antioksidansi; (preuzeto s: http://www.belupo.hr/Default.aspx?sid =4763; pristup:15.12.2014.).
22. Bianco V. V. (1990). Batata in Orticultura. Patron, Bologna: 505-513.
23. Bogović M., Novak B., Toth N. (2009). Primjena Fitolife i Zeolita u uzgoju batata. Zbornik sažetaka 44. hrvatskog i 4. međunarodnog simpozija agronoma. Opatija, Hrvatska. 115.
24. Bogović M., Belko D., Božić Đ., Fabek S., Toth N., Novak B., Radojčić Redovniković I. (2013a). Utjecaj folijarnog mineralnog gnojiva na sadržaj fenolnih spojeva u listu batata (Ipomoea batatas L.). Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition 8: 29-35.
25. Bogović M., Novak B., Toth N., Slunjski T., Klarić K. (2013 b). Učinak gnojidbe na komponente prinosa batata (Ipomoea batatas L.). Zbornik sažetaka 48. hrvatskog i 8. međunarodnog simpozija agronoma. Dubrovnik, Hrvatska. 146.
26. Bogović M., Radojčić Redovniković I., Toth N., Novak B., Delonga K. (2010). The influence of mineral fertilizing on the yield components, polyphenols and antioxidant activity of sweet potatoes (Ipomoea batatas L.). Növénytermelés. 59: 525-528.
27. Bogović M., Toth N., Fabek S., Radman S. (2014). Effect of Fertilization on the Mineral Composition of Roots and Leaws of Sweet Potato (Ipomoea batatas). Book of Abstracts 6th Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes. 94-94.
28. Borošić J., Romić D., Lešić R., Žutić I., Klačić Ž. (1998). Malčiranje tla i navodnjavanje kapanjem u uvjetima povišenih temperatura zraka. HAZU. Prilagodba poljoprivrede i šumarstva klimi i njenim promjenama. 195-200.

29. Boudet A. M. (2007). Evolution and current status of research in phenolic compounds. Phytochem 68: 2722-2735.
30. Bourke R. M. (1985). Influence of nitrogen and potassium fertilizer on growth of sweet potato (Ipomoea batatas) in Papua New Guinea. Field Crops Research 12: 363-375.
31. Byamukama E., Gibson R. W., Aritua V., Adipala E. (2004). Within-crop spread of sweet potato virus disease and the population dynamics of its whitefly and aphid vectors. Crop Prot. 23: 109-116.
32. Calldwell C. R. (2003). Alkylperoxyl radical scavening activity of red leaf lettuce (Lactuca sativa L.) phenolics. J. Agric. Food Chem. 51: 4589-4595.
33. Campbell C., Nanjundaswamy A. K., Njiti V., Xia Q., Chukwuma F. (2017). Value-added probiotic development by high-solid fermentation of sweet potato with Saccharomyces boulardii. Food science & nutrition 5 (3): 633-638.
34. Cao G. H., Sofic E., Prior R. L. (1996). Antioxidant capacity of tea and common vegetables. J. Agric. Food Chem. 44: 3426-3431.
35. Cao G., Alessio H. M., Cutler R. G. (1993). Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. Free Rad. Biol. Med. 14: 303-311.
36. Carvalho I. S., Cavaco T., Carvalho L. M., Duque P. (2010). Effect of photoperiod on flavanoid pathway activity on sweet patato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) leaves. Food Chem. 118: 384-390.
37. Chagonda I., Mapfeka R. F., Chitata T. (2014). Effect of Tillage Systems and Vine Orientation on Yield of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.). American Journal of Plant Sciences 5: 3159-3165.
38. Čalić S., Friganović E., Maleš V., Mustapić A. (2011). Funkcionalna hrana i potrošači. Praktični menadžment II (2): 51-57.
39. Ćosic T., Čoga L., Pavlović I., Petek M., Slunjski S. (2007). Interni materijali za vježbe iz ishrane bilja. (preuzeto s http://www.agr.unizg.hr/cro/nastava/moduli/doc/86374_vjezbe-skriptaishrana-tlo.pdf; pristup: 10.03.2010).
40. Ćustic M., Poljak M., Čoga L., Ćosić T., Toth N., Pecina M. (2003). The influence of organic and mineral fertilization on nutrient status, nitrate accumulation, and yield of head chicory. Plant Soil and Environment 49 (5): 218-222.
41. Ćustić M. (1997). Djelovanje gnojidbe dušikom na koncentraciju nitrata glavatog radića. Agriculturae Conspectus Scientificus 62 (3-4): 257-266.
42. Danik M. M., Singh J. (2015). A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique? Functional Foods in Health and Disease. 5(6): 209-223.
43. Dillard C. J., German J. B. (2000). Phytochemicals: nutraceuticals and human health. J Sci Food Agr. 80: 1744-1756.

44. Dimitrios B. (2006). Sources of natural phenolic antioxidants. Trends Food Sci. Technol. 17: 505-512.
45. Dobričević N., Voća S., Pliestić S., Novak B. (2008a). Promjene nutritivnih vrijednosti crvenog i narančastog batata tijekom skladištenja. Zbornik sažetaka 20. hrvatskog i 3. međunarodnog kongresa tehnologa za posliježetvenu tehnologiju „ Zrnko“, str. 56-57.
46. Dobričević N., Voća S., Pliestić S., Novak B., Žutić I. (2008b). Nutritivna vrijednost crvenog i narančastog batata. Zbornik radova 43. hrvatski i 3. međunarodni simpozij agronoma. Opatija, 485-488.
47. Dragović-Uzelac V., Bursać Kovačević D., Levaj B., Pedišic S., Mezak M., Tomljenović A. (2009). Polyphenols and Antioxidant Capacity in Fruits and Vegetables Common in the Croatian Diet. Agriculturae Conspectus Scientificus 74 (3): 175-179.
48. Dumbuya G., Sarkodie-Addo J., Daramy M. A., Jalloh M. (2016). Growth and Yield response of Sweet potato to different tillage methods and phosphorus fertilizer rate in Ghana. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences 4 (5): 475-483.
49. Eleazu C. O., Ironua C. (2015). Physicochemical composition and antioxidant properties of a sweetpotato variety (Ipomoea batatas L) commercially sold in South Eastern Nigeria. Afr. J. Biotechnol. 12 (7).
50. Ellong E. N., Billard C., Adenet S. (2014). Comparison of Physicochemical, Organoleptic and Nutritional Abilities of Eight Sweet Potato (Ipomoea batatas) Varieties. Food and Nutrition Sciences. 5 (2): 196-211.
51. Escarpa A., Gonzalez, M. C. (2001). An overview of Analitycal Chemistry of Phenolic Compounds in Foods. Crit. Rev. Anal. Chem. 31: 57-139.
52. Fabek S. (2012a). Vrijednost brokule (Brassica oleracea L. var. italica Plenck.) kao funkcionalne hrane ovisna o sorti, roku uzgoja i gnojidbi dušikom. Doktorska disertacija. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
53. Fabek S., Toth N., Benko B., Stubljar S., Dobričević.N., Herak Ćustić. M. (2012b). Utjecaj gnojidbe dušikom na hranidbenu vrijednost brokule. Zbornik radova 47. hrvatskog i 7.medunarodnog simpozija agronoma. Opatija, Hrvatska: 400-404.
54. FAO/WHO (2002). Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. WHO technical report series; no. 935, Geneva, Switzerland. (preuzeto s: http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_935_eng.pdf, pristup 20.09.2012).
55. Farzana Y., Radizah O. (2005). Influence of Rhizobacterial Inoculation on Growth of the Sweetpotato Cultivar. Journal of Biological Sciences 1 (3): 176-179.
56. Ferreres F., Sousa C., Vrchovská V., Valentão P., Pereira J. A., Seabra R. M., Andrade P. B. (2006). Chemical composition and antioxidant activity of trochunda cabbage internal leaves. Eur. Food Res. Technol. 222: 88-98.

57. Foyer C. H., Noctor G. (1998). Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. Physiology an Molecular Biology of Plants 49: 249-279.
58. Frahm A. (2004). Effects of application of vermiculture and urea on yield and nutrient uptake of four cuban sweet potato (Ipomoea batatas (L.) Lam.) clones. Diplomarbeit. Institut für Pflanzenernàhrung und Bodenkunde. Cristian-Albrechts-Universität. Kiel
59. Garcia-Salas P., Morales-Soto A., Segura-Carretero A., Fernández-Gutiérrez A. (2010). Phenolic-compound-extraction systems for fruit and vegetable samples. Molecules 15: 8813-8826.
60. Gardner P. T., White T., McPhail D. B., Duthie G. G. (2000). The relative contributions of vitamin C, carotenoid and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. Food Chem. 68: 471-474.
61. George M. S., Lu G., Zhou W. (2002). Genotypicvariation for pottasium uptake and utilization efficiency in sweet potato. (Ipomoea batatas L.). Field Crops Research 77: 7-15.
62. Gichuhi P. N., Kpomblekou-A. K., Bovell-Benjamin A. C. (2014). Nutritional and physical properties of organic Beauregard sweet potato [Ipomoea batatas (L.)] as influenced by broiler litter application rate. Food Science & Nutrition 2 (4): 332-340.
63. Glazer A. N. (1988). Flurescence-based assay for reactive oxygen species: aprotective role for creatinine. FASEB J. 2: 2487-2491.
64. Glazer A. N. (1999). Phycoerythrin flurescence-based assay for reactive oxygen species. Methods Enzymol. 186: 161-168.
65. Gülçin, İ. (2006). Antioxidant activity of caffeic acid (3,4-dihydroxycinnamic acid). Toxicology 217: 213-220.
66. Guo X. D., Xie Y. Z., Jia Z .D., Yin Q. H. (2009). Cultivation techniques for fresh sweetpotato (Ipomoea batatas L.). Jiangsu Journal of Agricultural Sciences 25 (3): 513-517.
67. Harrison H. F. Jr., Mitchell T. R., Peterson J. K., Wechter W. P., Majetich G. F., Snook M. E. (2008). Contents of caffeoylquinic acid compounds in the storage roots of sixteen sweetpotato genotypes and their potential biological activity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 133: 492-500.
68. Herak Ćustić M., Horvatić M., Pecina M. (2009). Nitrogen Fertilization Influences Protein Nutritional Quality in Red Head Chicory. Journal of plant nutrition 32 (4): 598-609.
69. Herak Ćustić M., Petek M., Toth N., Poljak M., Ćosić T. (2007). Effects of organic and mineral fertilization on NPK status in soil and plant, and yield of red beet (Beta vulgaris var. conditiva). Cereal Research Communications 35 (2): 449-452.
70. Herak Ćustić M., Poljak M., Čoga L., Ćosić T., Ljubičić M., Pavlović I., Toth N. (2003). Mineralni sastav radića (Cichorium intybus var. foliosum) pri različitim gnojidbama.

Zbornik sažetaka 38. znanstveni skup hrvatskih agronoma s međunarodnim sudjelovanjem. (preuzeto s: http://www.povrće.com; pristup: 10.12.2015.]

71. Herak Ćustić M., Toth N., Poljak M. (2000). Effects of nitrogen nutrition upon the quality of head chicory (Cichorium intybus var. Foliosum L.). Acta Horticulturea 533: 401-403.
72. Horvat D. (2015). Učinak saharoze na sadržaj fenolnih spojeva i antioksidacijski kapacitet smilja (*Helichrysum italicum* (Roth) G. Don). Diplomski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilište u Zagrebu. Biološki odsjek.
73. Hossain S. N., Fattah Q. A. (1987). Effect of potassium naphthenate on the morphology and composition of sweet potato (Ipomoea batatas L.). Bangladesh J. Bot. 16: 83-88.
74. Hou W. C., Chen Y. C., Chen H. J. (2001). Antioxidant activities of trypsin inhibitor, a 33 Kda root storage protein of sweet potato (*Ipomea batatas* (L.) Lam cv. Tainong 57). J. Agric. Food Chem. 49: 2978-2981.
75. Hrvatski zavod za norme. (preuzeto s: http://www.hzn.hr; pristup 15.04.2012.)
76. Huang Y. T., Hwang J. J., Lee P. P., Ke F. C., Huang J. H., Huang C. J., Kandaswami C., Middleton E., Lee M. T. (1999). Effects of luteolin and quercetin, inhibitors of tyrosine kinase, on cell growth and metastasis associated properties in A431 cells over-expressing epidermal growth factor receptor. Br. J. Pharmacol. 128: 999-1010
77. IFIC (2002). The consumer view on functional foods: yesterday and today. Food Insight. 5: 8. (preuzeto s: http://www.ific.org/research/funcfoodsres.cfm; pristup: 21.02.2012)
78. Ingabire M. R.,Vasanthakaalam H. (2011). Comparison of the Nutrient composition of four sweet potato varieties cultivated in Rwanda. American Journal of Food and Nutrition 1 (1): 34-38.
79. Ishida H., Suzuno H., Sugiyama N., Innami S., Tadokoro T., Maekawa A. (2000). Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas poir*). Food Chem. 68: 359-367.
80. Ishiguro K., Yahara S., Yoshimoto M. (2007). Changes in polyphenolic content and radical-scavenging activity of sweetpotato (Ipomoea batatas L.) during storage at optimal andlow temperatures. J. Agric. Food Chem. 55: 10773-10778.
81. Islam I., Shaikh A. U., Shahidul I. M. (2009). Antioxidative and antimutagenic potentials of phytochemicals from *Ipomoea batatas* (L.) Lam. Int. J. Cancer Res. 5: 83-94.
82. Islam M. S., Yoshimoto M., Terahara N., Yamakawa O. (2002a). Anthocyanin compositions in sweetpotato (*Ipomoea batatas L*.) leaves. Biosci. Biotechnol. Biochem. 66: 2483-2486.
83. Islam M. S., Yoshimoto M., Yahara S., Okuno S., Ishiguro K., Yamakawa O. (2002b). Identification and characterization of foliar polyphenolic composition in sweetpotato (*Ipomoea batatas L*.) genotypes. J. Agric. Food Chem. 50: 3718-3722.

84. Islam S. (2006). Sweetpotato (Ipomoea batatas L.) leaf: its potential effect on human health and nutrition. J. Food Sci. 71: 13-21.
85. Islam S. N., Nusrat T., Begum P., Ahsan M. (2016). Carotenoids and β-carotene in orange fleshed sweet potato: A possible solution to vitamin A deficiency. Food Chem. 199: 628-631
86. Jašić M. (2010). Uvod u biološki aktivne komponente hrane. (preuzeto s: http://prirodnamedicina.org/knjige/M.Jasic--Uvid_u_aktivne_bioloski_aktivne_komponente_hrane.pdf; pristup:21.05.2012).
87. Jain S. K. (2018). Adiponectin: A Wonder Hormone For Management of Obesity and Type 2 Diabetes Mellitus. Global Journal of Pharmaceutical Edukation and Research 3: 47-50
88. Jian Wei L. , Chen F., Xu Y. Sh., Wan Y. F., Liu D. B. (2001). Sweet potato response to potassium. Better Crops International 15:10-12.
89. Ji H., Zhang H., Li H., Li Y. (2015). Analysis on the nutrition composition and antioxidant activity of different types of sweet potato cultivars. Food and Nutrition Sciences 6: 161-167.
90. Johnson M., Pace R. D. (2010). Sweet potato leaves: properties and synergistic interactions that promote health and prevent disease. Nutrition Reviews 68: 604-615.
91. Jopp A., Strunz U. (2005). Mineralien-das Erfolgsprogramm. 10-14.
92. Kähkönen M. P., Hopia A. I., Vuorela H. J., Jussi-Pekka R., Kalevi P., Tytti S. K., Marina H. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. J. Agric. Food Chem. 47: 3954-3962.
93. Kalij-mineral neophodan za život. (preuzeto s:http://www.alternativa-za-vas.com. pristup: 08.12.2016)
94. Kaline K., Bornstein S. R., Bergmann A., Hauner H., Schwarz P. E. H. (2007). The importance and effect of dietary fiber in diabetes prevention with particular consideration of whole grain products. Hormone and metabolic research 39 (09): 687-693.
95. Kalit Tudor M. (2013). Funkcionalna hrana – hrana novog doba. (preuzeto s: http://www.festivalznanosti.hr.; pristup 08.10.2015)
96. Kampulainen J. T., Salonen J. T. (1998). Natural antioxidants and anticarcinogens in nutrition, health and disease. Royal Society of Chemistry. MPG Books, Bodmin. Cornwall.
97. Konczak-Islam I., Yoshinaga M., Hou D. X., Terahara N., Yamakawa O. (2003). Potential chemo-preventive properties of anthocyanin rich aqueous extracts in vitro produced tissue of sweetpatato (*Ipomoea batatas* L.). J. Agric. Food Chem. 51: 5916-5922.

98. Kralj Tihana. (2010.). Utjecaj agroekoloških uvjeta uzgoja na biološki aktivne spojeve lista i korijena batata (*Ipomoea batatas* L.). Diplomski rad. Prehrambeno biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
99. Kusano S., Abe H. (2000). Antidiabetic activity of white skinned sweet potato (Ipomoea batatas L.) in obese Zucker fatty rats. Biol. Pharm. Bull. 23: 23-26.
100. Kuti J. O., Konuru H. B. (2004). Antioxidant capacity and phenolic content in leaf extracts of tree spinach (*Cnidoscolus* spp.). J. Agric. Food Chem. 52: 117-121.
101. Laurie R. N., Jaarsveld P. J., Faber M., Laurie S. M., Plooy C. P., Modisane P.C. (2012). Beta-Carotene yield and productivity of orange-fleshed sweet potato (Ipomoea batatas L. Lam.) as influenced by irrigation and fertilizer application treatments. Scientia Horticulturea 142: 180-184.
102. Laurie S. M., Jaarsveld P. J., Faber M., Philpott M. F., Labuschagne M. T. (2012). Trans-b-carotene, selected mineral content and potential nutritional contribution of 12 sweet potato varieties. J. Food Compost. Anal. 27: 151-159.
103. Lešic R., Borošić J., Ćustic M., Poljak M., Romić D. (2016). Batat-slatki krumpir. U: Povrćarstvo, Zrinski. Čakovec, str. 634-639
104. Lewett M. P. (1993). The effects of method of planting cuttings of Sweet potato [I. batatas L. (Lam.)] on yield. Tropical Agriculture 70: 110-115.
105. Mandić M. L. (2007). Znanost o prehrani: hrana i prehrana u čuvanju zdravlja. Sveučilište J. J. Strossmayer. Osijek. (preuzeto s: https://pt.scribd.com/doc/26315215/MandicML-Znanost-o-Prehrani; pristup 22.11. 2015.)
106. Mateljan G. (2008). Najzdravije namirnice svijeta. Planetopija. Profil. Udruga Split zdravi grad. Zagreb, str. 280-285.
107. Mateljan G. (2010). Nutritional profile of sweet potato. (preuzeto s: http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=64; pristup 10.01.2010).
108. Menelaou E., Kachatryan A., Losso J. N., Cavalier M., Bonte D. L. (2006). Lutein content in sweetpotato leaves. Hort. Sci. 41: 1269-1271.
109. Mengel K. (1984). Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, str. 286-337.
110. Meskin M. S., Bidlack W. R., Davies A. J., Omaye S. T. (2002). Phytochemicals in Nutrition and Health. Boca Raton. CRC Press.
111. Milani A., Basirnejad M., Shahbazi S., Bolhassani A. (2017). Carotenoids: biochemistry, pharmacology and treatment. British journal of pharmacology 174 (11): 1290-1324.

112. Miyazaki Y., Kusano S., Doi H., Aki O. (2005). Effects on immune response of antidiabetic ingredients from white-skinned sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). Nutrition 21: 358-362.

113. Mukhtar A. A., Tanimu B., Arunah U. L., Babaji B. A. (2010). Evaluation of the Agronomic Characters of Sweet Potato Varieties Grown at Varying Levels of Organic and Inorganic Fertilizer. World Journal of Agricultural Sciences 6 (4): 370-373.

114. Muoneke C. O., Ukpe E. I. (2010). Growth and yield responses of sweet potato (Ipomoea batatas) to time of potassium fertilizer application. Global Journal of Pure and Applied Sciences 16:2.

115. Murray N. J., Williamson M. P., Lillely T. H., Haslam E. (1994). Study of the interaction between proline-rich proteins and polyphenol by 1 H-NMR spetroscopy. Europen Journal of Biochemistry 219: 923-935.

116. Naczk M., Shahidi F. (2004). Extraction and analysis of phenolic in food. Journal of Chromatography 1054: 95-111

117. Nakamura K., Matsuoka K., Mukumoto F., Watanabe N. (1993). Processing and transport to the vacuole of a precursor to sweet potato sporamin in transformed tobacco cell line BY-2. Journal of Experimental Botany 44: 331–338.

118. Nedunchezhiyan M., Byju G., Dash S. N. (2010). Effect of organic production of orange fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) on root yield, quality and soil biological health. International Research Journal of Plant Science 1 (6): 136-143.

119. Nicholaides J. J., Chency H. F., Mascagni H. J., Wilson L. G., Eaddy D. W. (1985). Sweet potato response to K and P fertilization. Agronomy Journal 77: 466-470.

120. Ninfali P., Mea G., Giorgini S., Rocchi M., Bacchiocca M. (2005). Antioxidant capacity of vegetables, spices and dressings relevant to nutrition. British Journal of Nutrition 93: 257-266.

121. Nkongo G. O., Achidi A. U., Ntonifor N. N., Numfor A. F., Denga B. N., Jackai L. E. N., Bonsi C. K. (2014). Sweet potato in Cameroon: Nutritionnal profiles of Leaves and their new uses in local food. Afr. J. Agric. Res. 9 (8): 1371-1377.

122. Noda N., Horiuchi Y. (2008). The resin glycosides from the sweet potato (Ipomoea batatas L. Lam.). Chemical and Pharmaceutical Bulletin 56 (11): 1607–1610

123. Novak B., Žutic I., Toth N. (2001). Possibilities of growing potato (*Ipomoea batatas*) in Croatia. Book of abstracts of 37th Symposium of Croatian Agriculturists. 218.

124. Novak B., Žutic I., Toth N. (2004). Utjecaj različito proizvedenih presadnica na prinos batata (Ipomoea batatas L.). Zbornik radova 39. Znanstvenog skupa hrvatskih agronoma s međunarodnim sudjelovanjem, str. 379-382.

125. Novak B., Žutic I., Toth N. (2007a). Effects of mycorrhizal fungi and coloured mulch in sweet potato production. Acta Hortic. 729: 245-248.

126. Novak B., Žutic I., Toth N., Ban D. (2005). Utjecaj starosti i dužine reznica na prinos batata (Ipomoea batatas). Zbornik radova 40. znanstvenog skupa hrvatskih agronoma s međunarodnim sudjelovanjem, str. 361-362.
127. Novak B., Žutic I., Toth N., Ban D. (2006). Utjecaj sorte i sklopa na masu korijena batata (Ipomoea batatas L.). Zbornik radova 41. Hrvatskog i 1. međunarodnog simpozija agronoma, str. 321-322.
128. Novak B., Žutic I., Toth N., Benko B., Fabek S. (2008). Evaluation of sweet potato growing in different environments of Croatia. Cereal Research Comunications 36: 291-294.
129. Novak B., Žutic I., Toth N., Dobričević N. (2007b). Sweet potato [Ipomoea batatas (L.) Lam] yield influenced by seedling and mulching. Agriculture Conspectus Scienttificus 72 (4): 357-359.
130. Ogbodo E. N. (2005). Effect Of Depht Tillage On Soil Physical Conditions, Growth And Yield Of Sweet Potato In An Ultisol At Abakaliki, Southeastern Nigeria. Journal Of Agriculture And Social Research 5: 41-47.
131. Oguntunde O. (1994). Range values of chemical composition of 49 varieties of sweetpotato.(preuzeto s:http://www.eseap.cipotato.org/mf-eseap/fl-library/spinnigeria.pdf; pristup:12.09.2012).
132. Ojong P., Njiti V., Guo Z., Gao M., Besong S., Barnes S. L. (2008). Variation of flavonoid content among sweetpotato accessions. Journal oft he Amerikan Society for Horticultural Science 133: 819-824.
133. Oki T., Masuda M., Furuta S., Nishiba Y., Terahara N., Suda I. (2002). Involvement of anthocyanins and other phenolic compounds in radical scavening activity of purple-fleshed sweet potato cultivars. Journal of Food Science 67: 1752-1756.
134. Okpara D. A., Okon O. E., Ekeleme F. (2009). Optimizing nitrogen fertilization for production of white and orange-fleshed sweet potato in southeast Nigeria. Journal of plant nutrition 32: 878-891.
135. Oliveira A. P., Santos J. F., Cavalcante L. F., Pereira W. E., Santos Mc. Ca., Oliveira A. N. P., Silva N. V. (2010). Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. Horticultura Brasileira 28: 277-281.
136. Ossom E. M., Rhykerd R. I. (2007). Response of Ipomoea batatas (L.) Lam. to Soil Fertlilization with Filter Cake. Transactions of the Illinois State Academy of Science 100 (3-4): 197-208.
137. Osundare B. (2004). Effects of fertilizer types and different companion crops on the performance of sweet potato. Journal of Agricultural Research 5 (2): 88-94.

138. Padda M. S., Picha D. H. (2007). Antioxidant activity and phenolic composition in 'Beauregard' sweetpotato are affected by root size and leaf age. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 132: 447-451.
139. Padda M. S., Picha D. H. (2008a). Phenolic composition and antioxidant capacity of different heat-processed forms of sweetpotato cv. 'Beauregard'. J. Food Sci. Technol. Int. 43: 1404-1409.
140. Padda M. S., Picha D. H. (2008b). Effect of low temperature storage on phenolic composition and antioxidant activity of sweetpotatoes. Postharvest Biol. Tec. 47: 176-180.
141. Padda M. S., Picha D. H. (2008c). Quantification of phenolic acids and antioxidant activity in sweetpotato genotypes. Hortic. Sci. 119: 17-20.
142. Pasković I., Herak Ćustić M., Pecina M., Bronić J., Palčić I., Petek M., Urlić B., Polić Pasković M. (2013). Mineralni sastav radića (Cichorium intybus L. var. Foliosum Hegi) i njegova nutritivna vrijednost pri različitim gnojidbama. Glasnik zaštite bilja 5: 35-41.
143. Petek M. (2009). Mineralni sastav cikle (*Beta vulgaris* var. *conditiva* Alef.) pri organskoj i mineralnoj gnojidbi. Doktorska disertacija. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
144. Pérez-Jiménez J., Saura-Calixto F. (2006). Effects of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. Food Res. Int. 39: 791-800.
145. Pevalek-Kozlina B. (2003). Fiziologija bilja. Profil Internacional. Zagreb.
146. Prior R. L., Cao G. (1999) In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. Free Rad. Biol. Med. 27: 1173-1181.
147. Prior R. L., Wu X., Schaich K. (2005). Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. J. Agric. Food Chem. 53: 4290-4302.
148. Purcell A. E., Walter W. M., Nicholaides J. J., Collins W. W., Chency H. (1982). Nitrogen, potassium, sulfur fertilization, and protein content of sweet potato roots. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 (3): 425- 427.
149. Qian C., Chen X., Qi Y., Zhong S., Gao X., Zheng W., Mao Z., Yao J. (2017). Sporamin induces apoptosis and inhibits NF-κB activation in human pancreatic cancer cells. Tumor Biology 39: 1-9.
150. Rabah I. O., Houm D. E. X., Komine S. I., Fujii M. (2004). Potential chemopreventive properties of extract from baked sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam. cv. Koganesengan). J. Agric. Food Chem. 52: 7152-7157.
151. Radojčić Redovniković I., Bogović M., Belko D., Delonga K., Fabek S., Novak B., Toth N. (2012). Influence of potassium fertilisation on the leaf phenolic compounds in sweet potato (Ipomoea batatas L.). Journal of horticultural science & biotechnology 87 (1): 47-51.

152. Radojčić Redovniković I., Bogović M., Bosnar S., Kralj T., Delonga K., Novak B., Toth N. (2010). Antioxidant activity and polyphenolic content in two sweet potatoes (Ipomoea batatas L.) cultivars grown under different conditions. Book of Full Papers 5th Central European Congress on Food, str. 340-345.
153. Rashid K., Waithaka K. (1985). The effect of phosphorus fertilization on growth and tuberization of sweet potato, Ipomoea batatas L. Acta Horticulturea 153: 345-353.
154. Rautenbach F., Faber M., Laurie S., Laurie R. (2010). Antioxidant capacity and antioxidant content in roots of 4 sweetpotato varieties. Journal of Food Science 75 (5): 400-405.
155. Roberfroid M. (2002). Global view on functional foods: European perspectives. British Journal of Nutrition 88 (2): 133-138.
156. Rosas-Ramírez D., Pereda-Miranda R. (2013). Resin glycosides from the yellow-skinned variety of sweet potato (Ipomoea batatas). Journal of Agricultural Food Chemistry 61 (39): 9488-9494
157. Rubatzky V. E., Yamaguchi M. (1996). Sweet potato Ipomea batatas (L) Lam. In World vegetables. Chapman Hall. New York, str. 130-146.
158. Rumbaoa R. G. O., Cornago D. F., Geronimo I. M. (2009). Phenolic content and antioxidant capacity of Philippine sweet potato (Ipomoea batatas) varieties. Food Chem. 113 (4): 1133-1138.
159. Safi N. E., Cheynier V., Moutounet M. (2003). Implication of phenolic reactions in food organoleptic properties. J. Food Comp. Anal. 16: 535-553.
160. Sanoussi A. F., Adjatin A., Dansi A., Adebowale A., Sanni L. O., Sanni A. (2016b). Mineral Composition of Ten Elites Sweet Potato (Ipomoea Batatas [L] Lam) Landraces of Benin. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 5 (1): 103-115
161. Sanoussi A. F., Dansi A., Ahissou H., Adebowale A., Sanni L. O., Orobiyi A., Dansi M., Azokpota P., Sanni A. (2016a). Possibilities of sweet potato [Ipomoea batatas (L.) Lam] value chain upgrading as revealed by physico-chemical composition of ten elites landraces of Benin. African Journal of Biotechnology 15 (13): 481-489.
162. SAS®/STAT 9.3. 2010. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
163. Schmalhausen E. V., Zhlobek E. B., Shalova I. N., Firuzi O., Saso L., Muronetz V. I. (2007). Antioxidant and prooxidant effects of quercetin on glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase. Food Chem. Toxicol. 45: 1988-1993.
164. Schmidt S., Zietz M., Schreiner M., Rohn S., Kroh L. W., Krumbein A. (2010). Genotypic and climatic influences on the concentracion and composition of flavanoids in kale (Brassica Oleracea var. sabellica). Food Chem. 119: 1293-1299.
165. Shahidi F., Liyana-Pathirana C. M., Wall D. S. (2006). Antioxidant activity of white and black sesame seeds and their hull fractions. Food Chemistry 99: 478-483.

166. Shekhar S., Mishra D., Buragohain A. K., Chakraborty S., Chakraborty N. (2015). Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in twocontrasting cultivars of sweet potato (Ipomoea batatas L). Food Chemistry 173: 957-965

167. Shetty A. A., Magadum S., Managanvi K. (2013). Vegetables as Sources of Antioxidants. J. Food Nutr. Disor. 2: 1

168. Shultheis J. R., Cantiffe D. J., Bryan H. H. (1994). Early plant growth and yield of sweet potato grown from seed, vegetative cuttings, and somatic embryos. J. Amer. Hort. Sci. 119 (5): 1104-1111.

169. Singleton V. L., Rossi J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phospho-molybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Eno. Vitic. 16: 144-158.

170. Slinkard K., Singleton V. L. (1977). Total phenol analysis; automation and comparison with manual methods. Am. J. Enol. Vitic. 28: 49-55.

171. Sokoto M. B., Magaji M. D., Singh A. (2007). Growth and Yield of Irrigated Sweet Potato (Ipomoea batatas (L.) Lam. Intra-Row Spacing and Potassium. Journal of Plant Sciences 2 (1): 54-60.

172. Soobrattee M. A., Neergheen V. S., Luximon-Ramma A., Aruoma O. I., Bahorun T. (2005). Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. Mutat. Res. 579: 200-213.

173. Steed L. E., Truong V. D. (2008). Anthocyanin content, antioxidant activity, and selectedphysical properties of flowable purple-fleshed sweetpotato purees. J. Food Sci. 73: 215-221.

174. Stratil P., Klejdus B., Kubáň V. (2007). Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. Talanta 71: 1741-1751.

175. Sulaiman H., Sasaki O., Shimotashiro T., Chishaki N., Inanaga S. (2004). Effect of Calcium Concentration on the Shape of Sweet Potato (Ipomoea batatas Lam.) Tuberosus Root. Plant Prod. Sci. 7 (2): 191-194.

176. Sun H., Mu T., Xi L., Zhong M., Chen J. (2014). Sweet potato (Ipomoea batatas L.) leaves as nutritional and funktional foods. Food Chem. 156: 380-389.

177. Šamec D. (2013). Fitokemijska i genetska istraživanja endemičnih vrsta Teucrium arduini, Moltkia petraea, Micromeria croatica i Rhamnus intermedia. Doktorski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek.

178. Šamec D., Piljac Žegarac J., Bogović M., Habjanič K., Grúz Jiří. (2011). Antioxidant potency of white (Brassica oleracea L. var. capitata) and Chinese (Brassica rapa L. var. pekinensis Lour.) cabbage: The influence of development stage, cultivar choice and seed selection. Scientia horticulturae 128: 78-83.

179. Teow C. C., Truong V. D., Mc Feeters R. F., Thompson R. L., Pecota K. V., Yencho G. C. (2007). Antioxidant activities, phenolic and β-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. Food Chemistry 103: 829-838.

180. Toth N., Fabek S., Benko B., Žutić I., Stubljar S., Dobričević N. (2011a). Nutritional value of broccoli florets as affected by nitrogen fertilization. Book of abstracts IV Postharvest symposium with workshop: Postharvest storage of vegetables and fruits in western Balkan countries, str. 31-32.

181. Toth N., Fabek S., Herak Ćustic M., Petek M., Benko B., Vukasovic T. (2011b). Utjecaj sorte i gnojidbe dušikom na prinos i sadržaj nitrata u vršnom cvatu brokule. Zbornik radova 46. hrvatskog i 6. medunarodnog simpozija agronoma. Opatija, str. 576-580.

182. Truong V. D., Mc Feeters R. F., Thompson R. T., Dean L. L., Shofran B. (2007). Phenolic acid content and composition in leaves and roots of common commercial sweet potato (Ipomea batatas L.) cultivars in the United States. J. Food Sci. 72: 343-349.

183. Ukom A. N., Ojimelukwe P. C., Okpara D. A. (2009). Nutrient composition of Selected Sweet Potato [*Ipomea batatas (L) Lam*] Varieties as Influenced by Different Levels of Nitrogen Fertilizer Application. Pakistan Journal of Nutrition 8 (11): 1791-1795.

184. Vimala B., Nambisan B., Hariprakash B. (2011). Retention of carotenoides in orange-fleshed sweet potato during processing. Journal of Food Science and Technology 48 (4): 520-524.

185. Vitali D., Amidžić D., Vedrina-Dragojević I., Dobričević N., Novak B. (2008). Funkcionalna svojstva batata-slatkog krumpira (Ipomea batatas L.). Zbornik sažetaka 20. hrvatskog i 3. međunarodnog kongresa tehnologa za posliježetvenu tehnologiju „ Zrnko“, str. 60-61.

186. Vladimir-Knežević S., Blažeković B., Bival Štefan M., Babac M. (2011). Plant polyphenols as antioxidants influencing the human health, Phytochemicals as nutraceuticals – global approaches to their role in nutrition and health. InTech. Rijeka. 155-177.

187. Vukadinović V., Lončarić Z. (1998). Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera, Osijek.

188. Wang S., Nie S., Zhu F. (2016). Chemical constituents and health effects of sweet potato. Food Res. Int. 89: 90-116.

189. Winkel-Shirley B. (2002). Biosynthesis of flavonoids and effects of stres. Current Opinion in Plant Biology 5: 218-223.

190. Wook K., Karuppanapandian T., Jun-Cheol M., Changsoo K. (2011). Reactive oxygen species in plants: Their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. Australian Journal of Crop Science 5 (6): 709-725.

191. Woolffe J. A. (1992). Sweet Potato: An Untapped Food Resource. Cambridge University Press, Cambridge.
192. Yang L., Xi Y., Luo X. Y., Ni H., Li H. H. (2019). Preparation of peroxidase and phenolics using discarded sweet potato old stems. Sci. Rep. 6 (9): 3769
193. Yeh K. W., Chen J. C., Lin M. I., Chen Y. M., Lin C. Y. (1997). Functional activity of sporamin from sweet potato (Ipomoea batatas Lam.): a tuber storage protein with trypsin inhibitory activity. Plant Mol. Biol. 33 (3): 565-570.
194. Yeng S. B., Agyarko K., Dapaah H. K., Adomako W. J., Asare E. (2012). Growth and yield of seet potato (Ipomoea batatas L.) as influeced by integrated application of chicken manure and inorganic fertilizer. African Journal of Agricultural Research 7 (39): 5387-5395
195. Yoshimoto M., Kurata R., Ukuno S., Ishiguro K., Yamakawa O., Tsubata M., Mori S., Takagaki K. (2006). Nutritional value and physiological functions of sweetpotato leaves. Acta Horticulturae 703: 107-116.
196. Yoshimoto M., Kurata-Azuma R., Fujii M., Hou D., Ikeda K., Yoshidome T., Osako M. (2004). Phenolic composition and radical scavening activity of sweetpotato-derived shochu distillery by-products treated with koji. Biosci. Biotecnol. Biochem. 68: 2477-2483.
197. Yoshimoto M., Okuno S., Islam M. S., Kurata R., Yamakawa O. (2003). Polyphenol content and antimutagenicity of sweetpatato leaves in relation to commercial vegetables. Acta Hortis. 628: 667-685.
198. Yuan B., Yang X. Q., Kou M., Lu C. Y., Wang Y. Y., Peng J., Jiang J. H. (2017). Selenylation of polysaccharide from the sweet potato and evaluation of antioxidant, antitumor, and antidiabetic activities. Journal of agricultural and food chemistry 65 (3): 605-617.
199. Zhang Z., Wheatley C. C., Corke H. (2002). Biochemical changes during storage of sweet potato roots differing in dry matter content. Postharvest Biology and Technology 24 (3): 317-325.
200. Žutic I., Toth N., Novak B. (2003). Utjecaj rokova uzgoja i berbe na kvalitativna svojstva kineske raštike (Brassica rapa L. ssp. chinensis) (L.) Hanelt). Zbornik sažetaka 38. znanstvenog skupa hrvatskih agronoma, Opatija, str. 291-292.

ŽIVOTOPIS

OSOBNE INFORMACIJE

Mara Bogović



Ivana Mažuranića 27, 42000 Varaždin, Hrvatska

042200332 0914882768

Mara.Bogovic@mps.hr

www.mps.hr

Spol Ž | Datum rođenja 18.03.1968 | Državljanstvo Hrvatsko

OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

Od 2008 – 2019.g.	Poslijediplomski doktorski studij – Poljoprivredne znanosti, Agronomski fakultet Zagreb
Od 2001 – 2002.g.	Pedagoško – psihološko obrazovanje, Visoko učilište Čakovec
Od 1987 – 1992.g.	Agronomski fakultet Zagreb - Diplomski studij Mag.ing.agr.

RADNO ISKUSTVO

Od 01.01.2019g.	Ministarstvo poljoprivrede – pročelnik Podružnice VŽ
Od 2013 . do 2019 g	Rukovoditelj Podružnice Savjetodavne službe Varaždinske županije
Od 2006 – 2013.g.	Poljoprivredna savjetodavna služba – viši stručni savjetnik
Od 2003 – 2006.g.	Parkovi d.d., Varaždin - Rukovoditelj RJ Rasadnik
Od 2000 – 2002. g.	Gospodarska škola Čakovec – profesor stručnih predmeta
Od 1995 – 2000. g.	Cedrus d.o.o., Novi Marof – agronom, poljoprivredna apoteka
Od 1993 –1994. g.	Napredak, Županja - Pripravnički staž
Od 1992 – 1993. g.	Stauden und Gehölze Häussermann – Stuttgart, Deutschland – stručno usavršavanje

Kompetencije, vještine, aktivnosti	▪ Sudjelovanje na znanstvenim i stručnim skupovima u hrvatskoj i inozemstvu
Znanstvena i stručna usavršavanja	▪ Brojna znanstvena i stručna usavršavanja vezana za poljoprivrednu proizvodnju, projektiranje, održavanje i uređenje okoliša.
Hrvatska znanstvena bibliografija:	▪ http://bib.irb.hr/lista-radova?autor
Računalne vještine	▪ dobro vladanje alatima Microsoft Office,Microsoft Exel,Power Point, Autocad
Strani jezici	▪ Njemački i engleski.
Vozačka dozvola	▪ B
Izdanja	Koautor knjige „Varaždinsko zelje“, Vincek, Ozimec, Bogović
Projekti	Zaštita izvornosti varaždinskog zelja Koautor specifikacije za zaštitu izvornosti Varaždinskog zelja (2009. - 2011.g.) Suradnica na znanstvenim i stručnim projektima (AFZ): VIP projekat: Revitalizacija lokalnih sorti heljde za uzgoj na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima sjeverozapadne Hrvatske
Priznanja i nagrade:	Priznanje MP za izvanredan stručni i organizacijski uspjeh u poljop. savjetovanju u 2009. i 2014. godini Priznanje za rad na projektu Zaštite izvornosti Varaždinskog zelja, 2011.g., Općina Vidovec
Članstva	Član HDSVIP, Zagreb