Utjecaj reakcije tla na dinamiku kalija u lišću vinove loze i mineralni sastav mošta

Jurkić, Vesna

Doctoral thesis / Disertacija

2017

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:204:414233

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKULTET

Vesna Jurkić

UTJECAJ REAKCIJE TLA NA DINAMIKU KALIJA U LIŠĆU VINOVE LOZE I MINERALNI SASTAV MOŠTA

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2017.

University of Zagreb

FACULTY OF AGRICULTURE

Vesna Jurkić

INFLUENCE OF SOIL REACTION ON THE POTASSIUM DYNAMICS IN GRAPEVINE LEAVES AND MINERAL COMPOSITION OF MUST

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKULTET

VESNA JURKIĆ

UTJECAJ REAKCIJE TLA NA DINAMIKU KALIJA U LIŠĆU VINOVE LOZE I MINERALNI SASTAV MOŠTA

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Lepomir Čoga

Zagreb, 2017.

University of Zagreb

FACULTY OF AGRICULTURE

Vesna Jurkić

INFLUENCE OF SOIL REACTION ON THE POTASSIUM DYNAMICS IN GRAPEVINE LEAVES AND MINERAL COMPOSITION OF MUST

DOCTORAL THESIS

Supervisor: PhD Lepomir Čoga, full professor

Zagreb, 2017.

Bibliografska stranica

Bibliografski podaci:

- **Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti
- **Znanstveno polje:** Poljoprivreda (agronomija)
- **Znanstvena grana: Bilinogojstvo**
- **Institucija:** Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za ishranu bilja
- **Voditelj doktorskog rada:** prof. dr. sc. Lepomir Čoga
- **Broj stranica: 110**
- **Broj slika: 24**
- **Broj tablica: 34**
- **Broj grafikona: 39**
- **Broj literaturnih referenci: 184**
- **Datum obrane doktorskog rada: 18.12.2017.**
- **Sastav povjerenstva za obranu doktorskog rada:**
  1. red. prof. dr. sc. Jasminka Karoglan Kontić
  2. red. prof. dr. sc. Zdenko Lončarić
  3. doc. dr. sc. Marko Petek

Rad je pohranjen u:

Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, Ulica Hrvatske bratske zajednice 4, p.p.550, 10 000 Zagreb

Knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb

Tema rada prihvaćena je na sjednici Fakultetskog vijeća Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, održanoj dana 03.12.2013., te odobrena na sjednici Senata Sveučilišta u Zagrebu, održanoj dana 04.02.2014.

Ocjena doktorskog rada

Ovu disertaciju ocijenilo je povjerenstvo u sastavu:

1. Prof. dr. sc. Jasminka Karoglan Kontić
redovita profesorica u trajnom zvanju, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
2. Prof. dr. sc. Zdenko Lončarić
redoviti profesor, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Poljoprivredni Fakultet
3. Doc. dr. sc. Marko Petek
docent, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Disertacija je obranjena na Sveučilištu u Zagrebu Agronomski fakultet, _____ pred povjerenstvom u sastavu:

1. Prof. dr. sc. Jasminka Karoglan Kontić _____
Redovita profesorica u trajnom zvanju
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

2. Prof. dr. sc. Zdenko Lončarić _____
Redoviti profesor
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Poljoprivredni fakultet

3. Doc. dr. sc. Marko Petek _____
Docent
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Informacije o mentoru

Lepomir Čoga rođen je 1961. godine u Zatonu kod Šibenika. Diplomirao je 1987. godine na Fakultetu poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Magistrirao je 1996., a doktorsku disertaciju obranio je 2000. godine na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Od 1988. godine radi na Zavodu za ishranu bilja Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta. U znanstveno-nastavno zvanje docenta izabran je 2004., a u zvanje redovitog profesora 2013. godine. Sudjeluje u izvođenju nastave na preddiplomskom, diplomskom i poslijediplomskom doktorskom studiju. Kao autor ili koautor objavio je više od 150 znanstvenih i stručnih radova. Koautor je jednog udžbenika i jednog priručnika. Bio je voditelj jednog nacionalnog znanstvenog projekta („Utjecaj reakcije tla na dinamiku teških metala u sustavu tlo-voda-vinova loza“) te suradnik na još sedam znanstvenih i sedam stručnih projekata te jednom tehnologijskom projektu.

Znanstveni interes prof. dr. sc. Lepomira Čoge primarno je vezan uz optimalnu ishranu bilja kako s nutritivnog, toksikološkog, tako i s ekološkog i krajobraznog aspekta u cjelini. U istraživanjima koja provodi značajna pažnja posvećena je gnojidbi različitih poljoprivrednih kultura u konvencionalnoj i ekološkoj proizvodnji, kao i utjecaju gnojidbe organskim i mineralnim gnojivima na okoliš.

U najvećoj mjeri bavi se problematikom ishrane višegodišnjih drvenastih kultura i ishranom bilja u zaštićenim prostorima, a u posljednje vrijeme voditelj je i više stručnih projekata vezanih za sportske terene (nogometni travnjaci i golf tereni). Održao je devet javnih predavanja i imao tri javna nastupa na HTV-u. Sudjelovao je u izradi Izvješća o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj, te u Nacionalnom programu ublažavanja posljedica suše i suzbijanja oštećenja zemljišta (NAP).

Prof. dr. sc. Lepomir Čoga, osim znanstvene i stručne aktivnosti, posebno se ističe u nastavnoj djelatnosti visokoškolskog obrazovanja na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. Uvođenjem novog programa studija na matičnoj ustanovi koordinator je jednog modula na preddiplomskom, jednog modula na diplomskom i jednog modula na poslijediplomskom doktorskom studiju. Suradnik je na tri modula na preddiplomskom (Bs), tri modula na diplomskom (Ms) i dva modula na poslijediplomskom doktorskom studiju (PDS). Bio je gostujući nastavnik na Veleučilištu „Marko Marulić“ u Kninu kao koordinator jednog modula, te suradnik na preddiplomskom studiju na Sveučilištu u Splitu. Bio je mentor dva doktorska rada, jednog magistarskog rada te član povjerenstva u 4 doktorska rada i jednom magistarskom radu. Bio je mentor u više od dvadeset diplomskih i završnih radova.

Član je jednog međunarodnog i tri domaća znanstvena društva. Od 2017. godine član je Akademije poljoprivrednih znanosti. Član je Fakultetskog vijeća od 2001. godine do danas. U dva mandata obnaša funkciju predstojnika Zavoda za ishranu bilja (2009.-2012. i 2015.-2018.) i predsjednika Povjerenstva za Statut Sveučilišta u Zagrebu Agronomski fakultet (2011. i 2017.). Od 2009. do 2013. godine član je Odbora za statutarna pitanja Sveučilišta u Zagrebu. U dva mandata je član Odbora za izdavačku djelatnost Fakulteta. Od 2017. godine član je HZN/TO 577 te ovlaštena osoba ispred Ministarstva zaštite okoliša za izradu elaborata i ocjenu stanja sastavnica okoliša. Znanstveno se usavršavao u Nizozemskoj, Austriji i Sloveniji. Aktivno govori engleski i talijanski jezik.

*… **Stazama pravim On me upravlja radi imena svojega**…*
(Ps, 23, 3)

Hvala Ti !

Sladak je dah proljetnog pljuska,
Pčelinje blago slatko je,
Slatka glazba, topi se,
No slađi je još jedva čujni glas zahvalnosti.
(Thomas Gray)

Zahvaljujem svima koji su na bilo koji način pomogli u izradi ovog rada!

Vesna Jurkić

SAŽETAK

Uzgoj vinove loze (*Vitis vinifera* L.) u Hrvatskoj ima dugu povijest i vrlo je važna gospodarska grana, stoga su i ova istraživanja provedena u cilju doprinosa spoznaji u kolikoj mjeri reakcija tla utječe na usvajanje i dinamiku kalija, kalcija i magnezija u lišću vinove loze i mineralni sastav mošta. Istraživanja su provedena u razdoblju 2009.-2011. godina na području Plešivičkog vinogorja. Temeljem preliminarnih istraživanja odabrane su dvije lokacije za postavljanje pokusa. Na lokaciji Rečki gaj tlo je jako kisele do kisele reakcije (pH_{KCl} 3,54-5,01), a na lokaciji Borička tlo je alkalne reakcije (pH_{KCl} 7,01-7,41). Istraživana sorta bila je Sauvignon bijeli na podlozi *Berlanderieri* x *Riparia* SO4. Na svakoj lokaciji formirano je 9 pokusnih parcela u pravilnom kvadratnom rasporedu 3 x 3 (2 reda s 20 trsova). Za praćenje dinamike K, Ca i Mg te njihovog međusobnog odnosa u lišću i moštu, uzorci lišća uzimani su tri puta u svakoj vegetacijskoj godini u fenofazama cvatnje, šare i berbe sa svake parcele. Uzorci tla uzimani su svake godine na početku vegetacije, a dobiveni rezultati kemijskih svojstava nisu pokazali značajnija odstupanja u reakciji tla, koncentracijama zamjenjivog Al^{3+} na kiselom tlu te % CaO na alkalnom tlu kao ni u koncentracijama K, Ca i Mg u istraživanom razdoblju. Rezultati mineralnog sastava lišća, u sve tri godine istraživanja, pokazali su da postoji značajan utjecaj reakcije tla, fenofaze i godine istraživanja na koncentracije K, Ca i Mg u lišću. Veće koncentracije K utvrđene su u lišću vinove loze na kiselom tlu (1,15-1,28 % K/ST) u odnosu na alkalno tlo (0,98-1,14 % K/ST) dok su veće koncentracije Ca (2,54-5,11% Ca/ST) i Mg (0,45-0,50 % Mg/ST) utvrđene na alkalnom tlu u svim godinama istraživanja u odnosu na kiselo tlo (2,27-4,36 % Ca/ST i 0,27-0,32 % Mg/ST). Veće koncentracije K na kiselom tlu mogu se dovesti u vezu s interakcijskim odnosom Ca i K na alkalnom tlu, odnosno antagonističkim odnosom Ca i K, koji je rezultirao slabijim usvajanjem K na alkalnom tlu. Utvrđene razlike u koncentracijama Ca i Mg na kiselom i alkalnom tlu, mogu se dovesti u svezu s različitim klimatskim prilikama tijekom istraživanja i njihovim utjecajem na usvajanje Ca i Mg. Na kationski odnos K/(Ca+Mg) u lišću u sve tri godine istraživanja značajan utjecaj imala je reakcija tla te fenofaza rasta i razvoja. Širi odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze, u svim godinama istraživanja utvrđen je na tlu kisele reakcije (0,29-0,59) u odnosu na alkalno tlo (0,20-0,40). Utvrđeni odnos K/(Ca+Mg) po fenofazama, neovisno o reakciji tla, najširi je u fenofazi cvatnje (0,31-1,02) i sužava se prema berbi (0,15-0,34) u svim godinama istraživanja. Nepovoljni kationski odnos u najvećoj mjeri rezultat je antagonizma između K i Ca te K i Mg te nepovoljnih klimatskih prilika koje su rezultirale smanjenim usvajanjem Ca i Mg. Rezultati mineralnog sastava mošta pokazuju da su utvrđene vrijednosti K, Ca i Mg pod utjecajem reakcije tla, a u pojedinim godinama i klimatskih prilika. Detaljnom analizom mineralnog sastava mošta utvrđeno je da su koncentracije Ca i Mg u moštu u sve tri godine istraživanja veće na alkalnom tlu u odnosu na kiselo tlo. Za razliku od Ca i Mg koncentracija K u moštu bila je veća na alkalnom tlu samo u 2009. godini dok su u ostale dvije godine istraživanja veće koncentracije K utvrđene na kiselom tlu. Na koncentraciju šećera u moštu, u sve tri godine istraživanja, nije značajno utjecala reakcija tla, ali je utvrđen značajan utjecaj godine i interakcijski učinak reakcije tla i godine. Veće koncentracije šećera u moštu u 2009. i 2010. godini bile su na alkalnom tlu (27,0 i 23,1 % Brixa) u odnosu na kiselo tlo dok je veća koncentracija šećera u moštu (27,7 % Brixa) utvrđena u 2011. godini na kiselom tlu. Veće koncentracije šećera u moštu na kiselom tlu povezane su s većim koncentracijama kalija u lišću na kiselom u odnosu na alkalno tlo. U sve tri godine istraživanja veće koncentracije ukupnih kiselina u moštu (5,08-7,03 g L^{-1}) bile su na tlu kisele reakcije u odnosu na alkalno tlo (4,62-6,37 g L^{-1}). Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti da je utjecaj reakcije tla i fenofaze na koncentraciju i dinamiku kalija, kalcija i magnezija te na njihov međusobni odnos u lišću vinove loze značajan, dok su kemijska svojstva i mineralni sastav mošta pod jačim utjecajem klimatskih prilika, osim ukupnih kiselina koje su redovito veće na tlu kisele reakcije.

Ključne riječi: kalcij, kalij, kiseline, K/(Ca+Mg), magnezij, mošt, reakcija tla, vinova loza, šećeri

PROŠIRENI SAŽETAK

Influence of soil reaction on the potassium dynamics in grapevine leaves and mineral composition of must

Grapevine (*Vitis vinifera* L.) is the most widespread and the oldest cultivated plant in the world. With its total production surpasses all other fruit species. The history of grapevine growing in Croatia is known far in the past (about 400 years BC) too, because here is optimal geographic position with very favorable climatic conditions for growing vines and producing high quality wines (over 90% of the grapes is processed into wine).
Croatia is divided into two wine-growing regions: the Primorje region (with 5 subregions) and the Continental region (with 7 subregions, including subregion Plešivica, where research has been conducted).

Soil reaction is one of the basic soil fertility indicators because it significantly affects the solubility and availability of nutrients to plants. Availability and uptake of nutrients are reduced in acidic soils as well as in soils with too much lime.
Grapevine nutrition is very important measure in vineyard management because it affects the formation of clusters, grape and wine quality, and depends on biotic and abiotic factors. So, present research has been carried out in order to gain a better understanding of potassium, calcium and magnesium dynamics in vine leaves and mineral composition of must on acidic and alkaline soils.
The research was carried out in the period 2009-2011 in the area of Plešivica vine subregion. Based on preliminary research (physico-chemical soil properties), two sites were selected. At the site of Rečki gaj soil has a very acidic to acidic reaction (pH_{KCl} 3.54-5.01), and at Borička site soil has alkaline reaction (pH_{KCl} 7.01-7.41). The investigated cultivar was Sauvignon Blanc on the *Berlanderieri* x *Riparia* rootstock (SO4). At each site, 9 experimental plots were formed in a regular squared layout of 3 x 3 plots and each plot included 2 rows of 20 vines (total of 40 vines per plot).

For the purpose of research of the dynamics of potassium, calcium and magnesium content as well as their mutual relationship in leaves and must, from each plot leaves samples were colected three times in each vegetation year in the phenophases of flowering, verasion and harvest. Content of potassium, calcium and magnesium in vine leaves samples (for all 3 samplings) were determined, while in must the mineral composition, content of sugar and total acids were determined.
Soil samples were colected every year at the beginning of vegetation (average soil samples in two depths (0-30 cm and 30-60 cm), at each experimental plot on both sites). By soil samples analysis, the basic chemical soil properties and the total content of potassium, calcium and magnesium were determined.
In addition to the above mentioned analysis, at the Rečki gaj site, the content of replaceable aluminum was determined, while the content of total carbonate (% $CaCO_3$) and content of physiologically active lime (% CaO) was determined at Borička site. The results of the chemical properties showed no significant deviations in the soil reaction, content of mobile aluminum on acidic soil and the physiologically active lime on alkaline soil as well as the potassium, calcium and magnesium content in the researched period.

The effect of climatic factors (temperature and precipitation) was calculated on the basis of the data from the Jastrebarsko meteorological station located within the Jastrebarsko Forestry Institute. The data was obtained by the Croatian Meteorological and Hydrological Service.

The results of the leaves mineral composition, in all three years of research, have shown a significant effect of the soil reaction, phenophase and years of research on the leaves

content of potassium, calcium and magnesium. Higher vine leaves potassium content was determined on acidic soil (1.15-1.28 % K/DW) compared to alkaline soil (0.98-1.14 % K/DW), while higher calcium (2.54-5.11 % Ca/DW) and magnesium content (0.45-0.50 % Mg/DW) was determined on alkaline soil during all years of research compared to acidic soil (2.27-4.36 % Ca/DW and 0.27-0.32 % Mg/DW, respectively). Higher potassium amount on acidic soil can be associated to antagonistic interaction of calcium and potassium on alkaline soil, resulting in low potassium uptake on alkaline soil. Determined differences in calcium and magnesium content on acidic and alkaline soil, can be associated with different climatic conditions during the research and their effect on the uptake of calcium and magnesium.
Despite the differences in the determined vine leaves content of potassium and magnesium on the acidic and alkaline soil, potassium and magnesium values, at all phases of development and in all three years of research, were within the limits of optimal values (0.71-1.71% K/DW and 0.17-0.60% Mg/DW), while calcium values (5.11-6.09 % Ca/DW) in 2009 in verasion are significantly higher than optimal (2.20-4.50 % Ca/DW). Soil reaction and phenophase of growth and development had a significant effect on the K/(Ca+Mg) cationic ratio in leaves in all three years of research. Wider ratio of K/(Ca+Mg) in vine leaves in all years of research was determined on acidic soil (0.29-0.59) compared to alkaline soil (0.20-0.40).
Determined K/(Ca+Mg) ratio by phenophases, regardless the soil reaction, is the widest in the flowering phenophase (0.31-1.02) and narrows to harvest (0.15-0.34) in all researched years. Inadequate cationic ratio, mostly, is result of antagonism between potassium and calcium than potassium and magnesium, and as well as adverse climatic conditions resulting in decreased calcium and magnesium uptake.
During all three years of research, wider average K/Ca ratio in vine leaves was determined on acidic soil (0.31-0.67) compared to alkaline soil (0.22-0.48). In the researched period, wider average K/Mg ratio in vine leaves was determined on acidic soil (4.64-5.63) compared to alkaline soil (2.36-2.47). The widest ratio of K/Ca and K/Mg in leaves was determined in the flowering phenophase in all three years of research, regardless soil reaction, that narrows towards to the end of the vegetation.

The results of must mineral composition indicate that determined potassium, calcium and magnesium values are affected by the soil reaction, and in certain years, by climatic conditions too. By detailed analysis of must mineral composition, it was found that the must calcium and magnesium contents in all three years of research were higher in alkaline than acidic soil. Unlike calcium and magnesium, the must potassium content was higher on alkaline soil in 2009, while in the other two researched years higher values were determined in acidic soil. On the must sugar content, in all three years of research, no significant effect of soil reaction was determined, but significant effect of the year and the interaction effect of soil reaction and the year were determined. Higher must sugar content in 2009 and 2010 was determined in alkaline soil (27.0 and 23.1 % Brix, respectively) compared to acidic soil, while higher must sugar content (27.7 % Brix) was determined in 2011. in acidic soil. The highest must sugar content, regardless soil reaction, in 2009 (25.2 % Brix in acidic soil and 27.0 in alkaline soil), and the lowest in 2010 (21.6 % Brix in acidic soil and 23.1 in alkaline soil) which can be explained by climatic conditions in individual years. Namely, higher sugar content was determined in the year with the optimal amount of precipitation (year 2009) compared to the extremely rainy year (year 2010). Climatic conditions were significantly different in 2011, which was extremely hot and extremely dry, when determined must sugar content was significantly higher in acidic soil (27.7 % Brix) compared to alkaline soil (22,9 % Brix). Higher must sugar content in acidic soil in 2011 is the result of higher leaves potassium content in acidic soil compared to alkaline soil, which is in agreement with the fact that potassium has a positive effect on the higher accumulation of carbohydrates (sugars).
In all three researched years, higher must total acid content were determined in acidic soil (5.08-7.03 g L^{-1}) compared to alkaline soil (4.62-6.37 g L^{-1}).

Based on the results obtained, it can be concluded that the effect of soil reaction and phenophase on the content and dynamics of potassium, calcium and magnesium and their mutual relationship in vine leaves is significant, while the chemical properties and mineral composition of must are more affected by climatic conditions, except the total acid content which are regularly higher in acidic soil.

Keywords: calcium, cationic ratio, grapevine, magnesium, must, potassium, soil reaction, sugar, total acid

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. HIPOTEZE I CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....3

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA 4

2.1. UZGOJ VINOVE LOZE NA KISELIM I ALKALNIM TLIMA 4

2.2. KALIJ, KALCIJ I MAGNEZIJ U TLU.....8

2.2.1. Kalij u tlu 8

2.2.2. Kalcij u tlu.....11

2.2.3. Magnezij u tlu.....11

2.3. KALIJ, KALCIJ I MAGNEZIJ U LIŠĆU VINOVE LOZE 12

2.3.1. Kalij u lišću vinove loze 14

2.3.2. Kalcij u lišću vinove loze.....19

2.3.3. Magnezij u lišću vinove loze.....21

2.4. ODNOSI KALIJA, KALCIJA I MAGNEZIJA U TLU I BILJCI.....23

2.5. UTJECAJ PODLOGE NA UZGOJ VINOVE LOZE.....28

2.6. SORTA SAUVIGNON BIJELI 31

2.7. MOŠT.....32

3. MATERIJAL I METODE RADA 33

3.1. VINOGRADARSKA PODREGIJA PLEŠIVICA.....33

3.2. POSTAVLJANJE I ORGANIZACIJA POKUSA.....34

3.2.1. Lokacija Rečki gaj 36

3.2.2. Lokacija Boričkа.....37

3.3. KEMIJSKE ANALIZE TLA I BILJNOG MATERIJALA 38

3.3.1. Kemijske analize tla 39

3.3.2. Kemijske analize biljnog materijala.....39

3.4. ANALIZA KLIMATSKIH PODATAKA.....40

3.4.1. Osnovne značajke klime Plešivičkog vinogorja 40

3.4.2. Vremenske prilike u 2009. godini 41

3.4.3. Vremenske prilike u 2010. godini 44

3.4.4. Vremenske prilike u 2011.godini 46

3.5. STATISTIČKE ANALIZE 48

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 49

4.1. KEMIJSKA SVOJSTVA TLA 49

4.2. MINERALNI SASTAV LIŠĆA VINOVE LOZE 50

4.2.1. Kalij u lišću vinove loze 50

4.2.2. Kalcij u lišću vinove loze 54

4.2.3. Magnezij u lišću vinove loze 57

4.3. ODNOSI MEĐU KATIONIMA U LIŠĆU VINOVE LOZE 61

4.3.1. Kationski odnos (K/(Ca+Mg)) u lišću vinove loze 61

4.3.2. Odnosi između kalija i kalcija (K/Ca) u lišću vinove loze 64

4.3.3. Odnosi između kalija i magnezija (K/Mg) u lišću vinove loze 67

4.4. MINERALNI SASTAV MOŠTA 70

4.4.1. Šećeri u moštu 71

4.4.1.1. Odnos kalija u lišću vinove loze i šećera u moštu 73

4.4.1.2. Odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze i šećera u moštu 75

4.4.2. Kiseline u moštu 77

4.4.2.1. Odnos kalija u lišću vinove loze i ukupnih kiselina 78

4.4.2.2. Odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze i ukupnih kiselina 80

5. RASPRAVA 83

6. ZAKLJUČCI 92

7. POPIS LITERATURE 94

ŽIVOTOPIS 108

Popis slika

Slika 1: Dostupnost mineralnih tvari ovisno o pH vrijednosti tla (www.soilpHtesting.com)
Slika 2. Utjecaj zamjenjivog aluminija na rast i razvoj korijena i nadzemnog dijela vinove loze (Pettit, 2015)
Slika 3: Kloroza vinove loze na području Plešivičkog vinogorja, (Gluhić, 2006)
Slika 4: Ciklus kalija u sustavu tlo-biljka (Syers, 1998., cit. prema Vukadinović i Vukadinović, 2011)
Slika 5: Položaj peteljki lista koje se uzorkuju u fenofazi cvatnje (Christensen i sur., 1978).
Slika 6: Nedostatak kalija izražen kao uvijanje starijeg lišća i postepene rubne nekroze (Treeby i sur., 2004)
Slika 7: Formiranje bobice i dozrijevanje grožđa (Coombe i McCharty, 2000).
Slika 8: Nedostatk magnezija u listu vinove loze (Čoga, 2008)
Slika 9: Poremećaj između kalija, kalcija i magnezija u nezrelom grozdu (www.pavin.hr)
Slika 10: Utjecaj K/Mg odnosa u hranivoj otopini na rast korijena vinove loze, kultivar 'Dattier de Beiruth' na SO4 podlozi (Toumi, 2016)
Slika 11: Otpornost podloga na fiziološki aktivno vapno (Foulonneau, 1971)
Slika 12: Sauvignon blanc (Petek, 2008)
Slika 13: Vinogorja vinogradarske podregije Plešivica (vinopedia. hr)
Slika 14: Panorama Plešivičkog vinogorja (Jurkić, 2011)
Slika 15: Plan pokusa (Pavlović, 2009)
Slika 16: Profil tla, Borička (Čoga, 2006)
Slika 17: Lokacija Rečki gaj (Pavlović, 2009)
Slika 18: lokacija Borička (Pavlović, 2009)
Slika 19: Odstupanje srednje mjesečne temperature zraka (°C) za 2009. godinu od višegodišnjih prosječnih vrijednosti (DHMZ)
Slika 20: Količina oborine za 2009. godinu izražena u % višegodišnjeg odgovarajućeg mjesečnog srednjaka (DHMZ)
Slika 21: Odstupanje srednje mjesečne temperature zraka (°C) za 2010. godinu od višegodišnjih prosječnih vrijednosti (DHMZ)
Slika 22: Količina oborine za 2010. godinu izražena u % višegodišnjeg odgovarajućeg mjesečnog srednjaka (DHMZ)
Slika 23: Odstupanje srednje mjesečne temperature zraka (°C) za 2011. godinu od višegodišnjih prosječnih vrijednosti (DHMZ)
Slika 24: Količina oborine za 2011. godinu izražena u % višegodišnjeg odgovarajućeg mjesečnog srednjaka (DHMZ)

Popis tablica

Tablica 1: Granične vrijednosti nedostatka, optimuma i suviška makroelemenata i mikroelemenata u lišću vinove loze (Christensen i sur., 1978; Cook i Wheeler, 1978)
Tablica 2: Preporučene količine makroelemenata i mikroelemenata u listu vinove loze u fenofazama cvatnje i šare za agroekološke uvjete sjeverne Italije (Fregoni, 2006)
Tablica 3: Neki antagonistički parovi elemenata ishrane bilja od praktičnog značaja (Bergmann, 1992)
Tablica 4: Optimalni odnosi pojedinih hranivih elemenata u listu vinove loze (Fregoni, 2006)
Tablica 5: Kriteriji za folijarnu dijagnozu vinove loze (Ryser, 1982)
Tablica 6: Koncentracija kalija u lišću (%) s obzirom na rastuću otpornost na sušu od 1 do 5, (Fregoni, 1986, cit. prema Mirošević, 2007)
Tablica 7: Osjetljivost podloga na manjak magnezija (Fregoni, 1986, cit. prema Mirošević, 2007)
Tablica 8: Otpornost podloga na sušenje vegetativnih dijelova (Fregoni, 1986, cit. prema Mirošević, 2007)
Tablica 9: Rečki gaj – mehanički sastav tla
Tablica 10: Boričkа – mehanički sastav tla
Tablica 11: Kemijska svojstva tla, 2009.-2011. godina
Tablica 12: Rezultati analize varijance za koncentraciju kalija u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina
Tablica 13: Koncentracija kalija (% K/ST) u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina
Tablica 14: Usporedbe prosjeka pojedinih uzorkovanja za kalij, 2009.-2011. godina
Tablica 15: Rezultati analize varijance za koncentraciju kalcija u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina
Tablica 16: Koncentracija kalcija (% Ca/ST) u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina
Tablica 17: Usporedbe prosjeka pojedinih uzorkovanja za kalcij, 2009.-2011. godina
Tablica 18: Rezultati analize varijance za koncentraciju magnezija u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina
Tablica 19: Koncentracija magnezija (% Mg/ST) u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina
Tablica 20: Usporedbe prosjeka pojedinih uzorkovanja za magnezij, 2009.-2011. godina
Tablica 21: Rezultati analize varijance za kationski odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina

Tablica 22: Kationski odnos K/(Ca+Mg) u listu vinove loze, 2009.-2011. godina
Tablica 23: Usporedbe prosjeka pojedinih uzorkovanja za K/(Ca+Mg), 2009.-2011. godina
Tablica 24: Rezultati analize varijance za odnos K/Ca u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina
Tablica 25: Odnos K/Ca u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina
Tablica 26: Usporedbe prosjeka pojedinih uzorkovanja za K/Ca, 2009.-2011. godina
Tablica 27: Rezultati analize varijance za odnos K/Mg) u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina
Tablica 28: Odnos K/Mg u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina
Tablica 29: Usporedbe prosjeka pojedinih uzorkovanja za K/Mg, 2009.-2011. godina
Tablica 30: Mineralni sastav mošta, 2009.-2011. godina
Tablica 31: Rezultati analize varijance za koncentraciju šećera u moštu, 2009.-2011. godina
Tablica 32: Koncentracija šećera u moštu (% Brixa), 2009.-2011. godina
Tablica 33: Rezultati analize varijance za koncentraciju ukupnih kiselina u moštu, 2009.-2011. godina
Tablica 34: Koncentracija ukupnih kiselina u moštu (g L-1, izražene kao vinska kiselina), 2009.-2011. godina

Popis grafikona

Grafikon 1: Akumulacija kalija u različitim organima vinove loze (Chenin blanc/99R) tijekom vegetacije (Mpelasoka i sur., 2003, prema Conradie, 1981a)
Grafikon 2: Akumulacija kalcija u vinovoj lozi tijekom vegetacije (Conradie, 1981)
Grafikon 3: Akumulacija magnezija u vinovoj lozi tijekom vegetacije (Conradie, 1981)
Grafikon 4: Walterov klima dijagram za meteorološku postaju Jastrebarsko, višegodišnji prosjek
Grafikon 5: Walterov klima dijagram za meteorološku postaju Jastrebarsko za 2009. godinu
Grafikon 6: Walterov klima dijagram za meteorološku postaju Jastrebarsko za 2010. godinu
Grafikon 7: Walterov klima dijagram za meteorološku postaju Jastrebarsko za 2011. godinu
Grafikon 8: Utjecaj reakcije tla na dinamiku kalcija u lišću vinove loze u 2009. godini
Grafikon 9: Utjecaj reakcije tla na dinamiku kalija u lišću vinove loze u 2010. godini
Grafikon 10: Utjecaj reakcije tla na dinamiku kalija u lišću vinove loze u 2011. godini
Grafikon 11: Utjecaj reakcije tla na dinamiku kalcija u lišću vinove loze u 2009. godini
Grafikon 12: Utjecaj reakcije tla na dinamiku kalcija u lišću vinove loze u 2010. godini
Grafikon 13: Utjecaj reakcije tla na dinamiku kalcija u lišću vinove loze u 2011. godini
Grafikon 14: Utjecaj reakcije tla na dinamiku magnezija u lišću vinove loze u 2009. godini
Grafikon 15: Utjecaj reakcije tla na dinamiku magnezija u lišću vinove loze u 2010. godini
Grafikon 16: Utjecaj reakcije tla na dinamiku magnezija u lišću vinove loze u 2011. godini
Grafikon 17: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze u 2009. godini
Grafikon 18: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze u 2010. godini
Grafikon 19: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze u 2011. godini
Grafikon 20: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/Ca u lišću vinove loze u 2009. godini
Grafikon 21: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/Ca u lišću vinove loze u 2010. godini
Grafikon 22: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/Ca u lišću vinove loze u 2011. godini
Grafikon 23: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/Mg u lišću vinove loze u 2009. godini
Grafikon 24: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/Mg u lišću vinove loze u 2010. godini
Grafikon 25: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/Mg u lišću vinove loze u 2011. godini
Grafikon 26: Utjecaj reakcije tla na dinamiku koncentracije šećera u moštu, 2009.-2011. godina
Grafikon 27: Korelacija koncentracije šećera u moštu i koncentracija kalija u lišću vinove loze u 2009. godini

Grafikon 28: Korelacija koncentracije šećera u moštu i koncentracija kalija u lišću vinove loze u 2010. godini
Grafikon 29: Korelacija koncentracije šećera u moštu i koncentracija kalija u lišću vinove loze u 2011. godini
Grafikon 30: Korelacija kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću i koncentracije šećera u moštu u 2009. godini
Grafikon 31: Korelacija kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću i koncentracije šećera u moštu u 2010. godini
Grafikon 32: Korelacija kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću i koncentracije šećera u moštu u 2011. godini
Grafikon 33: Utjecaj reakcije tla na dinamiku koncentracije ukupnih kiselina u moštu, 2009.-2011. godina
Grafikon 34: Korelacija ukupnih kiselina u moštu i kalija u lišću vinove loze u 2009. godini
Grafikon 35: Korelacija ukupnih kiselina u moštu i kalija u lišću vinove loze u 2010. godini
Grafikon 36: Korelacija ukupnih kiselina u moštu i kalija u lišću vinove loze u 2011. godini
Grafikon 37: Korelacija kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću i ukupnih kiselina u moštu u 2009. godini
Grafikon 38: Korelacija kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću i ukupnih kiselina u moštu u 2010. godini
Grafikon 39: Korelacija kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću i ukupnih kiselina u moštu u 2011. godini

1. UVOD

Vinova loza (*Vitis vinifera* L.) pripada među najstarije kulturne biljke (Olmo, 2000) i jedna je od najrasprostranjenijih voćnih vrsta u svijetu (Al-Obeed i sur., 2011; Zörb i sur., 2014). U svjetskoj proizvodnji voća vinova loza je na prvom mjestu (Pejić i Maletić, 2013). Uzgoj vinove loze vrlo je važna gospodarska grana, a uzgaja se na svim kontinentima osim Antarktike.

Povijest uzgoja vinove loze u Hrvatskoj seže duboko u prošlost. Oko 400 g. pr. n. e. osnovane su kolonije na Visu, Starigradu na Hvaru i Korčuli, a o bogatoj tradiciji vinogradarstva na ovom području svjedoče i brojni nalazi iz Krapine, Vinagore, Lobora, Petrijanaca koji sežu u prvo stoljeće pr. Krista. Slobodno se može reći da je povijest vinogradarstva duga koliko i povijest ljudske civilizacije (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008).

Novo razdoblje vinogradarstva u Hrvatskoj počinje 1841. godine osnivanjem Hrvatsko-slavonskog gospodarskog društva koje je sustavno unapređivalo vinogradarstvo i vinarstvo. Utjecajem drušva, hrvatski su vinogradari izlagali već na Prvoj izložbi vina u Beču 1857. godine, gdje su naročito zapažena iločka vina, a 1860. godine organizirana je i Prva hrvatska izložba vina u Svetom Ivanu Zelini.

Filoksera u Hrvatskoj dolazi kasnije nego u zapadnoeuropskim zemljama te su u tom razdoblju hrvatska vina vrlo tražena i masovno se izvoze. Filoksera je prvi put pronađena na Silbi i Olibu 1894. godine, otkad počinje i propadanje vinograda u Hrvatskoj. Rješenje problema filoksere pronađeno je u cijepljenju vinove loze na američke vrste čiji je korijen, zbog specifične građe, otporan na ovog štetnika (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008).

Zemljopisni položaj Hrvatske s vrlo povoljnim klimatskim uvjetima optimalan je za uzgoj vinove loze i proizvodnju vina (preko 90% uroda prerađuje se u vino, Pejić i Maletić, 2013) visoke kakvoće na našim prostorima.

Hrvatska je podijeljena u dvije velike vinogradarske regije – Primorsku i Kontinentalnu regiju. Regija Primorska Hrvatska podijeljenja je u pet podregija i trideset jedno vinogorje, a regija Kontinentalna Hrvatska u sedam podregija i trideset pet vinogorja, među kojima je i podregija Plešivica gdje su provedena istraživanja.

Reakcija tla jedan je od osnovnih pokazatelja plodnosti tla jer značajno utječe na topivost, a time i na pristupačnost hraniva biljci. Optimalna pH vrijednost za usvajanje većine hraniva i za uzgoj većine kultura je slabo kisela do neutralna (pH 6-7), a odstupanja od navedenih vrijednosti mogu voditi nedostatku ili suvišku pojedinog hraniva. Loš odabir tla ili bilja, s obzirom na pH vrijednost, u konačnici rezultira lošim izgledom i propadanjem biljaka. Razlog tomu je nedostatak pojedinih biogenih elemenata koji pri određenim pH

vrijednostima postaju biljci nepristupačni i javljaju se različiti fiziološki poremećaji (Herak Ćustić i sur., 2005).

Promjena pH vrijednosti u negativnom smislu (neutralno-kiselo, neutralno-alkalno) može voditi nedostatku ili višku hraniva zbog povećanog otpuštanja ili imobilizacije. Raspoloživost i usvajanje hraniva smanjeni su u kiselim ili zakiseljenim tlima, ali i previše vapna može isto negativno utjecati na rast biljke i izazvati štetu, posebno na laganim pjeskovitim tlima s niskim sadržajem gline (Bergmann, 1992).

Ishrana vinove loze vrlo je važna komponenta u upravljanju vinogradom jer utječe na formiranje grozdova, kvalitetu grožđa i vina. Nema univerzalnog programa ishrane vinove loze jer ona ovisi o biotičkim i abiotičkim čimbenicima pa su i ova istraživanja provedena u svrhu boljeg upoznavanja dinamike kalija, kalcija i magnezija u lišću vinove loze na kiselim i alkalnim tlima.

Dinamika kalija u lišću vinove loze nije konstantna nego se mijenja ovisno o karakteristikama tla, podlozi, sorti, fenofazi vegetacije, gnojidbi i klimatskim prilikama (Szoke i sur., 1992) i koncentracija mu se prema kraju vegetacije smanjuje dok koncentracije kalcija i magnezija rastu u razdoblju od cvatnje do berbe (Cabanne i Doneche, 2003; Čoga i sur., 2009). Poznavanje dinamike kalija te odnosa kalija, kalcija i magnezija u lišću vinove loze na kiselim i alkalnim (vapnenim) tlima od neizmjernog je značaja jer se radi o elementima koji direktno utječu na kvalitetu grožđa, mošta i vina (Fregoni, 2006). Stoga, za potpunu ocjenu opskrbljenosti vinove loze kalijem nije dovoljno poznavati samo koncentraciju kalija u biljci nego i koncentracije kalcija i magnezija u biljci te njihov međusobni odnos (Gluhić i sur., 2009; Slunjski i sur., 2011).

Odgovorima, u kojoj mjeri reakcija tla utječe na dinamiku i odnos kalija, kalcija i magnezija u lišću vinove loze te kakav je njihov utjecaj na kvalitetu grožđa i mošta, pridonijet će i ovo istraživanje.

1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja

Temeljem navedenog postavljene su sljedeće hipoteze i ciljevi istraživanja:

Hipoteze:

1. Reakcija tla ima značajan utjecaj na usvajanje kalija, kalcija i magnezija u lišću vinove loze
2. Odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze ima značajniji utjecaj na mineralni sastav mošta od njihovih apsolutnih vrijednosti
3. Postoji pozitivna korelacija između kalija u lišću vinove loze i količine šećera u moštu te negativna korelacija između kalija u lišću i ukupnih kiselina u moštu

Ciljevi:

1. Utvrditi količinu ukupnog i biljci pristupačnog kalija, kalcija i magnezija u kiselom i alkalnom tlu
2. Utvrditi dinamiku kalija, kalcija i magnezija u lišću vinove loze po fenofazama te njihov utjecaj na mineralni sastav mošta na kiselom i alkalnom tlu
3. Utvrditi utjecaj koncentracije kalija u lišću vinove loze na količinu šećera i ukupnih kiselina u moštu

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

2.1. Uzgoj vinove loze na kiselim i alkalnim tlima

Vinova loza je višegodišnja drvenasta kultura koja ima vrlo širok pojas rasprostranjenosti. Uzgaja se na različitim tipovima tala, u različitim klimatskim uvjetima (može preživjeti temperature i do -20^{o}C tijekom zime, ovisno o sorti (Jackson, 2014), a utjecaj pojedinog tla na prinos i kakvoću grožđa pa samim time i na kvalitetu vina, ogleda se kroz njegova fizikalna, kemijska i biološka svojstva vodeći pri tome računa o podlozi, klimi, nadmorskoj visini i ekspoziciji.

Svaka kulturna biljka pa tako i vinova loza, postavlja određene zahtjeve u pogledu niza prirodnih čimbenika, ali je pitanje koliko iste poznajemo i pravilno koristimo u vinogradarskoj proizvodnji. Jedan od najznačajnijih čimbenika je pH vrijednost tla pa bez obzira na vrlo širok areal rasprostranjenosti vinove loze (pH 4,5-8,5), problemi u uzgoju mogu se pojaviti kako na kiselim tako i na alkalnim tlima.

Reakcija tla (pH vrijednost tla) utječe ne samo na topivost i pristupačnost hraniva biljci nego je i pokazatelj niza agrokemijskih svojstava tla, a određena je mineralnom i organskom komponentom krute faze tla (Vukadinović i Lončarić, 1998).

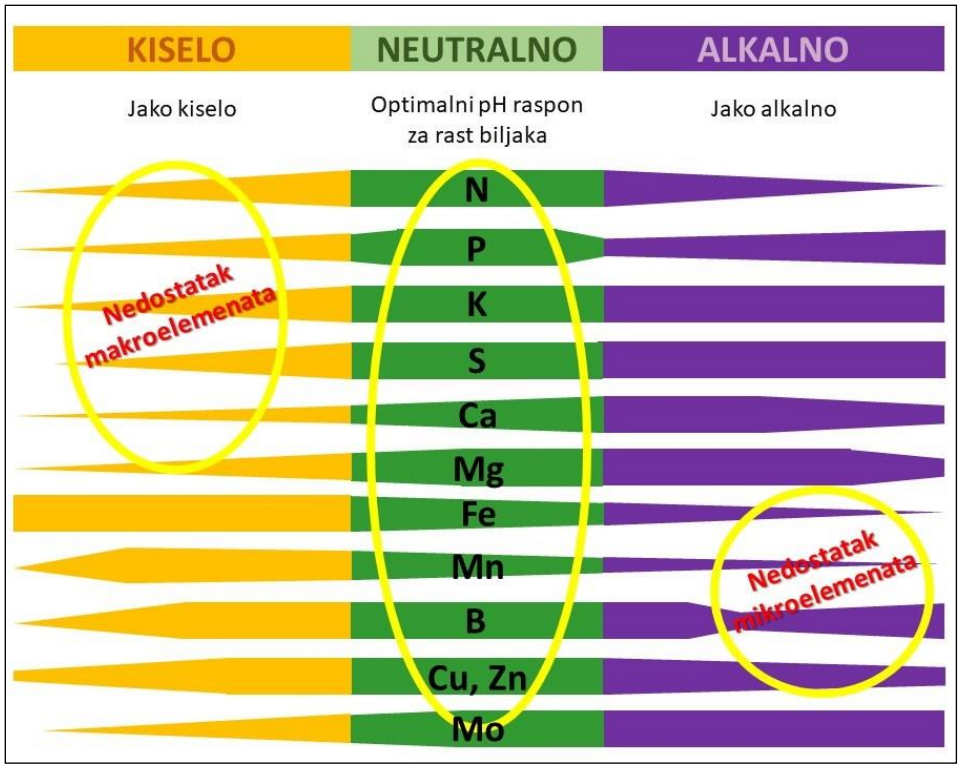
Na jako kiselim i kiselim tlima smanjena je raspoloživost fosfora, kalija, kalcija, magnezija, sumpora i molibdena (slika 1), a javlja se suvišak aluminija i mangana ili toksičnih teških metala, dok na alkalnim tlima previše vapna, također može izazvati štetu na biljkama (Bergmann, 1992).

Kiselost tla predstavlja jedan od najvažnijih limitirajućih čimbenika poljoprivredne proizvodnje u svijetu (Cancado i sur., 2009; Lazarević i sur., 2015), a prema Kovačević i sur. (1993) u Hrvatskoj su kisela tla vrlo rasprostranjena (otprilike 50% obradivih površina ima pH vrijednost nižu od 5,5).

Na kiselim tlima s niskom pH vrijednošću dolazi do znatne mobilnosti mikroelemenata i teških metala čija koncentracija može uzrokovati toksični učinak na korijenov sustav loze. U tim procesima sudjeluju aluminij, mangan i bakar čija štetnost može dovesti i do propadanja trsova (Mirošević, 2007).

Vezano za pristupačnost kalija može se konstatirati da je njegova pristupačnost biljkama bolja u neutralnim i slabo alkalnim tlima u odnosu na jako kisela i kisela tla, ali do nedostatka kalija u vinovoj lozi može doći kako na kiselim tako i na alkalnim tlima (Bates i sur., 2002). Na kiselim tlima oslobađaju se ioni aluminija, mangana i željeza koji su potencijalno štetni za kulturne biljke pa tako i za vinovu lozu, a na alkalnim tlima može doći do antagonizma s kalcijem i magnezijem (Garcia i sur., 1999), a otežano je i

usvajanje željeza, cinka, mangana i bakra zbog slabe topivosti spojeva koji sadrže mikroelemente (Ksouri i sur., 2001).



Slika 1: Dostupnost mineralnih tvari ovisno o pH vrijednosti tla (www.soilpHtesting.com)

Toksičnost aluminija na kiselim tlima dovodi do inhibicije rasta korijena (slika 2), a time i do slabijeg usvajanja hraniva i vode što ima za posljedicu smanjenu otpornost na sušu (Llugany i sur.,1994; Samac i Tesfaye, 2003) te smanjeni rast i razvoj cijele biljke (Foy, 1988).

Smanjeni rast i razvoj korijena vinove loze negativno utječe na pristupačnost i usvajanje kalija (Marschner, 1995; Kochian, 1995) jer dolazi do njegove zamjene sa slobodnim aluminijem. Da zbog aluminija na kiselim tlima može doći do inhibicije primanja kalija, navode i Rout i sur. (2001) te Vitorello i sur. (2005). Osim na usvajanje kalija, utvrđen je i negativni utjecaj zamjenjivog aluminija na pristupačnost i usvajanje kalcija i magnezija, odnosno povećanjem kiselosti tla i povećanjem količine zamjenjivog aluminija u tlu smanjeno je usvajanje kalcija i magnezija (Foy, 1992).

Istražujući utjecaj različitih količina zamjenjivog aluminija u kambisolima na rast i razvoj vinove loze uzgajane na jedanaest različitih podloga Fragus (1999) za razliku od gore navedenih autora nije utvrdio korelaciju između količine zamjenjivog aluminja u tlu i količine kalija u lišću. Međutim, utvrdio je da postoji značajna i to negativna korelacija između količine zamjenjivog aluminija u tlu i količine kalcija i magnezija u lišću, dok su količine fosfora bile stabilne pri svim količinama zamjenjivog aluminja.



Slika 2. Utjecaj zamjenjivog aluminija na rast i razvoj korijena i nadzemnog dijela vinove loze (Pettit, 2015)

Toksičnost aluminija čest je uzrok inhibicije primanja i iskorištavanja magnezija i kalcija. Magnezij se relativno slabo veže za negativno nabijene dijelove staničnih stijenki stanica korijena te kationi prisutni u kiselim tlima, poput H^+ i Al^{3+}, mogu inhibirati njegovo vezanje na apoplast i ulazak u stanicu (Marschner, 1995).

Fiziološki poremećaji utvrđeni pri uzgoju na kiselom tlu nisu rezultat izravnog toksičnog učinka aluminijevog iona na određeni metabolički proces u biljci već su rezultat višestrukih posljedičnih poremećaja izazvanih produljenim negativnim djelovanjem aluminija (Lazarević, 2013).

Osim na kiselim tlima, pristupačnost kalija može biti smanjena i u alkalnim tlima uslijed antagonističkih odnosa između kalija i kalcija te kalija i magnezija što dovodi do povećanja ukupnih kiselina u grožđu i moštu (Garcia i sur., 1999). Od ukupne sume izmjenjivih kationa na alkalnim tlima više od 80% otpada na kalcij, a manje od 20% na magnezij i kalij (Hagin i Tucker, 1982).

Vapnena tla karakterizira veliki udio karbonata s visokom pH vrijednosti i time visoke koncentracije iona HCO_3^- u otopini tla (Mengel i Kirkby, 2001). Razlikuje se ukupno vapno u tlu koje i ne mora pri većim koncentracijama izazvati pojavu kloroza, zbog njegove fiziološke neaktivnosti. U tlima sa znatno manjom koncentracijom fiziološki aktivnog

vapna, međutim, može doći do pojave kloroze, što ovisi o geološkom podrijetlu i građi karbonata (Mirošević, 2007).

Kalcij tla je porijeklom iz primarnih i sekundarnih minerala kao što su kalcit ($CaCO_3$), dolomit ($CaCO_3xMgCO_3$), aragonit, magnetit i drugi kalcijevi materijali. Trošenjem minerala oslobađaju se kalcij i magnezij koji su važna hraniva u biljnoj ishrani, ali negativna strana ovih tala povezana je s visokom reakcijom tla (pH u 1 M KCl-u viši od 7,0) što dovodi do poremećaja u primanju nekih biljnih hraniva (Čoga i sur., 2011).

Uzroci kloroze mogu biti različiti, a najčešće ih izaziva poremećaj metabolizma mineralnih tvari, odnosno nedostatak dušika i kalija, željeza, magnezija, mangana, bora, cinka, suvišak vode i zbijenost tla te kisela reakcija tla. Osim nabrojenog, najveći uzrok pojave kloroze na vinovoj lozi je prevelika količina fiziološki aktivnog vapna (% CaO) u alkalnom tlu, koja dovodi do inaktivacije željeza pa gotovo sve spomenute kloroze možemo nazvati feroklorozom, koja predstavlja vrlo veliki problem u pojedinim tlima (slika 3).



Slika 3: Kloroza vinove loze na području Plešivičkog vinogorja, (Gluhić, 2006)

Ako je kalcij vezan u kalcitu ($CaCO_3$), relativno slabo topivom kalcijevom materijalu, dolazi do vrlo jake kloroze, a ako je u obliku dolomita ($CaCO_3xMgCO_3$), kloroza je slaba ili nikakva (Mirošević, 2007). Osim viška kalcija na pojavu kloroze značajan utjecaj imaju nepovoljna fizikalna svojstva tla i niski kapacitet tla za zrak (Herak Ćustić i sur., 2008), a prema istim autorima količina aktivnog vapna nije imala značajan utjecaj na količinu kalija i magnezija u lišću vinove loze, ali je utvrđena značajna razlika u količini kalcija u lišću.

Gluhić (2010) navodi da je za učinkovitu borbu protiv kloroze na visoko vapnenastim tlima potrebna obilnija gnojidba fiziološki kiselim kalijevim gnojivima (kalijev sulfat) kako bi se time povećala i količina kalija u listu te potenciralo stvaranje više šećera, a time i kvalitetnije grožđe.
Fregoni (1980) te Mengel i sur. (1984) također navode da suvišak kalcija inducira klorozu, uzrokuje visok sadržaj bikarbonata u tlu, utječe na rast vinove loze i intenzitet fotosinteze, a utječe i na prinos i kvalitetu grožđa u vinogradarskoj proizvodnji na vapnenim tlima u cijelom svijetu.

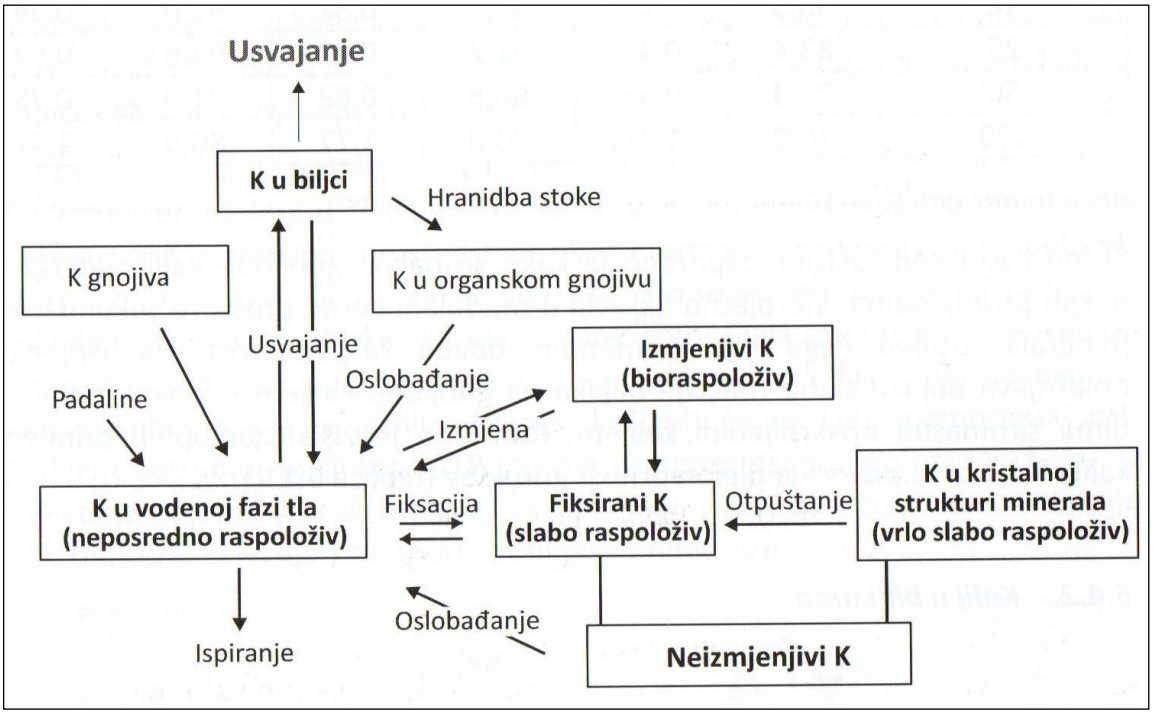
2.2. Kalij, kalcij i magnezij u tlu

Proučavanje ishrane vinove loze i gnojidbe tla u vinogradima vrlo je kompleksno pitanje koje iziskuje višegodišnja istraživanja pojedinih kultivara i podloga u određenim uvjetima. Uz klimatske i edafske prilike, određenu ampelotehniku i agrotehniku, tome puno pridonosi i sama vinova loza svojim specifičnim biološkim karakteristikama, na primjer značajnim rezervama hraniva i ugljikohidrata u trajnim organima i jednogodišnjoj rozgvi (Bišof, 1993).
Uravnotežena ishrana i gnojidba su bitne komponente za tehnologiju uzgoja vinove loze i postizanje očekivanih prinosa i visoke kvalitete grožđa (Zatloukalova, 2011; Ličina i sur., 2013).
Ishrana vinove loze ima svoju kvantitativnu i kvalitativnu bilancu. Kvantitativna ovisi o količini fiziološki pristupačnih hranivih tvari u tlu, a kvalitativna o tijeku metaboličkih procesa usvojenih hranivih tvari i njihova izravnog utjecaja na život i produktivnost loze (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008).

2.2.1. Kalij u tlu

Kalij u tlu potječe iz primarnih minerala kao što su feldspati, liskuni i drugi. Raspadanjem minerala oslobađa se kalij koji se najvećim dijelom veže na adsorpcijski kompleks tla te mu je pokretljivost i opasnost od ispiranja iz tla mala (Vukadinović i Lončarić, 1998). Prema istim autorima ukupan sadržaj kalija u tlima prilično je visok, u prosjeku 0,2-3,0 %, a veći sadržaj kalija imaju teža, glinasta tla.
U tlu nalazimo četiri različita oblika kalija (slika 4), tj. kalij u kristalnoj strukturi minerala tla, fiksirani, zamjenjivi i u vodenoj fazi tla (Vukadinović i Vukadinović, 2011; Di Meo i sur., 2003). Ti se različiti oblici kalija javljaju u dinamičkoj ravnoteži i nisu svi dostupni za usvajanje biljkama (Mengel i Kirkby, 2001). Samo zamjenjivi kalij i onaj u vodenoj fazi tla

su lako dostupni biljkama, dok se fiksirani kalij i kalij u strukturi minerala polagano oslobađaju i čine glavne rezerve kalija u tlu. Dostupnost kalija biljkama iz tla je pod kontrolom dinamičke interakcije između različitih oblika kalija u tlu. Osim toga, dostupnost kalija ovisi i o brzini usvajanja K^+ korijenom kao i o karakteristikama tla kao što su mineralogija, tekstura, kapacitet zamjene kationa (CEC), vlaga, temperatura, pH, kalcij, magnezij i fiksacija kalija (Mpelasoka i sur., 2003).



Slika 4: Ciklus kalija u sustavu tlo-biljka (Syers, 1998., cit. prema Vukadinović i Vukadinović, 2011)

Vinogradi podignuti na tlima koja su dobro opskrbljena kalijem daju veće i kvalitetnije prinose jer kalij direktno utječe na povećanje intenziteta fotosinteze i ubrzani transport organskih tvari iz lista u druge organe (Marković i sur., 2011).

Vinova loza usvoji 25 do 70 kg K/ha/godini, a 30-60 % se od toga iznese u berbi (Champagnol, 1984; Delas, 2000., cit. prema Cadet, 2005).

Kalij je važno makrohranivo za regulaciju vode u vinovoj lozi i njegov nedostatak u tlu može dovesti do smanjenog rasta vinove loze, preranog opadanja lišća i manjeg prinosa (Treeby i sur., 2004; O'Geen i sur., 2008).

Utjecaj gnojidbe kalijem i njegova apsorpcija pod utjecajem su raznih faktora, kao što su primijenjena količina gnojiva, vrijeme i učestalost primjene, značajke tla (Conradie, 1994), aktivnost korijena biljke (Mengel i Kirkby, 2001), količina i učestalost navodnjavanja (Mpelasoka i sur., 2003) i naravno, u obzir treba uzeti kombinaciju podloge i plemke.

Iland (1988) ističe da u situacijama, kada je tlo adekvatno opskrbljeno kalijem, dodatna gnojidba kalijem ne utječe na rast vinove loze, a suprotno tome Conradie i de Wet (1985) navode da je gnojidba kalijem dovela do jačeg vegetativnog rasta. Prema Morris i Cawthon (1982) gnojidba kalijem kroz dvije godine, dovela je do povećanja prinosa kroz obje godine i porasta vinove loze u prvoj godini, a slično navodi i Drenjančević (2011), koji je utvrdio da je gnojidba kalijem djelovala na povećanje prinosa u odnosu na kontrolni tretman u obje godine istraživanja te da se povećala i količina kalija u listu.

Conradie i Saayman (1989a) provodili su istraživanja više od jedanaest godina na tlima siromašnim kalijem i utvrdili da je gnojidba kalijem utjecala na povećanje prinosa i bolji vegetativni rast vinove loze, dok su Poni i sur. (2003) dodavanjem kalija u tlo, utvrdili samo povećanu koncentraciju kalija u listovima i bobicama u berbi na sorti Cabernet Sauvignon, ali bez povećanja rasta ili prinosa grožđa.

Nasuprot ovome, Dundon i sur. (1984) nisu utvrdili povećanje prinosa ili rasta loze dodavanjem kalijevih gnojiva na tlima koja su bila dobro opskrbljena kalijem, ali navode da je klima važan čimbenik koji utječe na usvajanje kalija. Tijekom četverogodišnjeg istraživanja ispitivali su utjecaj kalija na mošt i vino sorte Shiraz uzgajane u hladnijem (Eden Valley) i u vrućem, navodnjavanom klimatu (Waikerie). Rezultati istraživanja pokazuju da se kalij sporo kreće i duže zadržava u zoni korijenja u hladnijem klimatu.

Smolarz i Mercik (1997) utvrdili su, u pokusima provedenim od 1990. do 1995. u Poljskoj, na tlima siromašnim kalijem, da nedostatak kalija utječe na smanjeni porast vinove loze, smanjeni prinos i masu bobica, a prema Chan i Fahey (2011) postoji značajna veza između zamjenjivog kalija u tlu i koncentracije kalija u bobicama.

Nedostatak kalija najčešći je na laganim, pjeskovitim tlima gdje je uočljiva tendencija njegova ispiranja i teškim glinovitim tlima gdje je izražena fiksacija kalija (Vukadinović i Lončarić, 1998) te na tlima koja imaju visoku pH vrijednost i suvišak kalcija i magnezija pa je ograničena dostupnost kalija (Marschner, 1995).

Suvišak kalija susreće se izuzetno rijetko, ali moguć je kod višekratne preobilne gnojidbe u vrtovima ili staklenicima (Vukadinović i Lončarić, 1998).

2.2.2. Kalcij u tlu

Kalcij u tlu podrijetlom je iz primarnih minerala silicija i sekundarnih minerala kalcija, a anorganske rezerve u tlima prosječno iznose 0,2-2,0 %, a u karbonatnim tlima često prelaze 10 % (Vukadinović i Lončarić, 1998).

Winkler i sur. (1974) navode da se kalcij smatra ameliorantom tla za smanjenje kiselosti i poboljšanje vodozračnog režima, osobito u tlima s visokim sadržajem natrija.

Usvajanje kalcija je pasivno i prati priliv vode pa su procesi difuzije odgovorni za veće usvajanje kalcija (Kirkby, 1979). Više autora ističe (Follet i sur.,1981; Storey i sur., 2003) da pH tla igra važnu ulogu u usvajanju kalcija.

Na kiselim tlima vinova loza usvoji oko 28 kg Ca/ha/godini, a na vapnenim 130 kg Ca/ha/godini (Champagnol, 1984; Delas, 2000., cit. prema Cadet, 2005).

Prema White (2001) kalcij se usvaja korijenom i preko ksilema se premješta u nadzemne dijelove biljke i plodove (apoplastno i simplastno premještanje).

Na tlima s niskim pH (pH_{KCl} < 4,0) aluminij (Al^{3+}) je obično dominantan kation među zamjenjivim kationima u tlu što smanjuje usvajanje kalcija i vezanje na stanične stijenke korijena (Storey i sur., 2003), a u takvim uvjetima biljke mogu biti vrlo osjetljive na nedostatak kalcija. S druge strane, na manje kiselim tlima (pH_{KCl} > 4,0) dominantno mjesto među kationima zauzima Ca^{2+} (Follet i sur., 1981) pa uz dovoljnje količine vode u tlu ima i kalcija više u nadzemnim dijelovima biljke.

Conradie (1983a) ističe da je na tlima koja su bogata kalcijem, zbog njegove uloge u održavanju strukture tla (tla s nižim mehaničkim otporom), olakšana razmjena kationa i usvajanje hraniva i vode putem korijena.

2.2.3. Magnezij u tlu

Magnezij u tlu podrijetlom je iz primarnih (silikati) te iz sekundarnih minerala (magnezita i dolomita). Magnezija u tlu prosječno ima 0,1-1,0 %, a u karbonatnim tlima i puno više, dok je u vodenoj otopini tla količina Mg^{2+} relativno mala (Vukadinović i Lončarić, 1998).

Nakon raspadanja minerala, ioni Mg^{2+} vežu se na adsorpcijski kompleks tla ili čine nove mineralne spojeve (u karbonatnim tlima poput $MgCO_3$). U tlu se nalazi prosječno 0,05 % (pjeskovita tla) do 0,5 % (glinovita tla) ukupnog magnezija, dok magnezij vezan na organsku tvar tla čini manje od 1 % od ukupnog magnezija u tlu (Mengel i Kirkby, 2001., cit. prema Gluhić, 2010).

Vinova loza usvoji 6-7 kg Mg/ha/godini, a s obzirom na njegovu koncentraciju u lozi (lišću) veliki dio vrati se u tlo (Champagnol, 1984; Delas, 2000., cit. prema Cadet, 2005).

Majer (2004) je, u trogodišnjim istraživanjima na vinovoj lozi (sorta Rizling) koja pokazuje simptome nedostatka magnezija, primjenio folijarnu gnojidbu i gnojidbu tla magnezijevim gnojivima. Autor navodi da je unos hraniva u tlo rezultirao povećanim prinosom dok folijarna primjena gnojiva nije dala rezultata. Osim toga, autor navodi da nedostak magnezija ne rezultira samo smanjenim prinosima već i povećanim rizikom od atrofije vitica.

Suprotno tome, Usha i Singh (2002) utvrdili su povećanje prinosa i mase bobica, primjenom 0,02 %-tne koncentracije magnezija u dva navrata, pred cvatnju i prije šare na sorti Perlette.

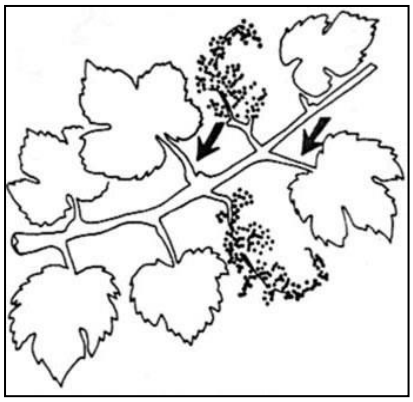
Isti autori (Majer, 2004; Usha i Singh, 2002) ističu da su vina, iz vinograda gdje je magnezij folijarno primijenjen, u organoleptičkom ocjenjivanju pokazala pozitivan odnos između kvalitete okusa i mirisa, u odnosu na vina iz netretiranih vinograda.

Važnost magnezija, kao bitnog biljnog hraniva dobro je poznata, ali utjecaj magnezija na parametre kvalitete vina nije još dobro razjašnjen (Gerendas i Führs, 2013). Isti autori, također zaključuju da primjene većih doza magnezija od onih koje su nužne za maksimalno iskorištenje, rijetko izazivaju daljnje poboljšanje kvalitete proizvoda.

Simptomi nedostatka magnezija javljaju se najčešće na kiselim tlima i na tlima obilno gnojenima kalijem (Shaulis i Kimball, 1956), dok Herak Ćustić i sur. (2008) navode da do nedostatka magnezija najčešće dolazi na pjeskovitim tlima s velikom količinom oborina, na slabo dreniranim terenima i vinogradarskim tlima izrazito alkalne reakcije.

2.3. Kalij, kalcij i magnezij u lišću vinove loze

Uloga hranivih tvari u biljci ključna je za razvoj i planiranje uravnotežene ishrane vinove loze. Nedostatak ili suvišak nekog hraniva može se utvrditi vizualnim opažanjem, ali kada se simptomi pojave obično je prekasno za neki kurativni zahvat (Marschner, 1995). Potrebno je, stoga, na vrijeme odrediti status hraniva u pojedinoj fenofazi životnog ciklusa vinove loze. Za uvid u stvarno stanje statusa hraniva u vinovoj lozi, najčešće se koristi metoda analize biljnog tkiva, osobito listova vinove loze, a listovi se uzorkuju u određenoj fenofazi rasta i razvoja vinove loze, kako bi se usporedile vrijednosti dobivene u istoj fenofazi (Barker i Pilbeam, 2007). Međutim, u pogledu uzorkovanja postoje oprečni stavovi, tako Levy (1971) predlaže da se odvojeno analizira peteljka i plojka, dok drugi autori (Christensen i sur., 1978; Fregoni, 2006; Robinson, 2005) preporučuju uzorkovanje i analizu cijelih listova nasuprot cvatu/grozdu u fenofazi cvatnje i šare (slika 5). Ryser (1982) pak navodi da je dovoljno uzeti uzorke samo jednom u vegetaciji i to na početku zrenja grožđa.



Slika 5: Položaj peteljki lista koje se uzorkuju u fenofazi cvatnje (Christensen i sur., 1978).

Više autora navodi da usvajanje hranivih tvari iz tla počinje ubrzo nakon pupanja, ali da je maksimalno usvajanje većine hranivih tvari između cvatnje i šare (Bates i sur., 2002; Conradie, 1980, 1981a).

U tablicama 1 i 2 prikazane su granične vrijednosti za pojedine elemente prema nekoliko autora. Dobivene vrijednosti u ovom istraživanju uspoređivane su s graničnim vrijednostima pojedinih hraniva prikazanim u tablici 2 prema Fregoni (2006), za agroekološke uvjete sjeverne Italije, jer su slični agrekološkim uvjetima Plešivičke regije.

Tablica 1: Granične vrijednosti nedostatka, optimuma i suviška makroelemenata i mikroelemenata u lišću vinove loze (Christensen i sur., 1978; Cook i Wheeler, 1978)

Hranivo	Nedostatak	Optimum	Suvišak
Fosfor (P)	< 0,15 %	0,15-0,2 %	> 0,3-0,6 %
Kalij (K)	< 1%	1,2-2,5 %	> 3 %
Kalcij (Ca)	< 1 %	1,7-4,5 %	> 6 %
Magnezij (Mg)	< 0,3 %	0,5-0,8 %	> 1 %
Željezo (Fe)	< 50 mg kg^{-1}	100-200 mg kg^{-1}	> 30 mg kg^{-1}
Mangan (Mn)	< 20 mg kg^{-1}	30-200 mg kg^{-1}	> 500 mg kg^{-1}
Cink (Zn)	< 15 mg kg^{-1}	25-150 mg kg^{-1}	> 450 mg kg^{-1}
Bakar (Cu)	< 4 mg kg^{-1}	5-30 mg kg^{-1}	> 40 mg kg^{-1}

Tablica 2: Preporučene količine makroelemenata i mikroelemenata u listu vinove loze u fenofazama cvatnje i šare za agroekološke uvjete sjeverne Italije (Fregoni, 2006)

Hranivo	Jedinica	Fenofaza cvatnje	Fenofaza šare
Fosfor (P)	%	0,15-0,38	0,12-0,28
Kalij (K)	%	0,65-1,70	0,50-1,60
Kalcij (Ca)	%	1,70-3,80	2,20-4,50
Magnezij (Mg)	%	0,18-0,45	0,17-0,60
Željezo (Fe)	mg kg^{-1}	65-300	80-300
Mangan (Mn)	mg kg^{-1}	50-500	55-400
Cink (Zn)	mg kg^{-1}	20-250	14-160

2.3.1. Kalij u lišću vinove loze

Kalij je dominantan anorganski kation u biljnoj stanici i jedini jednovalentni kation neophodan za biljke, a čini 0,5 do 6 % težine suhe tvari biljake (Pevalek-Kozlina, 2003).
Važnost kalija proizlazi iz aktivnosti u ionskoj formi i velikoj pokretljivosti u biljci jer ne ulazi u sastav organske tvari (Bergmann, 1992; Mengel i Pflüger, 1969).
Povećanje koncentracije kalija u lišću pozitivno utječe na veću akumulaciju ugljikohidrata (šećera) i potiče ranije dozrijevanje grožđa (Derunskaja, 1961, cit. prema Ough i sur., 1968).
Kalij povećava otpornost loze na smrzavanje i proljetne mrazeve jer se kod većih količina kalija povećava gustoća staničnog soka i tkiva postaju čvršća (Fazinić, 1971), a time je i adekvatnija priprema vinove loze za razdoblje mirovanja (Jackson, 2008). Pozitivan učinak kalija na količinu suhe tvari u mladicama, lišću i vinu, navode i Conradie i Saayman (1989) te Garcia i sur. (1999).
Za razliku od dušika i fosfora, koji se nakupljaju u generativnim organima, kalij se akumulira u vegetativnim organima-korijenu, mladici i listovima (Ličina i sur., 2013).
Brojnim istraživanjima potvrđeno je da biljke trebaju kalij za aktivaciju pojedinih enzima (aktivator više od 60 enzima), sintezu škroba i bjelančevina, fotosintezu, reguliranje vode, staničnu diobu, neutralizaciju organskih kiselina i održavanje kationsko-anionske ravnoteže (Bhandal i Malik, 1988; Boulay, 1988; Volpe i Boselli, 1990; Fregoni, 2006; Mengel i Kirkby, 2001; Jackson, 2008).
Prema Clarkson i Hanson (1980) kalij ima četiri fiziološko-biokemijske uloge: 1. aktivaciju enzima, 2. transport preko staničnih membrana i translokaciju asimilata, 3. neutralizaciju aniona (negativnih naboja) neophodnu u reguliranju membranskog elektropotencijala i 4. reguliranje osmotskog potencijala, kao jednog od najvažnijih mehanizama reguliranja

vode u biljci, turgora i rasta. Iste uloge kalija u biljci, u svojim istraživanjima navode i Salisbury i Ross (1992) te Bussakorn i sur. (2003), a Dundon i sur. (1984), Conradie i Saayman (1989b), Ruhl (1989a, 1989b, 1991) te Ruhl i sur. (1990) navode još i važnost kalijevog iona za održavanje ravnoteže kiselosti mošta – pH vrijednosti, boje i kvalitete vina.

Uravnotežena ishrana vinove loze kalijem, zbog njegove mobilnosti ksilemom i floemom, utječe pozitivno na sintezu polifenola koji sudjeluju u formiranju senzorskih svojstava vina (boja, aroma, astringencija) u grožđu (Sommers, 1977; Brunetto i sur., 2015), te smanjuje negativne učinke viška dušika na prinos i količinu šećera u moštu (Balo i sur., 1988; Fregoni, 1980, cit. prema Delgado, 2004).

Koncentraciju kalija u vinovoj lozi najbolje se može odrediti analizom lista u punoj cvatnji ili u šari, ali to nije moguće uvijek točno utvrditi jer je većina kalija slobodna i lako se redistribuira u druge organe – bobice, grane ili korijenje (Tagliavini i Scandellari, 2013).

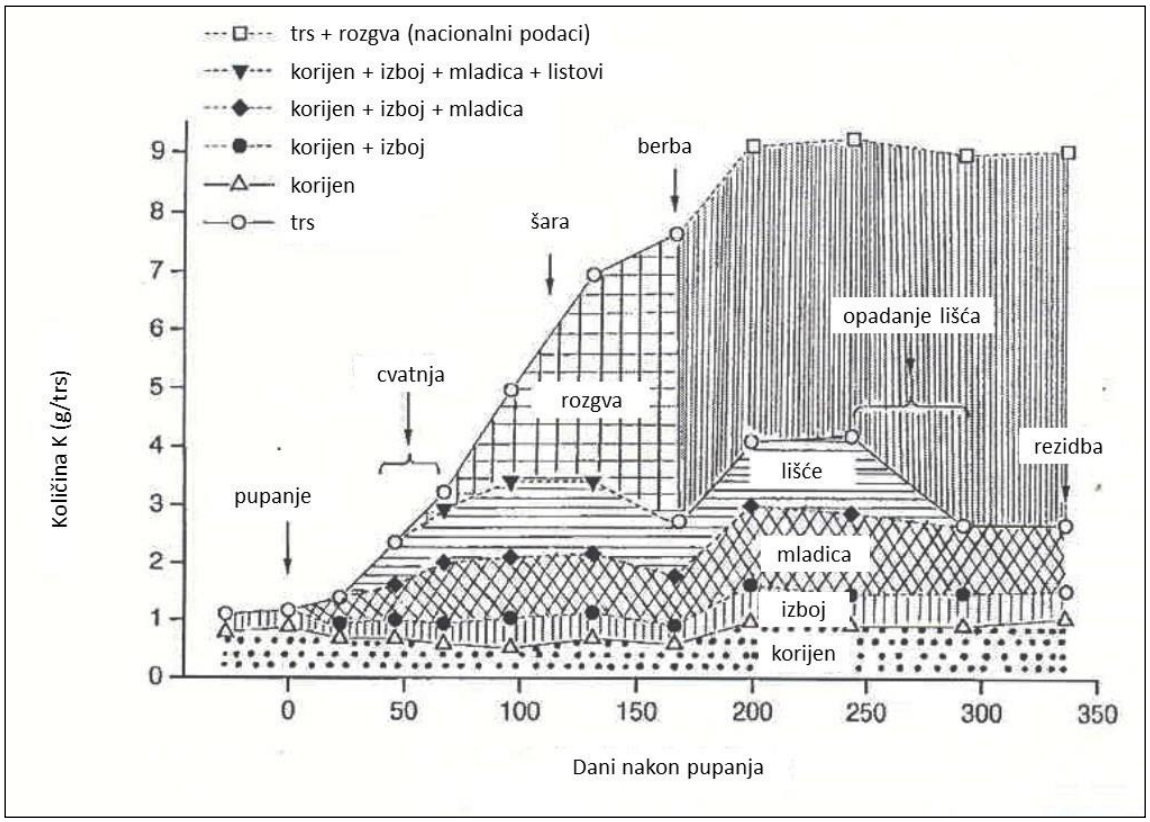
Conradie (1981) je istraživao usvajanje kalija tijekom vegetacije (grafikon 1) kod sorte Chenin blanc/99R i utvrdio da u razdoblju od kraja cvatnje do fenofaze šare loza nakupi 49 % svojih godišnjih potreba za kalijem. Između šare i berbe usvajanje kalija iz tla se smanjuje, ali autor ističe da bobice i dalje akumuliraju kalij u periodu od šare do berbe (grafikon 1). U fenofazi berbe, u pojedinim dijelovima trsa, utvrdio je sljedeće količine kalija od ukupno usvojenog: najveća količina kalija bila je u grozdovima (bobicama) 66,1 %, u mladicama je bilo 11,7 %, u lisću 10,7 %, u korijenu 6,9 % i u drvenastom dijelu-rozgvi samo 4,7 %.

Da se tijekom razvoja bobica koncentracija kalija u grozdovima povećava, a smanjuje u listovima i stabljici, utvrdili su u svojim istraživanjima i Williams i Biscay (1991) proučavajući usvajanje kalija kod sorte Cabernet Sauvignon/5C. Povećanje koncentracije kalija u bobicama može se objasniti smanjenjem kalija u listovima i stabljici zbog remobilizacije kalija. U berbi su grozdovi sadržavali 31 % od ukupnog kalija po trsu, što je značajno manje od rezultata u istraživanjima Conradie (1981), prema kojem do remobilizacije kalija nije došlo sve do mjesec dana prije zrelosti bobica, a kalij je remobiliziran iz stabljika. I jedno i drugo navedeno istraživanje pokazuje da bobice akumuliraju kalij tijekom razdoblja zriobe.

Prema Mirošević i Karoglan Kontić (2008) vinova loza usvoji najviše kalija od početka vegetacije do cvatnje i to 5/8, a ostatak od šare do dozrijevanja. Loza ga drži u pričuvi u korijenu i starom drvu.

Nedostatak kalija u biljci očituje se u usporenom rastu, smanjenoj površini lista, boji metalnog sjaja i to najprije na donjem lišću, čiji se zupci suše, rubovi posmeđe, uvijaju se prema dolje i odumiru (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008). Zbog translokacije kalija prema

organima u razvoju i mladim listovima do nedostatka obično dolazi, najprije, na bazalnom, starijem lisću (slika 6).



Grafikon 1: Akumulacija kalija u različitim organima vinove loze (Chenin blanc/99R) tijekom vegetacije (Mpelasoka i sur., 2003, prema Conradie, 1981a)



Slika 6: Nedostatak kalija izražen kao uvijanje starijeg lišća i postepene rubne nekroze (Treeby i sur., 2004)

Kalij može utjecati na razvoj i veličinu grozdova i prinos (Bavaresco i sur., 2010) te na veću kvalitetu i duži rok trajanja, poboljšavajući sintezu i translokaciju ugljikohidrata u biljkama (Gao i sur., 2001).

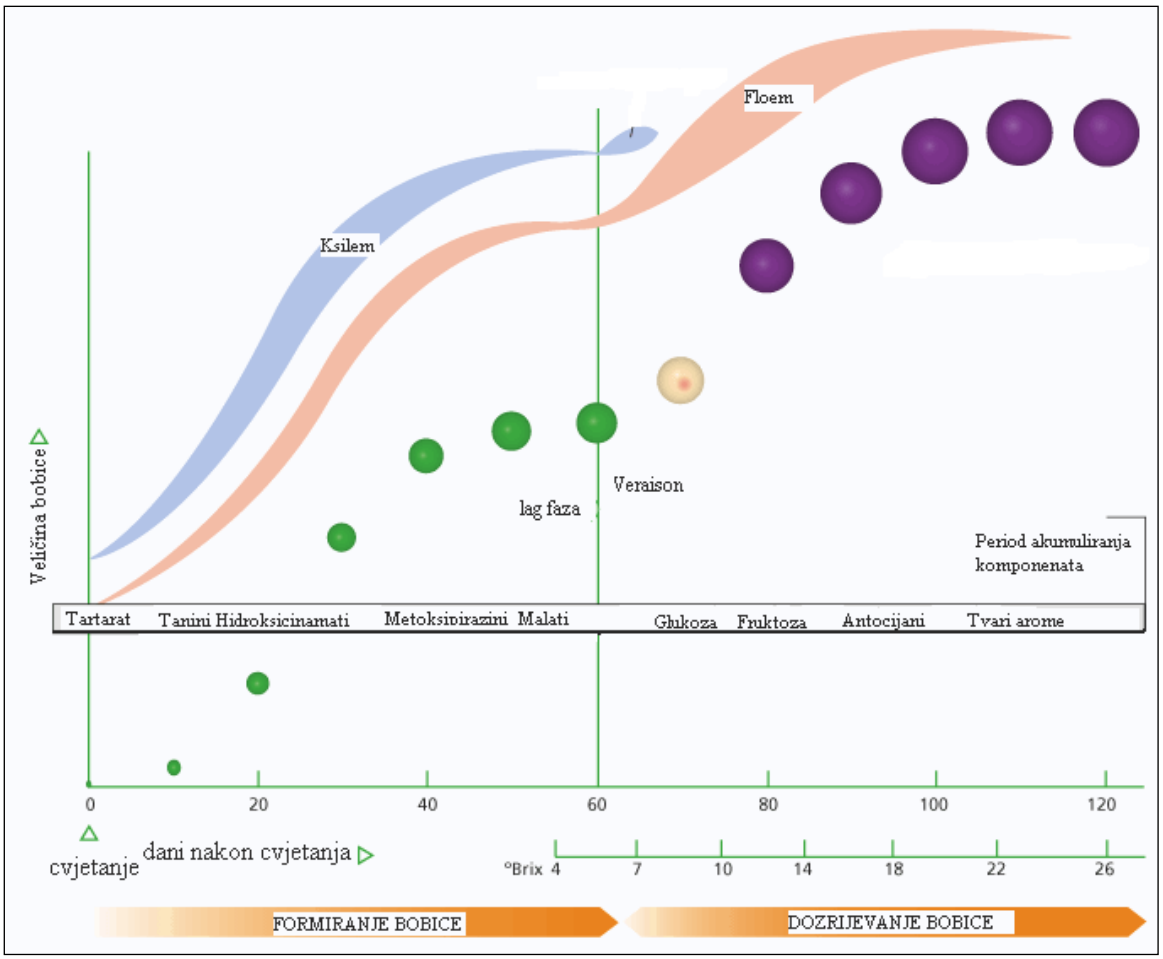
Višak kalija u bobicama grožđa može imati negativan učinak na kvalitetu vina jer smanjuje slobodnu vinsku kiselinu i negativno utječe na fermentaciju i čuvanje vina (Schachtman i sur., 2003).

Ruhl (1989), Mpelasoka i sur. (2003), Kodur (2011) te Walker i Blackmore (2012) također ističu da višak kalija ima nepovoljan učinak na pH mošta (poremećen odnos vinska:jabučna kiselina), a time i na kvalitetu (organoleptička i vizualna svojstva) i stabilnost mošta (oksidacija i biološka kvarenja) što rezultira proizvodnjom vina lošije kvalitete.

Povećane količine kalija u bobicama reduciraju kiseline u moštu te u interakciji s vinskom kiselinom tvore teško topive bitartarate. Taloženje kalijevog bitartarata tijekom vinifikacije dovodi do značajnog smanjenja vinske kiseline što rezultira povećanjem pH vrijednosti. Povišena pH vrijednost može imati štetan utjecaj na kvalitetu vina jer pogoduje destabilizaciji boje, mikrobiološkoj nestabilnosti te gubitku senzornih karakteristika vina (Goldspink i Frayne, 1997; Davies i sur., 2006; O'Geen i sur., 2008).

Poni i sur. (2003) navode da vinova loza za razvoj bobica zahtijeva velike količine kalija i da zbog translokacije kalija floemom (translokacija šećera sintetiziranih fotosintezom) iz starijih listova u mlađe, može doći tijekom vršikanja mladica do poremećaja odnosa starih-mladih listova, a što može dovesti do manjka kalija.

Dozrijevanje bobica je zajednički rezultat kompleksnih fizioloških i biokemijskih fenomena, a izravno ovisi o uvjetima okoline – sorti, tlu, klimi (Peynaud i Ribereau-Gayon, 1971), a Gholami i sur. (1995) ističu da bobica grožđa predstavlja osnovno mjesto gdje se odvija biosinteza sekundarnih metabolita koji su od velike važnosti za kakvoću vina.



Slika 7: Formiranje bobice i dozrijevanje grožđa (Coombe i McCharty, 2000).

Razvoj bobice (slika 7) odvija se u dvije faze – prva faza razvoja bobice traje otprilike 60 dana nakon cvatnje, a druga faza je dozrijevanje (akumuliranje pojedinih komponenata, šećera, pojava boje i omekšavanje bobice grožđa).

U prvoj fazi dolazi do akumulacije spojeva kao što su minerali, od kojih je najznačajniji kalij, (kinetika nakupljanja kalija slična je akumulaciji šećera), koji se u bobici grožđa akumulira tijekom sazrijevanja (Possner i Kliewer, 1985; Combe, 1992; Doneche i Chardonnet, 1992) kao važan kation koji je uključen u transport šećera i sastav mošta i vina (Mpelasoka i sur., 2003; Abd El Razek i sur., 2011).

Prema Brunetto i sur. (2015) oko 50% konačnog sadržaja kalija nakupi se u bobicama prije šare, a nakupljanje se nastavlja i tijekom zrenja bobica.

Kalij u bobicama utječe na aktivaciju enzima, izravno pridonosi sazrijevanju bobica i sintezi šećera i održavanju turgora stanica.

2.3.2. Kalcij u lišću vinove loze

Količine kalcija u biljkama kreću se u rasponu od 0,2 do 3,5 % od suhe tvari biljke, a pretežno se usvaja aktivnom zonom korijena. U biljkama se, za razliku od kalija i magnezija, premješta ksilemom u transpiracijskoj struji, dok je kretanje floemom, kao i ponovno korištenje vrlo slabo ili se uopće ne događa. Na raspoloživost kalcija biljci najviše utječe reakcija tla. U ishrani bilja vrlo je važan odnos između Ca/K (Ehrenbergov zakon) i odnos Ca/Mg (Loewov zakon) odnosno kationski odnos-K/(Ca+Mg). Kalcij je konstituent vrlo malog broja organskih spojeva u biljci, sudjeluje u građi pektina i fitina te ima relativno malu ulogu u aktivaciji enzima (Vukadinović i Lončarić, 1998).

Kalcij je sastavni dio stanične stijenke biljnih stanica (Chardonnet, 1994.; Marschner, 1995), a najveća koncentracija nalazi se u apoplastu (Zocchi i Mignani, 1995). Reagira s pektinima, čineći ih čvršćima i relativno netopivima i bitan je element za reguliranje propusnosti stanične membrane prilikom prijenosa iona i hormona (Bergmann, 1992., cit. prema Palčić, 2015).

Biljka usvaja kalcij kao dvovalentan ion, a kako se ne može translocirati floemom, simptomi nedostatka pojavljuju se na mlađim dijelovima biljke (Salisbury i Ross, 1992).

Kod roda *Vitis* simptomi nedostatka kalcija su rijetki, ali se mogu pojaviti na jako kiselim tlima (pH ispod 4,5). Simptomi nedostatka počinju kao uske nekroze na rubovima lista koji se šire prema peteljci, a nekrotične pjege promjera do 1,0 mm mogu se pojaviti na internodijima (Jackson, 2008).

Kalcij se, prema zahtjevima biljaka, klasificira kao sekundarno hranivo (Busch, 1995) i slabo pokretno makrohranivo (White i Broadley, 2003).

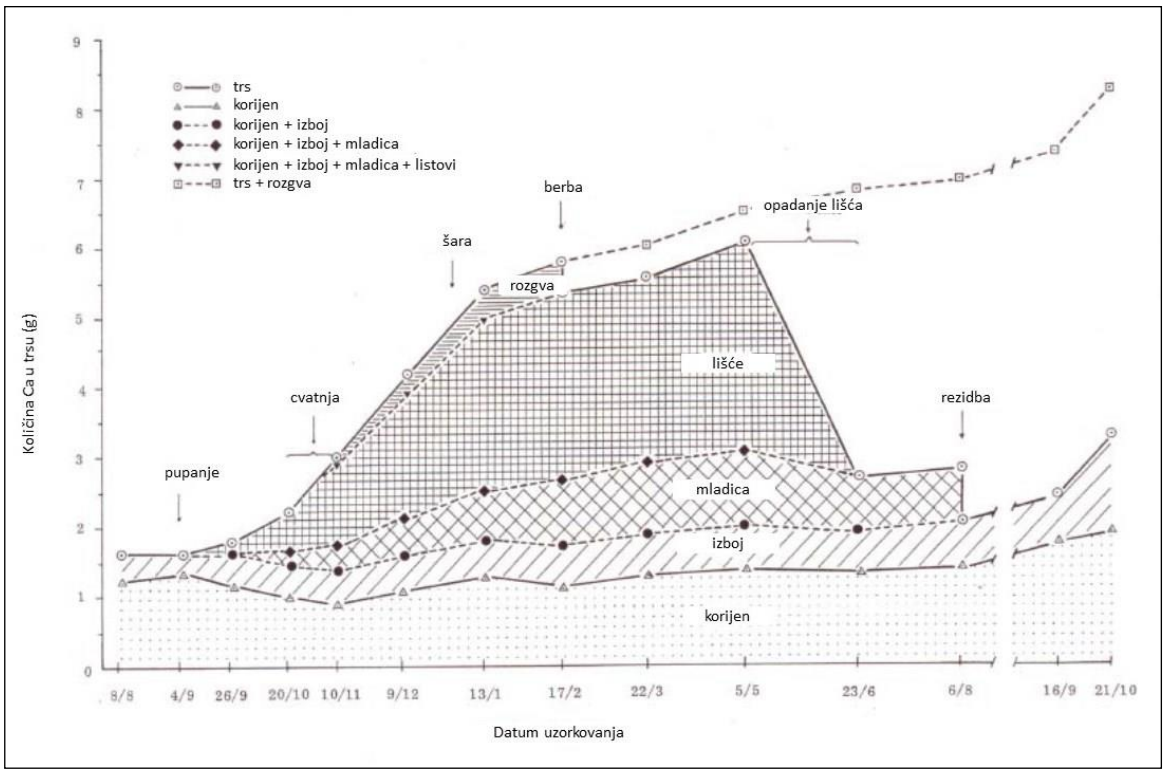
Vinova loza ima male zahtjeve za kalcijem (Conradie, 1981; Follet i sur., 1981), stoga se njegov nedostatak rijetko proučava u vinogradima (Conradie, 1981a; Raat, 2012), iako je rast i razvoj vinove loze puno bolji kad kalcija ima dovoljno (Domingos i sur., 2004).

Prema Easterwood (2002) uloga kalcija u ishrani bilja često je potisnuta zanimanjem za druga makro ili pojedina mikrohraniva. Međutim, u značajnom je porastu pojava fizioloških poremećaja uzrokovanih neodgovarajućom ishranom kalcijem, naročito kod kultura u intenzivnoj proizvodnji.

Kalcij je jedan od minerala koji regulira kvalitetu skladištenja kod većine voćnih vrsta. Sadržaj kalcija u kožici bobica povezan je s otpornošću ploda na patogene bioagresore (Chardonnet i Doneche, 1995).

Prema Conradie (1981) razdoblje aktivne akumulacije kalcija tijekom vegetacije (grafikon 2) je tri tjedna nakon pupanja i šest tjedana prije gubitka lista, a loza usvoji oko 71 %, od ukupno akumuliranog kalcija, prije faze dozrijevanja. U svojim je istraživanjima, kod sorte Chenin/99R, u berbi utvrdio sljedeće količine kalcija od ukupno usvojenog kalcija, u

grozdovima je bilo 7,7 %, u lišću 46,4 %, u korijenu 19,8 %, u mladicama 16,7 % i u rozgvi 9,4 % Ca.



Grafikon 2: Akumulacija kalcija u vinovoj lozi tijekom vegetacije (Conradie, 1981)

Chardonnet (1994) ističe da usvajanje kalcija ovisi o vremenskim uvjetima prije dozrijevanja kao i da je period između cvatnje i dozrijevanja vrlo važan za usvajanje kalcija te da izrazito suho vrijeme u ovoj fenofazi smanjuje unos kalcija.

Brojni istraživači navode da se kalcij akumulira tijekom razvoja bobica (Ollat i Gaudillere, 1996; Rogiers i sur., 2006) i da se njegov sadržaj povećava u sjemenu, uključujući i period zrenja (During i sur., 1987), dok nasuprot tome, Hrazdina i sur. (1984), Possner i Kliewer (1985) te Cressy i sur. (1993), navode da je akumulacija kalcija prestala nakon fenofaze šare.

Koncentracija kalcija u bobicama grožđa ovisi o biološkim (podloga i sorta), edafskim (dostupnim kationima i količini vode u tlu) i klimatskim faktorima (Boselli i sur., 1998; Esteban i sur., 1999), ali količina kalcija u bobicama može varirati iz godine u godinu ovisno i o klimi i o sorti vinove loze (Cabanne i Doneche, 2003; Rogiers i sur., 2006).

Cabanne i Doneche (2003) proučavali su akumulaciju i preraspodjelu kalcija tijekom razvoja bobica grožđa. Istraživanje je provedeno na sortama Sauvignon Blanc, Semillon, Merlot i Cabernet Sauvignon uzgajanim u pokrajini Bordeaux (Francuska). Sadržaj kalcija u bobicama povećavao se od cvatnje do fenofaze dozrijevanja. Do ove fenofaze kalcij je

sudjelovao u izgradnji mesa i perikarpa bobica, a zatim je preusmjeren na razvoj sjemena i pokožice, što ukazuje da pojedini dijelovi vinove loze još uvijek imaju potrebe za kalcijem iako se više nije usvajao aktivno.

2.3.3. Magnezij u lišću vinove loze

Količina magnezija u biljkama kreće se od 0,1 do 0,8 % od suhe tvari biljke, a pokretljiviji je od kalcija i za razliku od istog premješta se ksilemom i floemom (Vukadinović i Lončarić, 1998; Jackson, 2008).

Magnezij je esencijalna komponenta klorofila, a odgovoran je i za aktiviranje mnogih enzimatskih reakcija, prvenstveno onih u kojima sudjeluje ATP, npr. aktivacija enzima uključenih u stanično disanje, fotosintezu, te sintezu DNA i RNA (Salisbury i Ross, 1992; Bergmann, 1992; Mengel i Kirkby, 2001; Pevalek-Kozlina, 2003; Zatloukalova i sur., 2011).

Nedostatak magnezija smanjuje sadržaj klorofila u listu i mijenja omjer klorofila a:b u korist klorofila b, a što se očituje kao kloroza lista, posebno kod starijih listova i uzrokuje prerano opadanje (Ksouri i sur., 2005).

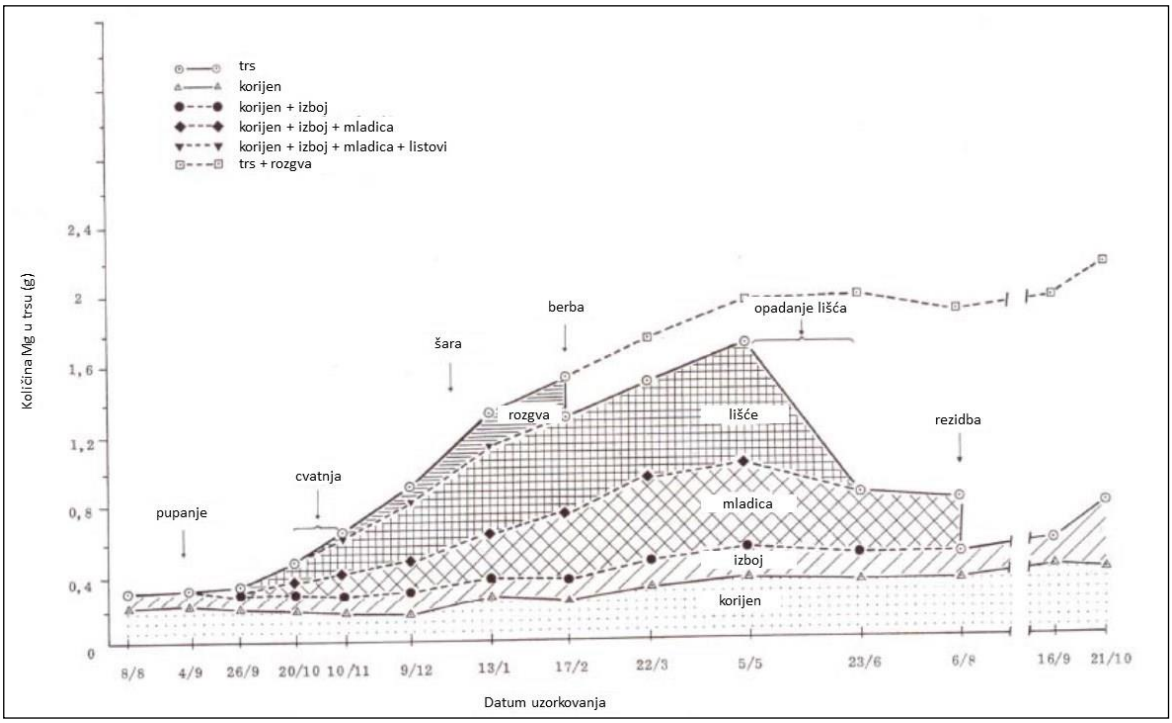
Kloroza može biti uzrokovana nedostatkom magnezija, visokim sadržajem kalcija u tlu (vapnena tla) ili kombinacijom ovih faktora, a očituje se na najstarijim listovima (slika 8), lišće žuti u međužilnom prostoru, a žile su i dalje zelene (Pearson i Goheen, 1988; Marschner, 1995; Mirošević i Karoglan Kontić, 2008; Gluhić i sur., 2009).



Slika 8: Nedostatk magnezija u listu vinove loze (Čoga, 2008)

Prema Conradie (1981) usvajanje magnezija povećava se u razdoblju cvatnje i nastavlja do fenofaze šare, kada dolazi i do povećanja rezervi magnezija u korijenju, mladicama i

lišću (grafikon 3). Tijekom ovog razdoblja bobice usvajaju malo magnezija. Apsorpcija magnezija u periodu od fenofaze šare do berbe se nastavlja, ali je sporija. Utvrđena količina magnezija u berbi, od ukupno usvojene količine bila je u grozdovima 15,4 %, u lišću 36,8 %, u korijenu 15,1 %, u mladicama 26,2 % i u rozgvi 6,4 %. Nakon berbe loza akumulira značajnu količinu magnezija koju pohranjuje u korijenu i drvenastim dijelovima biljke.



Grafikon 3: Akumulacija magnezija u vinovoj lozi tijekom vegetacije (Conradie, 1981)

Učinak primjene magnezija na sastav mošta kod sorti Chardonnay, Cabernet Sauvignon i Rizling u različitim područjima pratili su Ruhl i sur. (1992). Kod sorte Chardonnay primjena magnezija je smanjila pH mošta za samo 0,02 jedinice u odnosu na kontrolnu varijantu, dok kod drugih sorti nisu zabilježene promjene u vrijednosti pH, iako je kod sorte Cabernet Sauvignon došlo do smanjenja koncentracije natrija u moštu. Da nema promjene u kiselosti mošta uslijed primjene magnezija navodi i Majer (2004).

Wolf i sur. (1983) istraživali su utjecaj različitih koncentracija magnezija kod sorte Seyvel Blanc i rezultati su pokazali povećanje koncentracije magnezija u listu. Slično navode i Gluhić i sur. (2009), naime folijarna primjena magnezija rezultirala je povećanjem koncentracije magnezija u listu za gotovo 30 %.

Dabas i Jindal (1985) su primjenom 0,1 %-tne koncentracije magnezija kod sorte Thompson Seedless ustanovili da se značajno povećao broj rodnih pupova kao i formiranje bobica zbog pozitivnog utjecaja na klijanje i vijabilnost polena, a smanjilo se i sušenje cvatova.

2.4. Odnosi kalija, kalcija i magnezija u tlu i biljci

Poznavanje odnosa među elementima važno je zbog održavanja fiziološke ravnoteže pojedinih elemenata u tlu i biljci. Antagonizam i sinergizam često su prisutni u ishrani bilja. Pojava antagonizma očituje se kada jedan ion onemogućuje ili smanjuje usvajanje nekog drugog, a o sinergizmu se govori kada dolazi do boljeg usvajanja nekog elementa u prisutnosti drugog (Vukadinović i Lončarić, 1998). Dobar primjer sinergizma je bolje usvajanje kationa i aniona kod dobre opskrbljenosti tla kalcijem koji otklanja negativne efekte niskog pH i stabilizira strukturu biomembrana te povećava transmembranski elektropotencijal (Bergmann, 1992).

Skinner i Matthews (1990) su istraživali primjenu fosfora na translokaciju magnezija iz korijena do mladica. Navode da u tlima s niskom pH vrijednosti i niskim sadržajem fosfora u tlu, dolazi i do nedostatka magnezija u vinogradima. Utvrdili su sinergizam između fosfora i magnezija prateći koncentraciju magnezija u korijenu i ksilemu. Podaci su pokazali višu koncentraciju magnezija kao rezultat primjene fosfora, a to ukazuje na važnost fosfora u translokaciji magnezija iz korijena do nadzemnog dijela biljke.

U ishrani bilja ima mnogo primjera antagonizama (prikazani su u tablici 3), a biljke različitim intenzitetom reagiraju na tu pojavu.

Tablica 3: Neki antagonistički parovi elemenata ishrane bilja od praktičnog značaja (Bergmann, 1992)

NH_4-K	K-B	Mn-Mo	Zn-Fe
NH_4-Ca	P-Fe	Mn-Zn	Ni-Fe
NH_4-Mg	P-Zn	Cu-Mn	Cr-Fe
K-Mg	P-Al	Cu-Fe	Co-Fe

Miljković i Bišof (1988) navode da se ishrana biljaka oslanja na poznavanje ravnoteže kationa jer o njoj, pored ostalog, ovisi metabolizam kiselina, puferna sposobnost staničnog soka i pristupačnost fiziološki aktivnih mikroelemenata, osobito željeza i mangana.

Ravnoteža u ishrani pokušala se najprije procijeniti na temelju graničnih vrijednosti opskrbljenosti lista vinove loze biogenim elementima. Zatim je iskazivan intenzitet ishrane, tj. suma N+P+K, pa suma kationa K+Ca+Mg, a novija istraživanja pokazala su da posebnu pozornost treba pokloniti upravo kationima, posebice kaliju, kalciju i magneziju te njihovom međusobnom odnosu (Ćosić i sur., 2010).

McLean i sur. (1983) ističu da je važno ustanoviti odnose između pojedinih kationa u tlu, osobito Ca/Mg, Mg/K i Ca/K jer su ti odnosi pokazatelj razine biljnih hraniva, osobito ako se zna da postoje antagonistički odnosi među ovim elementima u tlu.

Kako za pojedine elemente, tako i za međuodnose elemenata, autori preporučuju, ovisno o agroekološkim prilikama, različite optimalne odnose. Fregoni (2006) ističe da je međusobni odnos elemenata vrlo važan radi održavanja fiziološke ravnoteže pojedinih elemenata. U tablici 4 prikazani su optimalni odnosi hranivih elemenata u listu vinove loze prema istom autoru, a za usporedbu, u tablici 5 su prikazani međuodnosi prema Ryser (1982), na temelju kojih je definiran stupanj opskrbljenosti kao preporuka za folijarnu dijagnozu vinove loze, za područje Francuske i Švicarske..

Tablica 4: Optimalni odnosi pojedinih hranivih elemenata u listu vinove loze (Fregoni, 2006)

Međuodnosi	Niski	Optimalan	Povišeni
N/K	< 1,90	1,90-2,40	> 2,40
K/Mg	< 3,00 (nedostatak kalija)	3,00-7,00	> 7,00 (nedostatak magnezija)
K/Ca	< 0,45	0,45	> 0,45
K/(Ca+Mg)	< 0,30	0,30-0,40	> 0,40

Tablica 5: Kriteriji za folijarnu dijagnozu vinove loze (Ryser, 1982)

Suma i omjer elemenata	Stupanj opskrbljenosti u % suhe tvari				
	Vrlo nisko	Nisko	Dobro	Visoko	Vrlo visoko
N+P+K	2,60-3,29	3,30-3,91	3,92-4,54	4,55-5,16	5,17-5,78
K+Ca+Mg	2,78-3,54	3,55-4,22	4,23-4,91	4,92-5,59	5,60-6,27
(N+P)/K	0,90-1,09	1,10-1,29	1,30-1,50	1,51-1,70	1,71-1,90
Ca/P	8,93-11,06	11,07-13,20	13,21-15,35	15,36-17,49	17,50-19,08
K/Ca	0,43-0,52	0,53-0,62	0,63-0,73	0,74-0,83	0,84-0,93
K/Mg	4,64-5,71	5,72-6,78	6,79-7,87	7,88-8,95	8,96-10,88
K/(Ca+Mg)	0,42-0,49	0,50-0,57	0,58-0,66	0,67-0,74	0,75-0,82

Jedan od najpoznatijih antagonizama među hranivima kod vinove loze je antagonizam između kalija i kalcija te kalija i magnezija. Utvrđeno je da povećanje koncentracije kalija negativno utječe na usvajanje kalcija i magnezija (Freeman i Kliewer, 1983; Morris i sur., 1980; Wolf i sur., 1983; Christensen i sur., 1990), a Morris i sur. (1980) uočili su još i smanjene količine mangana u peteljkama.

Usvajanje kalija na sorti Concord (*Vitis labrusca* L.), uzgajane na vlastitom korijenu u vegetacijskim loncima, istraživali su Morris i Cawthon (1982, 1983) i utvrdili da je prekomjerna gnojidba kalijem rezultirala povećanjem koncentracije kalija u peteljkama, lišću, rozgvi, stablu i korijenu vinove loze i smanjenom koncentracijom kalcija i magnezija, što ukazuje na važnost interakcije kalija s drugim hranivim tvarima. Uzorkovanje i analize provedene su u fenofazi berbe i u fazi mirovanja.

Smanjene količine dušika i magnezija u listu uslijed povećanja koncentracije kalija, ali i interakciju između dušika i magnezija, pri čemu je primjena dušika smanjila koncentraciju magnezija u vinovoj lozi utvrdili su Wolf i sur. (1983). Primjena kalija povećala je koncentraciju kalcija, što je u suprotnosti navodima Morris i Cawthon (1982,1983) te Garcia i sur. (1999), što ukazuje da razina kalija određuje interakciju između kalija i kalcija.

Garcia i sur. (1999) istraživali su interakciju između kalija i kalcija te učinke njihovih odnosa na ishranu vinove loze u hidroponskom uzgoju. Sorta Negrette klon 456/101.14 M.G. klon 3 (*Vitis riparia* x *Vitis rupestris*) uzgajana je u četiri različite hranive otopine, uključujući nisku koncentraciju kalija i normalnu koncentraciju kalcija, visoku koncentraciju kalija i nisku koncentraciju kalcija te otopinu s većom koncentracijom kalcija, a ovaj zadnji tretman može simulirati moguće učinke kalcizacije. Utvrđen je antagonizam između kalija i kalcija, analizom plojke i peteljke lista utvrđena je 36 % i 30 % manja koncentracija kalija, što ukazuje da dodavanje kalcija može inhibirati usvajanje kalija, odnosno, da ova dva hraniva pokazuju antagonističko djelovanje kada je drugi element dostupan u višim koncentracijama. Koncentracija kalcija u peteljkama porasla je uslijed primjene kalcija, ali povećanje kalcija u biljci ovisi o koncentraciji kalija u hranivoj otopini. Dakle, kalcizacija može potencijalno ograničiti usvajanje kalija od strane biljaka i time pridonijeti porastu ukupnih kiselina u vinu kod sorti uzgajanih na kiselim tlima. Utvrđena je smanjena koncentracija magnezija u bobicama grožđa uslijed visokih koncentracija kalcija. Također, antagonizam je utvrđen i kod kalija i magnezija pri čemu je dodavanje kalija utjecalo na smanjenje koncentracije magnezija, a što je sukladno rezultatima Morris i Cawthon (1982) te Wolf i sur. (1983).

Ličina i Jakovljević (1997) istraživali su odnos K/Mg u vinovoj lozi, sorta Vranac (korijen, stabljika, izbojci i lišće) uzgajanoj na različitim tipovima tla (černozem, kambisol, pjeskovito tlo) u zaštićenim prostorima. Utvrdili su da koncentracija kalija i magnezija u

biljci nije bila proporcionalna sadržaju istih u tlu i da je samo odnos K/Mg u listovima bio značajan i koristan za procjenu nutritivnog statusa loze u vezi s tim elementima.

Odnose kalcija, kalija i magnezija u tlu i lišću vinove loze istraživali su Ličina i sur. (2013) primjenjujući različite količine kalijevih gnojiva (50, 100 i 150 kg K_2O/ha, u obliku 50% KCl-a), u pokusnom vinogradu „Radmilovac“. Pokus je proveden na sorti Sauvignon blanc (podloga *Berlandieri* x *Riparia* Kober 5BB). Odnos Ca/Mg u tlu se kretao, u tri godine istraživanja od 4,9-25,2/1, a odnos K/Mg od 0,08-0,29/1. Odnosi Ca/Mg i K/Mg u tlu bili su uglavnom pod utjecajem povećanih tretmana kalijevim gnojivima. Odnos K/Mg u lišću i mladicama nije se značajno promijenio pod utjecajem povećanog tretmana kalijevim gnojivima pa se antagonizam između ova dva elementa nije očitovao.

Poremećaj u odnosu kalij, kalcij i magnezij u zelenom tkivu loze, ponajprije peteljkovine nezreloga grozda (slika 9), izaziva njezino sušenje – tzv. *Stiellähme* (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008).



Slika 9: Poremećaj između kalija, kalcija i magnezija u nezrelom grozdu (PA-VIN)

Pojava fizioloških poremećaja – smežuravanje i sušenje bobica i nekroza peteljke, povezana je s neuravnoteženim Mg/K odnosom u ishrani vinove loze. Ovi se poremećaji javljaju u obliku gubitka turgora te manjim sadržajem šećera u bobicama grožđa dok se u isto vrijeme povećava sadržaj kiselina (Bondada i Keller, 2012). To uzrokuje degradaciju kvalitete grožđa u cijelom svijetu, međutim uzrok ovih poremećaja još nije potpuno razjašnjen (Knoll i sur., 2010).

U istraživanjima na sorti Sauvignon blanc, na vapnenom tlu, Petek i sur. (2008) navode da se smanjuje sadržaj fosfora i dušika prema kraju vegetacije, a povećava sadržaj kalcija i magnezija, dok su promjene u sadržaju kalija neznatne. Isti autori navode da se u skladu s tim mijenja i odnos K/(Ca+Mg), koji je puno širi u fenofazi cvatnje i pada prema kraju vegetacije, što autori dovode u vezu s nepovoljnim odnosom među kationima i smatraju da se može ispraviti primjenom magnezijevih gnojiva.

Čoga i sur. (2009) ističu da se smanjuje dostupnost magnezija i kalija u vinovoj lozi, na vapnenim tlima zbog antagonističkih odnosa između kalcija i magnezija kao i kalcija i

kalija. Neodgovarajuća gnojidba tla (intenzivnija primjena kalijevih gnojiva) može, također, rezultirati smanjenjem usvajanja magnezija zbog antagonizma ova dva elementa.

Nakon folijarne primjene magnezija u vinogradima na vapnenom tlu Gluhić i sur. (2009) utvrdili su promjene u količini magnezija u lišću, dok kod kalcija i kalija nije došlo do promjena. Utvrdili su negativnu korelaciju između Mg i K na tlima s umjerenim ili visokim sadržajem vapna, a pozitivna korelacija bila je na tlima s niskim sadržajem vapna. Negativna korelacija između magnezija i kalija zabilježena je, također i kod zdravih i klorotičnih trsova uslijed primjene magnezija. Odnos Mg/K u listu bio je 1:3,6, odnos Mg/Ca 1:8,5, a (Mg+Ca)/K odnos 1:0,38, što upućuje da je kalcij bio dominantan kation u listu vinove loze tijekom cijele vegetacije.

Zatloukalova i sur. (2011) u jednogodišnjim poljskim istraživanjima s folijarnom primjenom magnezijevih gnojiva, nisu utvrdili značajne razlike u koncentracijama kalija i kalcija u lišću vinove loze, dok se koncentracija magnezija u lišću povećala, Nakon primjene magnezijevih gnojiva značajno je sužen odnos K/Mg (s 5,1 pao je na 3,4).

U trogodišnjim istraživanjima folijarne primjene magnezija i kalija, odvojeno, i u kombinaciji, Zlamalova i sur. (2015) navode da su odvojene primjene magnezija i kalija u godinama istraživanjima (trogodišnji prosjek), povećale prinos grožđa za 11,2 % i 13,9 %, a u kombinaciji samo za 6,6 % u usporedbi s kontrolnim tretmanom. Dobivene razlike u prinosu objašnjavaju antagonističkim odnosom magnezija i kalija.

Hannan (2011) navodi da na tlima s visokom pH vrijednošću i visokim sadržajem magnezija, kakva su u Iowi (Mississippi Valley), kod vinove loze (istraživane sorte Marquette i St. Croix) dolazi do inhibicije usvajanja kalija i da je stoga odnos K/Mg vrlo uzak. Primjenom kalijevih gnojiva i dodatkom sumpora, odnos K/Mg u tlu je znatno širi, a povećava se i koncentracija kalija u peteljci lista.

Toumi i sur. (2016) istraživali su učinke odnosa K/Mg na sorti Dattier de Beiruth (DB) cijepljene na podlozi SO4 u hidroponskim uvjetima (slika 10). Povećanje koncentracija kalija u hranivoj otopini inhibira usvajanje magnezija dok usvajanje kalcija ostaje nepromijenjeno za sve hranive otopine. Za sve tretmane, koncentracija kalija u listu je iznad 1 %, ali se koncentracija magnezija u listu znatno smanjila kada se smanjila koncentracija magnezija u hranivoj otopini, jer je s povećanom količinom kalija u otopini narušen odnos K/Mg. Rezultati pokazuju da je smanjenje magnezija posljedica antagonizma kalija i magnezija jer niži sadržaj magnezija u listovima može biti posljedica i niže koncentracije magnezija u otopini, ali i previsoke koncentracije kalija u hranivoj otopini.



Slika 10: Utjecaj K/Mg odnosa u hranivoj otopini na rast korijena vinove loze, kultivar 'Dattier de Beiruth' na SO4 podlozi (Toumi, 2016)

2.5. Utjecaj podloge na uzgoj vinove loze

Podloga u istraživanjima (na obje lokacije) bila je *Vitis berlandieri* x *Vitis riparia* (SO4). Pripada u grupu američko-američkih križanaca koji imaju dobar afinitet sa svim kultivarima *Vitis vinifere*. Križanac je selekcioniran u vinogradarskoj školi Opppenheim (Njemačka) iz populacije *Vitis berlandieri* x *Vitis riparia* Teleki 4B. Danas je ta podloga rasprostranjena gotovo u svim vinogradarskim zemljama svijeta. Podloga SO4 selekcionirana je na raniju dob dozrijevanja drva, što je značajno za sjeverne vinogradarske krajeve, gdje dospijeva 15 dana ranije u usporedbi s podlogom 5BB. To pozitivno svojstvo prenosi i na plemku, tj. utječe na ranije dozrijevanje grožđa i raniji ulazak trsa u fazu mirovanja. Podnosi od 40-45 % ukupnog vapna, odnosno 17-18 % CaO (aktivnog vapna). Preporučuje se za bolja vinogradarska tla jer ima nisku otpornost na sušu i srednju otpornost na vlagu u tlu. Značajno utječe na nakupljanje šećera bez promjene koncentracije ukupnih kiselina u moštu (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008).

Uzgoj vinove loze u značajnoj mjeri ovisi o klimatskim i edafskim uvjetima proizvodnog prostora pa o ta dva ekološka čimbenika ovisi i izbor podloga koje imaju različitu otpornost na sušu, vlažnost, zbijenost, zaslanjenost i kiselost tla. Podloge se u vinogradarstvu koriste kada kemijski sastav tla ili prisutnost štetnika (npr. filoksera), sprečavaju razvijanje vinove loze na vlastitom korijenu, a razlikuju se i prema osjetljivosti na nedostatak ili suvišak nekih minerala u tlu. Razlikujemo primarni manjak (tlo oskudno nekim elementom) i sekundarni manjak (nutritivna nedostupnost zbog različitih uzročnika ili antagonizama).

Selektivna apsorpcija (genetska karakteristika) temeljno je polazište osjetljivosti pojedinih podloga na manjak pojedinih minerala u tlu (Mirošević, 2007).

Građa korijenovog sustava podloge vinove loze određena je geografskim podrijetlom i genetskim karakteristikama (Galet, 1990; Morlat i Jaquet, 1993) i s tog stajališta podloga ima ključnu ulogu u adaptaciji na različita tla.

Važnost odabira pogodne podloge i sorte zbog ekstremnih uvjeta tla (visoka pH vrijednost, visoki % aktivnog vapna (Pavloušek, 2009, 2011), suše i nedostupnosti vode zbog klimatskih promjena (Pellegrino i sur., 2005), izuzetno je značajna za uspješnu proizvodnju u vinogradarstvu (Pulko i sur., 2012).

Otpornost podloga na manjak kalija u tlu (Fregoni, 1986, cit. prema Mirošević, 2007.) može se iskazati njihovom podjelom na: otporne, srednje osjetljive (SO4) i vrlo osjetljive, a utvrđen je i odnos između koncentracije kalija u lišću i otpornosti podloge na sušu (indeks otpornosti od 1 do 5), što je prikazano u tablici 6.

Tablica 6: Koncentracija kalija u lišću (%) s obzirom na rastuću otpornost na sušu od 1 do 5, (Fregoni, 1986, cit. prema Mirošević, 2007)

Skupina otpornosti		1	2	3	4	5
Podloge		3309 420A	du Lot	SO4 41B 161-49	99R	110 R 1103 P 44-53
Faze	C	0,89	1,11	1,18	1,17	1,47
	B	0,53	0,82	0,94	0,95	1,22
	M	0,70	0,96	1,06	1,06	1,34

C-cvatnja, B-berba, M-srednja vrijednost

Brancadoro i sur. (1994) pratili su sadržaj kalija u listu i moštu cv. Croatiana na 20 različitih podloga i na vlastitom korijenu. Ustanovili su značajne razlike između podloga. Sadržaj kalija u listu, bobicama i moštu bio je u pozitivnoj korelaciji s količinom oborina tijekom vegetacijskog perioda. Utjecaj podloge na usvajanje ovog elementa bio je veći u sušnim godinama, kada je inače najniži. Najveći sadržaj kalija u listu u fenofazi šare (1,90% K/ST) i u moštu (0,92 % K/ST) zabilježen je kod podloge SO4. Autori zaključuju da se izborom odgovarajuće podloge može značajno poboljšati opskrbljenost kalijem.

Osjetljivost podloga na manjak magnezija (Fregoni, 1986. cit. prema Mirošević, 2007.) prikazana je u tablici 7. Uz manjak magnezija i kalcija u vinogradarskim tlima pojavljuje se fiziopatija sušenja vegetativnih dijelova trsa, smanjeni prinos i kakvoća grožđa i s obzirom na tu fiziopatiju pojedine podloge različito se i ponašaju (tablica 8).

Tablica 7: Osjetljivost podloga na manjak magnezija (Fregoni, 1986, cit. prema Mirošević, 2007)

Vrlo osjetljive	Srednje osjetljive	Otporne
SO4	125 AA	
44-53	K 5BB	Rupestris du Lot
Fercal	3309	

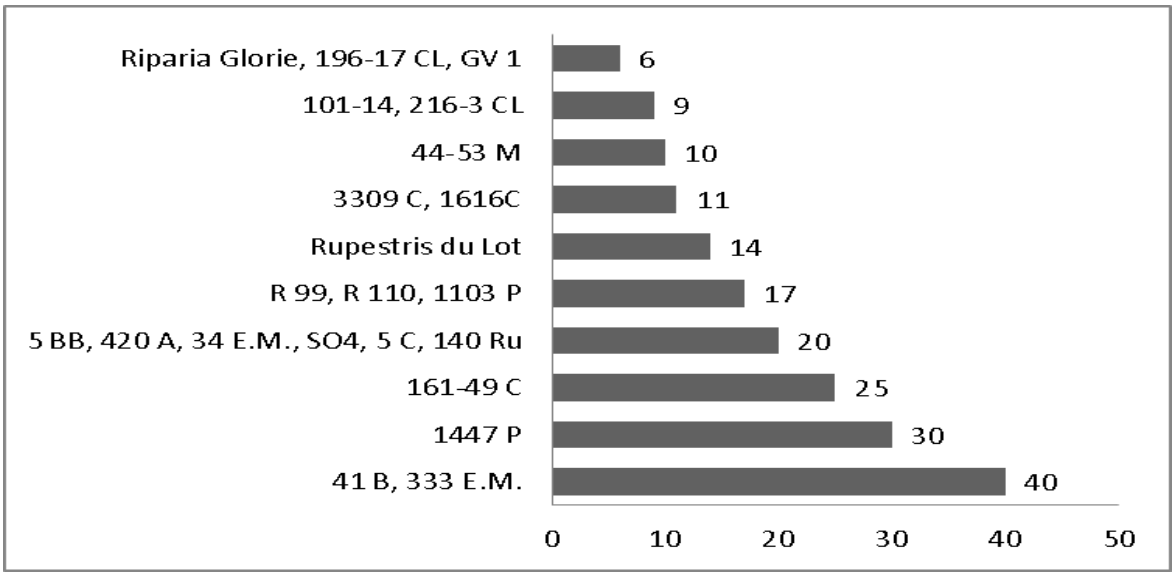
Tablica 8: Otpornost podloga na sušenje vegetativnih dijelova (Fregoni, 1986, cit. prema Mirošević, 2007)

Osjetljive	Srednje osjetljive	Otporne
125 AA	3309	Rupestris du Lot
SO4	110 R	1103 P
K 5BB	99 R	196-17
5 C		26 G

U tlima bogato opskrbljenim hranivima, podloge kao što su 110 R, 140 Ru, 1103 P, SO4 i 41 B, mogu utjecati na intenzitet fotosinteze, povećati vegetativni rast i razvoj te usporiti i ograničiti proces dozrijevanja (Pouget i Delas, 1989).

Istražujući utjecaj nekoliko različitih podloga vinove loze na količinu fiziološki aktivnog vapna u tlu, Pavloušek (2008) je utvrdio da podloga SO4 ima nisku osjetljivost na klorozu i da se, stoga, može uzgajati na vapnenim tlima.

Skala otpornosti podloga na fiziološki aktivno vapno prema Foulonneau (1971, cit. prema Mirošević, 2007) prikazana je na slici 11.



Slika 11: Otpornost podloga na fiziološki aktivno vapno (Foulonneau, 1971)

Garcia i sur. (2001) pratili su učinak tri različite podloge (101-14 Mgt, 3309 C i SO4) na sorti Negrette, na usvajanje kalija, kalcija i magnezija. Koncentracija kalija bila je i u mladim i u starim listovima kod podloge SO4 najviša, a koncentracija kalcija najniža, dok je koncentracija magnezija bila viša kod podloge 3309 C, a nešto niža kod podloga SO4 i 101-14 Mgt.

Istražujući utjecaj različitih podloga na usvajanje i količinu hranivih tvari u peteljkama grožđa te njihov mogući antagonizam (osobito kalija i magnezija), Dalbo i sur. (2011) došli su do zaključka da na količinu kalija i magnezija značajan utjecaj ima i podloga. Navode da podlogu treba uzeti u obzir za procjenu nutritivnog statusa kalija i magnezija, kao i za procjenu gnojidbe vinograda.

Utjecaj različitih podloga na vegetativni rast i razvoj, prinos i kvalitetu grožđa sorte Sauvignon blanc na tlima kisele reakcije (pH_{KCl} je 4,4) istraživali su Pulko i sur. (2012). Najniži prinos zabilježen je kod podloge SO4, Riparia1 te Kober 5BB, dok je podloga 41B/72 imala najviši prinos po trsu (čak za 1 kg veći prinos u odnosu na druge podloge).

2.6. Sorta Sauvignon bijeli

Test kultura u pokusu bila je Sauvignon bijeli (slika 12), koja se još naziva i Muškatni silvanac. Podrijetlom je iz Francuske, primarni je bijeli kultivar u Bordeauxu i najzastupljenija sorta u dolini Loire, gdje se najviše i uzgaja kao sorta za dobivanje vina visoke kakvoće. Uzgaja se i u sjevernoj Italiji i istočnoj Europi, a posljednjih godina sve je popularnija i u Kaliforniji i na Novom Zelandu (Jackson, 2008). Kod nas je rasprostranjena u vinogorjima regije Kontinentalna Hrvatska. Bujnog je rasta, ali prirodi su relativno mali,

posebno pri neuravnoteženom odnosu vegetativnoga i rodnoga kapaciteta. Prilično je otporna na zimske temperature, a slabo otporna na botritis. Postiže visok sadržaj šećera i zadovoljavajuće ukupne kiseline. Vino je skladno, bogato, sebi svojstveno, prepoznatljive arome sorte pa se za ovo vino kaže da je “vino kraljeva” (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008).



Slika 12: Sauvignon blanc (Petek, 2008)

2.7. Mošt

Mošt je sok koji je ostao nakon cijeđenja masulja (izmuljano svježe grožđe, sa ili bez peteljke). U svježem soku grožđa (moštu) osnovni je sastojak voda (75-85%), zatim šećeri (najviše glukoza i fruktoza, između 15 i 25%), organske kiseline (između 1,5 i 15,5 g L^{-1}), fenolni spojevi, sastojci arome, spojevi s dušikom, minerali i dr. (Jacobson, 2006). Kiselost mošta, kao važni enološki pokazatelj, uglavnom je uvjetovana sadržajem triju glavnih organskih kiselina: vinske, jabučne i limunske. Može varirati od 4,5 do 15 g L^{-1} (kao vinska) ovisno o kultivaru, klimatskim uvjetima i stupnju zrelosti. Vinska i jabučna kiselina predstavljaju, u prosjeku, 90 % sume svih kiselina (Ribereau-Gayon i sur., 2000).

Koncentracija svih navedenih sastojaka može varirati ovisno o kultivaru, stupnju zrelosti, zdravstvenom stanju grožđa i ekološkim uvjetima uzgoja.

3. MATERIJAL I METODE RADA

Na pokusnim površinama vinogradarske podregije Plešivica provedena su višegodišnja istraživanja u okviru znanstvenog projekta “Utjecaj reakcije tla na dinamiku teških metala u sustavu tlo-voda-vinova loza” (voditelj projekta: prof. dr. sc. Lepomir Čoga; 178–1781845–1835, MZOŠ RH), na lokacijama Rečki gaj i Borička. U sklopu projekta provedena su istraživanja u razdoblju od 2009. do 2011. godine na sorti Sauvignon bijeli (podloga SO4) s ciljem praćenja dinamike kalija u lišću vinove loze u ovisnosti o reakciji tla kao i utvrđivanje mineralnog sastava mošta.

3.1. Vinogradarska podregija Plešivica

Vinogradarska podregija Plešivica sa svojih pet vinogorja (Samobor 500 ha, Plešivica-Okić 880 ha, Sveta Jana 800 ha, Krašić 330 ha i Ozalj-Vivodina 770 ha – slika 13) proteže se padinama i podnožjem južnih obronaka Plešivice, Okića, Samoborskog i Žumberačkog gorja koje ih štiti od hladnih sjevernih vjetrova. Pretežiti dio plešivičkih amfiteatara krasi vinova loza zbog iznimno povoljnih mikroklimatskih uvjeta s obiljem sunca uz stoljećima pažljivo birani sortiment. Vrijedni vinogradari stvaraju ovdje skladna, blago aromatična i nerijetko kisela, uvijek svježa i pitka vina.



Slika 13: Vinogorja vinogradarske podregije Plešivica (vinopedia. hr)

Pisani dokumenti o vinogradarstvu ovog kraja sačuvani su još iz 1370. godine, a mnogi zapisi bilježe posebne vinogradarske položaje poput Mladine, koja ima bogatu i dugu povijest i tradiciju vinarstva, zahvaljujući grofovskoj obitelji Erdödy (1736. godine sagrađen je podrum Mladina). Najpoznatije i najuspješnije sorte ovog kraja su Portugizac, Sauvignon i Traminac, a vina iz vinograda podignutih na slikovitim brežuljcima plešivičkog vinogorja (slika 14) i danas uvrštavaju među najbolja.



Slika 14: Panorama Plešivičkog vinogorja (Jurkić, 2011)

Na ovom području matični supstrat je vrlo raznolik (vapnenci, vapneni pješčenjaci, lapori i dolomit) i pod utjecajem pedogenetskih čimbenika razvili su se različiti tipovi i varijeteti tla. Dubokom obradom i miješanjem različitih horizonata i gnojidbom na područjima gdje se uzgaja vinova loza, nastala su antropogena rigolana tla (vitisoli) u kojima je sadržaj fiziološki aktivnog vapna dosta visok i treba voditi brigu o odabiru lozne podloge. Na ovim tlima opskrbljenost dušikom i humusom je zadovoljavajuća, a kalijem i osobito fosforom nedostatna. Tla nastala na pijescima, šljuncima i škriljevcima (južni brežuljkasti tereni s nagibom do 30^{o}), najčešće su kisela do slabo kisela, a na opskrbljenost biogenim elementima, uz sve rečeno, utječe i erozija.

3.2. Postavljanje i organizacija pokusa

Lokacije na kojima su postavljeni pokusi odabrane su na temelju preliminarnih rezultata istraživanja fizikalno-kemijskih svojstava tla. Uzorci tla uzeti su sa dvije dubine 0-30 i 30-60 cm na lokaciji Borička (alkalno, karbonatno tlo pH_{KCl} 7,14-7,36) i na lokaciji Rečki gaj (jako kisela do kisela reakcija tla, pH_{KCl} 3,62-5,17). Na obje lokacije teren je heterogen pa

je formirano 9 pokusnih parcela (pravilni kvadratni raspored 3 x 3) s 2 reda po 20 trsova (svaka pokusna parcela 40 trsova). Plan pokusa prikazan je na slici 15.



Slika 15: Plan pokusa (Pavlović, 2009)

Osnovna gnojidba vinograda provedena je koncem veljače s 500 kg NPK 7-20-30 ha^{-1}, u sve tri godine istraživanja i bila je jedinstvena za obje lokacije.

U sve tri godine istraživanja (2009-2011) na početku vegetacije uzeti su prosječni uzorci tla s dvije dubine (0-30 cm i 30-60 cm), sa svake pokusne parcele na oba lokaliteta. Analizom uzoraka tla utvrđena su osnovna kemijska svojstva tla i količina ukupnog kalija, kalcija i magnezija. Uz navedene analize, na lokaciji Rečki gaj utvrđena je još i količina zamjenjivog aluminija, dok je na lokaciji Borička utvrđena količina ukupnih karbonata (% $CaCO_3$) i količina fiziološki aktivnog vapna (% CaO).

Na slici 16 prikazan je profil tla na lokaciji Borička koji je otvoren za potrebe istraživanja.

Za analizu biljnog materijala uzimani su uzorci lišća tri (3) puta tijekom vegetacije: u punoj cvatnji, šari i u berbi. Vrijeme uzorkovanja bili su prijepodnevni sati, nakon što na lišću više nije bilo rose. Prosječni uzorak biljnog materijala na svim pokusnim parcelicama formiran je od 80 zdravih, potpuno razvijenih i neoštećenih listova uzetih na rodnoj rozgvi, nasuprot grozdova sa svih 40 trsova (2 lista po trsu) od kojih se sastojala jedna pokusna parcela.



Slika 16: Profil tla, Boričkа (Čoga, 2006)

Uzorci biljnog materijala spremljeni su u papirnate vrećice i dostavljeni u laboratorij na obradu. Osušeni uzorci (105 °C) samljeveni su na odgovarajućem mlinu i uzeti u analitički postupak za određivanje pojedinih elemenata.

U uzorcima lišća vinove loze (za sva 3 uzorkovanja - fenofaze cvatnja, šara i berba) određene su količine kalija, kalcija i magnezija. U fenofazi berbe uzimani su uzorci grožđa sa svake parcele te je nakon cijeđenja masulja (bez peteljki) u moštu određen mineralni sastav kao i količina šećera i ukupnih kiselina.

3.2.1. Lokacija Rečki gaj

Lokacija Rečki gaj na kojoj su provedena istraživanja, u sklopu je vinogorja Plešivica-Okić, s tipovima tla distični kambisol i pseudoglej (slika 17). Reakcija tla (pH_{KCl}) na kojem je postavljen pokus kretala se u rasponu od 3,54-5,01 u sloju 0-30 cm te 3,64-5,01 u sloju tla 30-60 cm dubine. Količina zamjenjivog aluminija (Al^{3+}) kretala se u rasponu od 0,27 do 32,41 mg/100 g tla (obuhvaćena oba sloja).



Slika 17: Lokacija Rečki gaj (Pavlović, 2009)

Prema mehaničkom sastavu (tablica 9) tlo na kojem je postavljen pokus spada u tla težeg mehaničkog sastava. Dominiraju frakcije gline te frakcije sitnog i krupnog praha, koje čine ova tla slabo propusnim i sklonim zbijanju.

Tablica 9: Rečki gaj – mehanički sastav tla

položaj	dubina cm	krupni pijesak	sitni pijesak	krupni prah	sitni prah	glina	teksturna oznaka
		2,0-0,2 mm	0,2-0,05 mm	0,05-0,02 mm	0,02-0,002 mm	<0,002 mm	
vrh	0-30	0,1	19,8	25,6	20,4	34,1	PrGI
	30-60	0,1	21,9	25,6	20,3	32,1	GI
sredina	0-30	0,1	12,6	24,4	29,1	33,8	PrGI
	30-60	0,1	13,8	25,7	26,5	33,9	PrGI
dno	0-30	0,2	11,1	30,7	35,6	22,4	PrI
	30-60	0,1	10,5	30,9	34,7	23,8	PrI

PrGI-Praškasto glinasta ilovača
GI-Glinasta ilovača
PrI-Praškasta ilovača

3.2.2. Lokacija Boričká

Lokacija Boričká također je sastavni dio vinogorja Plešivica-Okić (slika 18). Za razliku od lokacije Rečki gaj, koju karakteriziraju tla jako kisele do kisele reakcije, tlo na lokaciji Boričká je alkalno i karbonatno. Reakcija tla (pH_{KCl}) na pokusnom polju, u sve tri godine istraživanja, kretala se u rasponu od 7,01-7,40 u sloju 0-30 cm i 7,12-7,41 u sloju tla od

30-60 cm, a količina fiziološki aktivnog vapna (% CaO) od 11,5-25,0 % (obuhvaćena oba sloja tla).



Slika 18: lokacija Borička (Pavlović, 2009)

Iz rezultata mehaničke analize tla (tablica 10) razvidno je da se radi o tlu težeg mehaničkog sastava u kojem dominiraju frakcije gline i sitnog praha. Prema teksturnoj oznaci riječ je o praškasto glinasto ilovastim do praškasto glinastim tlima.

Tablica 10: Borička – mehanički sastav tla

položaj	dubina cm	krupni pijesak 2,0-0,2 mm	sitni pijesak 0,2-0,05 mm	krupni prah 0,05-0,02 mm	sitni prah 0,02-0,002 mm	glina <0,002 mm	teksturna oznaka
vrh	0-30	1,0	3,4	13,9	45,9	35,8	PrGl
	30-60	1,7	2,9	12,6	46,5	36,3	PrGl
sredina	0-30	1,5	4,6	14,3	39,5	40,1	PrG
	30-60	1,2	1,1	15,3	39,8	42,6	PrG
dno	0-30	1,4	2,9	15,8	40,5	39,4	PrGl
	30-60	1,5	1,7	13,9	40,8	42,1	PrG

PrGl-Praškasto glinasta ilovača
PrG-Praškasta glina

3.3. Kemijske analize tla i biljnog materijala

Zrakosuhi uzorci tla, suhi (105°C) homogenizirani uzorci lišća vinove loze kao i uzorci mošta analizirani su u tri ponavljanja. Dobivene vrijednosti pojedinih parametara prikazane su kao prosjek.

Kontrola kvalitete analitičkih postupaka provedena je korištenjem referentnih uzoraka sličnog matriksa tla i biljnog materijala iz međulaboratorijskih poredbenih programa

WEPAL (Houba i sur., 1996) u kojima Analitički laboratorij Zavoda za ishranu bilja Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta sudjeluje.

3.3.1. Kemijske analize tla

Zrakosuhi, samljeveni i homogenizirani uzorci tla analizirani su u Analitičkom laboratoriju Zavoda za ishranu bilja Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta prema sljedećim metodama:

1. priprema uzoraka tla (HRN ISO 11464:2009)
2. pH vrijednost – reakcija tla (HRN ISO 10390:2004)
3. fiziološki aktivnii kalij – AL-metoda (Egner i sur., 1960)-ekstrakcija tla amonij laktatom, nakon estrakcije koncentracija kalija u ekstraktu određena je plamenfotometrijski
4. fiziološki aktivni magnezij – ekstrakcija tla s 0,01 M $CaCl_2$, atomska apsorpcijska spektrometrija (Methods of Soil Analysis, 14-3.3.1, 1982)
5. vodotopivi kalcij – ekstrakcija tla vodom 1:5, atomska apsorpcijska spektrometrija, (Procedures for soil analysis, 13.5.1, ISRIC, 1987)
6. ukupni kalij, kalcij i magnezij – razaranje uzoraka tla zlatotopkom (HRN ISO 11466:2004), određivanje sadržaja kalcija i magnezija optičkom emisijskom spektrometrijom induktivno spregnutom plazmom (ICP-OES), a kalija metodom AES (HRN ISO 22036/08)
7. zamjenjivi aluminij – metoda po A.V. Sokolovu (JDPZ, 1966)
8. ukupni karbonati – volumentrijska metoda (HRN ISO 10693:2004)
9. aktivno vapno – volumetrijska metoda, metoda po Galet-u (Škorić, 1982)
10. mehanički sastav tla – metoda prosijavanja i sedimentacije u Na-pirofosfatu, (HRN ISO 11277:2011)

3.3.2. Kemijske analize biljnog materijala

Osušeni na 105°C, samljeveni i homogenizirani uzorci biljnog materijala kao i uzorci mošta analizirani su u Laboratoriju zavoda za ishranu bilja Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta prema sljedećim metodama:

1. kalij – nakon digestije s koncentriranom HNO_3 i $HClO_4$ (MILESTONE 1200 Mega Microwave Digester), plamenfotometrija (AOAC, 1995)
2. fosfor-nakon digestije s koncentriranom HNO_3 i $HClO_4$ (MILESTONE 1200 Mega Microwave Digester), spektrofotometrija, AOAC, 1995

3. ukupni dušik – prilagođena metoda po Kjeldahlu (AOAC, 1995)
4. kalcij i magnezij – nakon digestije s koncentriranom HNO_3 i $HClO_4$ (MILESTONE 1200 Mega Microwave Digester), atomska apsorpcijska spektrometrija (AOAC, 1995)
5. količina šećera u moštu – digitalnim refraktrometrom PR-101, Atago, a vrijednosti su izražene u % Brix-a
6. ukupne kiseline (TA) u moštu – titracija (EEC, 1990)

3.4. Analiza klimatskih podataka

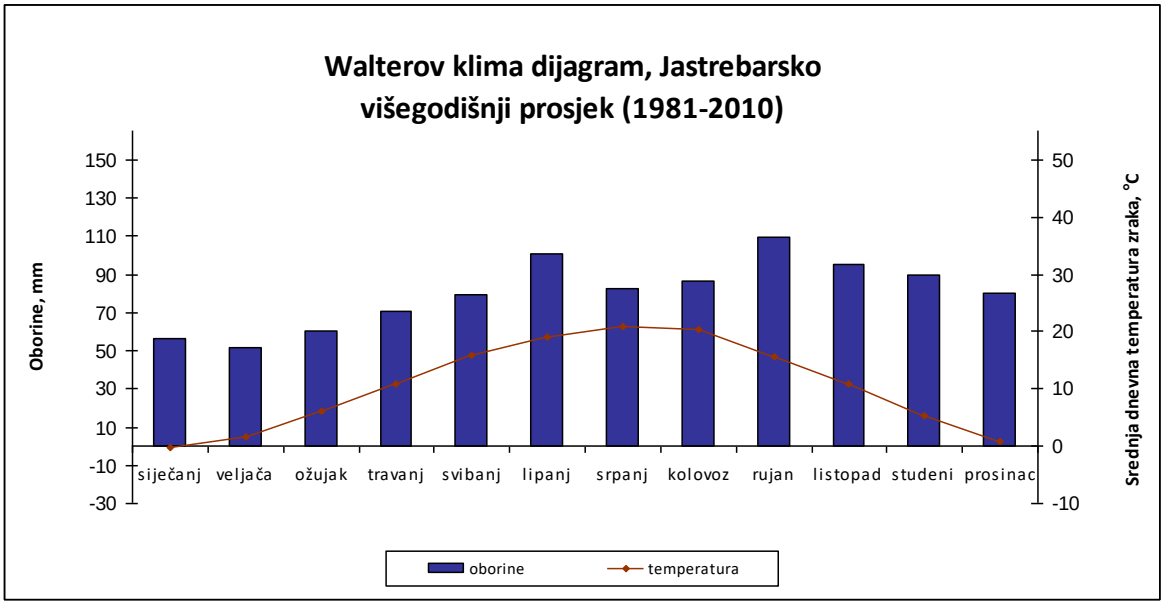
Utjecaj klimatskih čimbenika (temperature i oborine) obrađen je na osnovu podataka za meteorološku stanicu Jastrebarsko koja se nalazi u sklopu Šumarskog instituta Jastrebarsko.
Klimatski podaci iz razdoblja 1981.-2010. godine (DHMZ) poslužili su kao temeljni podaci za ocjenu osnovnih značajki i tipa klime za područje Plešivičkog vinogorja, te su podaci za temperature i oborine, u ovim istraživanjima za 2009., 2010. i 2011. godinu, uspoređeni s istima.

3.4.1. Osnovne značajke klime Plešivičkog vinogorja

Hrvatska ima, na temelju sume efektivnih temperatura prema Winkleru (1962), pet vinogradarskih zona, (isto ima i Kalifornija, a nema npr. Francuska, kao najpoznatija vinogradarska zemlja svijeta). U prvu (I) vinogradarsku zonu (suma efektivnih temperatura <1390 °C) pripada i podregija Plešivica sa sumom efektivnih temperatura 1216 °C (Fazinić i Fazinić, 1997).
Klimatske prilike ove podregije odgovaraju uzgoju vinove loze. Srednja godišnja temperatura zraka iznosi oko 10,5 °C, a srednja temperatura u vrijeme vegetacije oko 16,5 °C.
Najtopliji mjesec u godini je srpanj, a jesen je toplija od proljeća. Srednja minimalna temperatura (od -5,2 °C) pojavljuje se u siječnju, koji je i najhladniji mjesec u godini. Srednja godišnja količina padalina iznosi oko 1960 mm, od čega oko 562 mm padne u tijeku vegetacije što je, s obzirom na dubinu, propusnost i sastav tla, zadovoljavajuće (Penzar i Penzar, 2000).
Prema Köppenovoj klasifikaciji (Cfwbx''), koja uvažava bitne odlike srednjeg godišnjeg hoda temperature zraka i količine oborina najveći dio sjeverozapadnog dijela Hrvatske (podregija Plešivica) ima umjereno toplu kišnu klimu sa srednjom mjesečnom

temperaturom najhladnijeg mjeseca u godini višom od -3 °C i nižom od 18 °C. Tijekom godine nema izrazito suhog razdoblja, a najmanje oborina padne u hladnom dijelu godine. U godišnjem hodu oborina, javljaju se dva kišna razdoblja i to u kasno proljeće i u kasnu jesen. Srednja temperatura najtoplijeg mjeseca viša je od 10 °C, a niža od 22 °C, a više od četiri uzastopna mjeseca imaju temperature više od 10°C (Gajić Čapka i Zaninović, 2008).

Podaci dobiveni od Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske za višegodišnje klimatske pokazatelje za meteorološku postaju Jastrebarsko prikazani su u grafikonu 4.



Grafikon 4: Walterov klima dijagram za meteorološku postaju Jastrebarsko, višegodišnji prosjek (1981-2010)

3.4.2. Vremenske prilike u 2009. godini

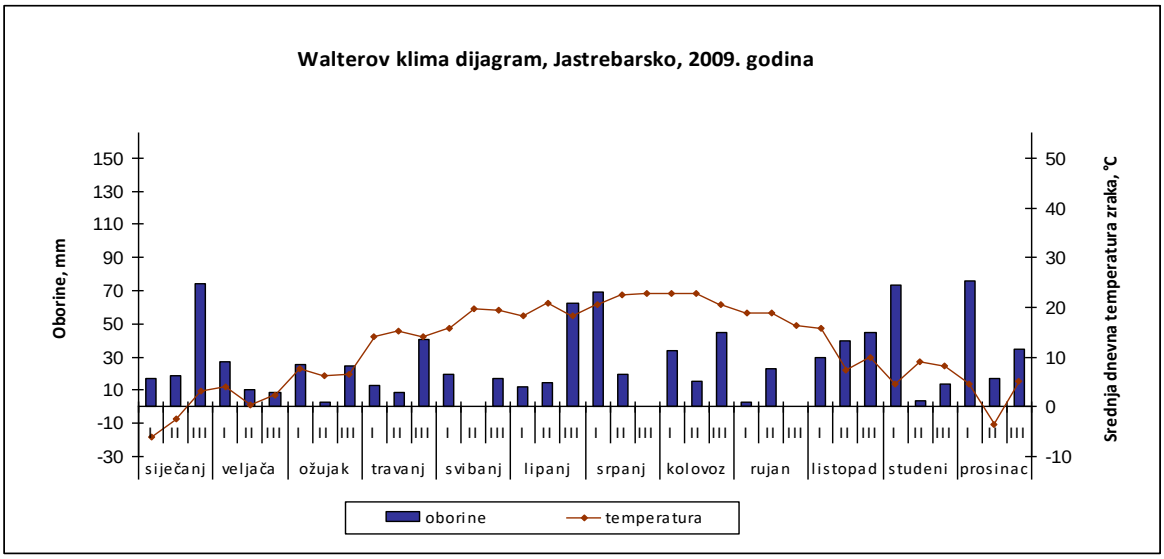
Prema referentnom razdoblju (1981-2010), prosječna godišnja temperatura zraka za 2009. godinu bila je viša za 1,2 °C, a za vegetacijsko razdoblje je bila viša za 1,6 °C.

Ukupna količina oborina tijekom cijele 2009. godine iznosila je 939 mm, što je neznatno manje od višegodišnjeg prosjeka koji iznosi 963 mm. Količina oborina tijekom vegetacijskog razdoblja iznosila je 511 mm, a to je za 113 mm manje od višegodišnjeg prosjeka.

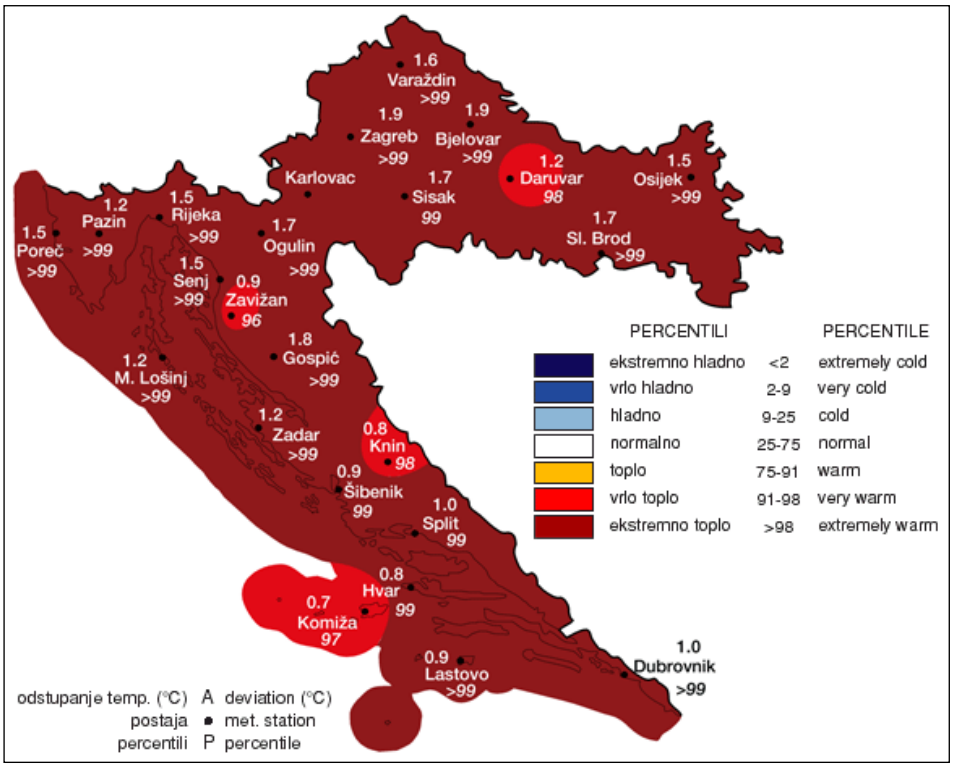
Najmanje oborina zabilježeno je u svibnju 37 mm (višegodišnji prosjek je 79 mm) te u rujnu samo 26 mm (višegodišnji prosjek je 109,2 mm).

Prosječne vremenske prilike prikazane su na slikama 19 (temperatura) i 20 (oborina), a prema raspodjeli percentila temperaturne prilike svrstane su u kategoriju ekstremno toplo vrijeme za područje Plešivice, a oborinske prilike nalaze se u kategoriji normalno.

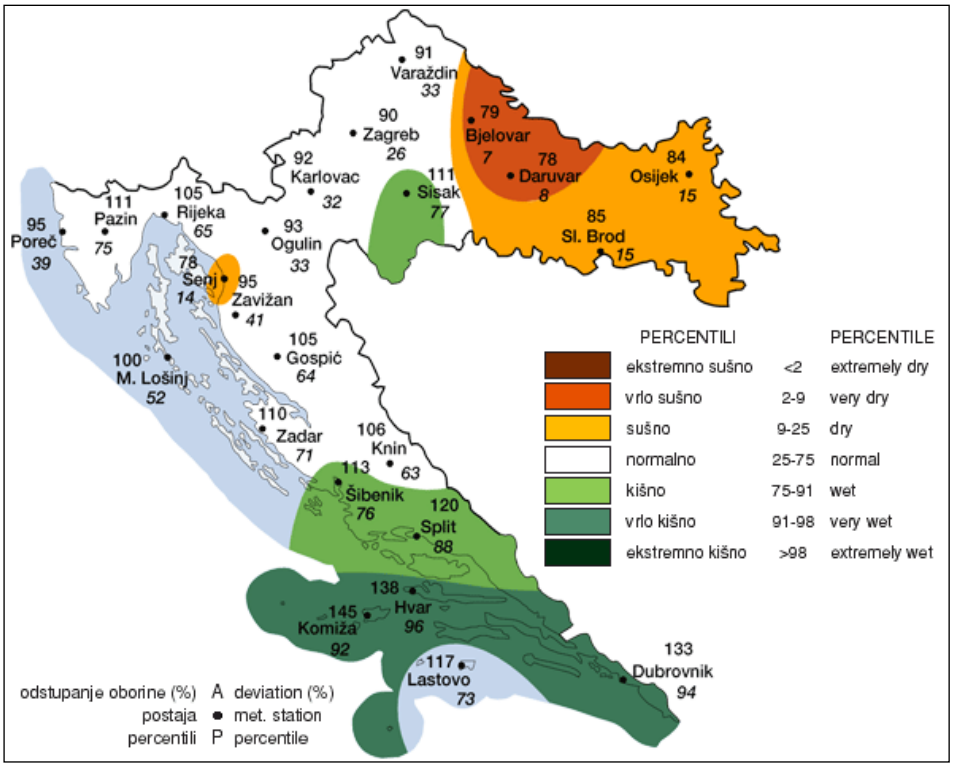
U grafikonu 5 prikazan je odnos oborina i temperatura prema Walteru za Jastrebarsko za 2009. godinu iz kojeg je vidljiva mala količina oborina (u odnosu na temperaturu zraka) tijekom vegetacije uz lošu distribuciju (osim na prijelazu iz lipnja u srpanj).



Grafikon 5: Walterov klima dijagram za meteorološku postaju Jastrebarsko za 2009. godinu



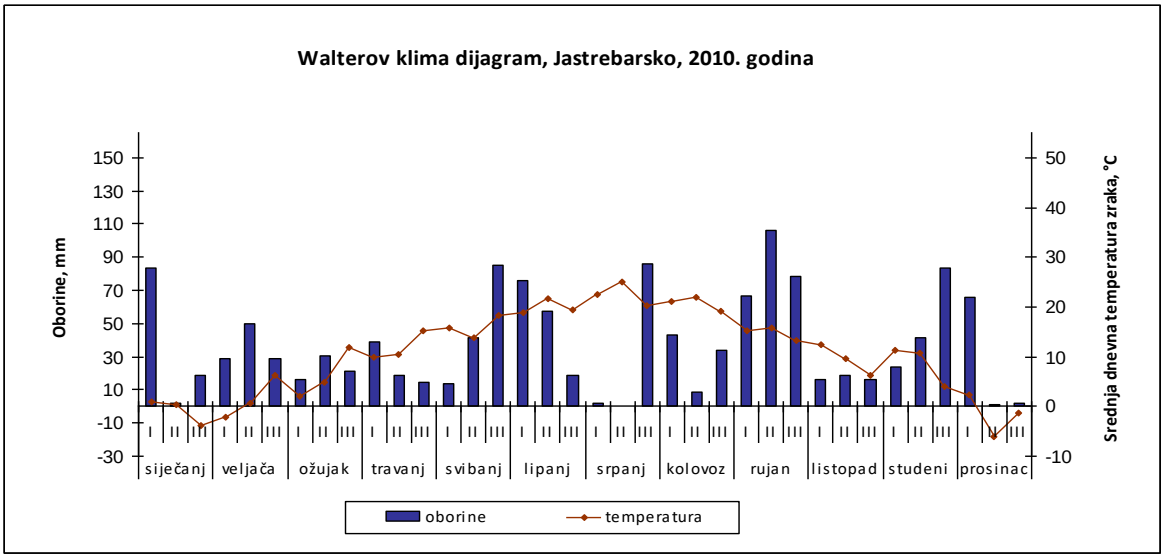
Slika 19: Odstupanje srednje mjesečne temperature zraka (°C) za 2009. godinu od višegodišnjih prosječnih vrijednosti (DHMZ)



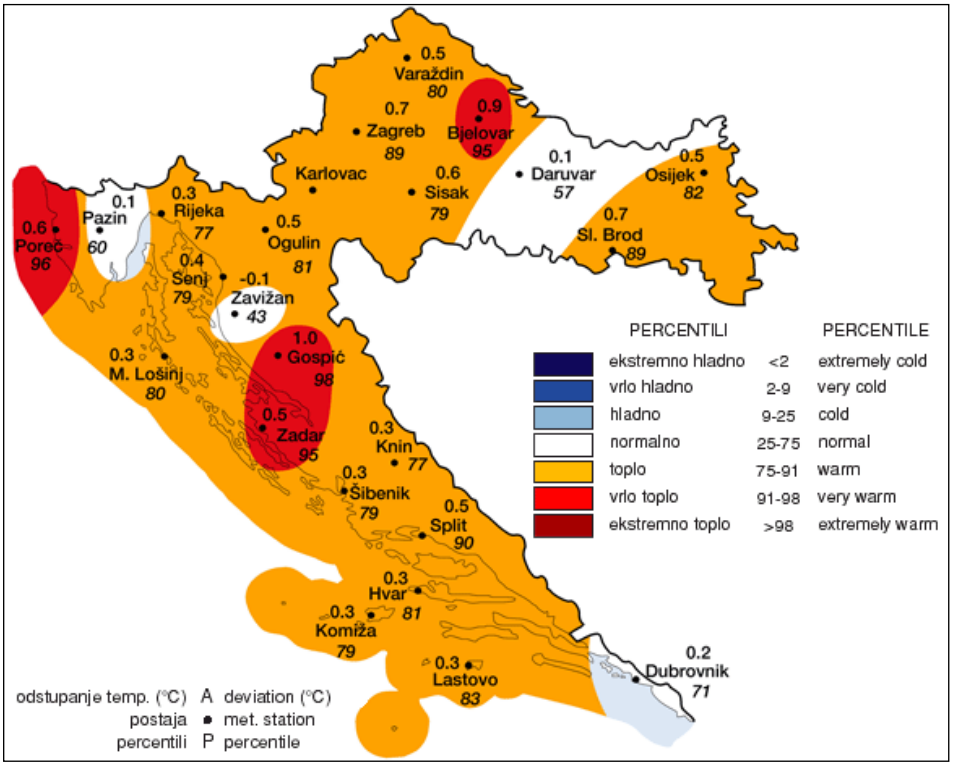
Slika 20: Količina oborine za 2009. godinu izražena u % višegodišnjeg odgovarajućeg mjesečnog srednjaka (DHMZ)

3.4.3. Vremenske prilike u 2010. godini

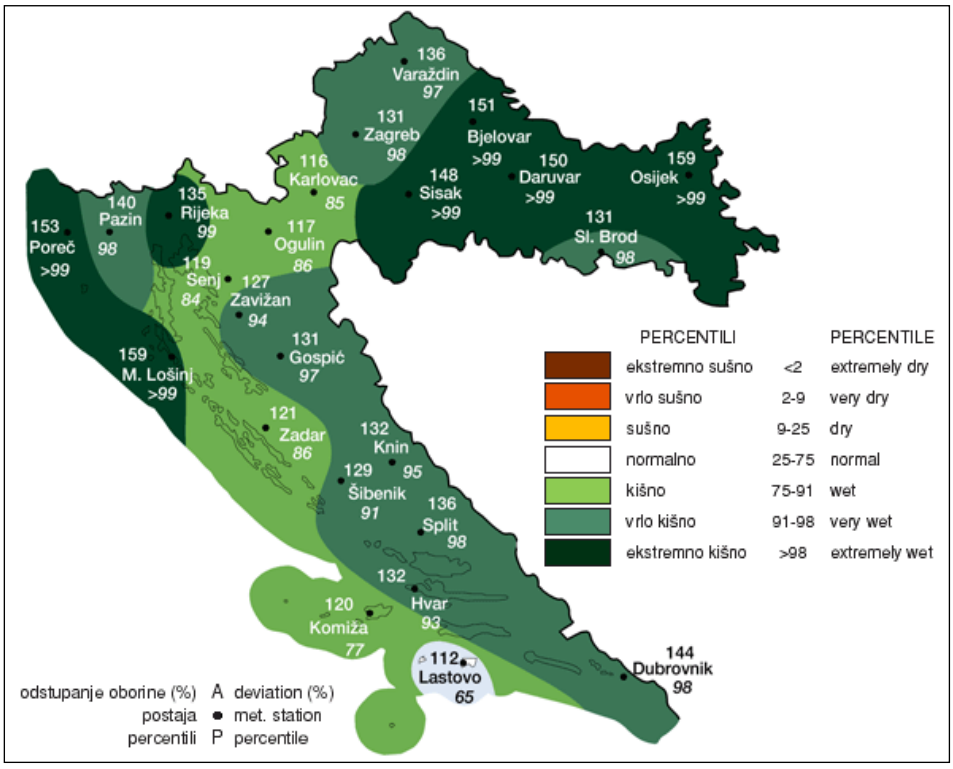
Prosječna godišnja temperatura zraka za 2010. godinu, prema referentnom razdoblju (1981-2010), bila je viša samo za 0,1°C, a za vegetacijsko razdoblje je bila viša za 0,3°C.
Ukupna količina oborina u 2010. godini iznosila je 1380 mm, što je znatno više (za 417 mm) od višegodišnjeg prosjeka koji iznosi 963 mm.
Više oborina od višegodišnjeg prosjeka zabilježeno je i tijekom vegetacijskog razdoblja (258 mm više). Najveća odstupanja zabilježena su tijekom mjeseca svibnja (171 mm), lipnja (152 mm) i rujna (251mm) što je za 92 mm, 51mm i 142 mm više od prosjeka.
Prosječne vremenske prilike prikazane su na slikama 21 (temperature) i 22 (oborine). Prema raspodjeli percentila temperaturne prilike svrstane su u kategoriju toplo vrijeme za područje Plešivice, a analizom oborinskih prilika, iste su svrstane u kategoriju vrlo kišno.
U grafikonu 6 prikazan je odnos oborina i temperatura prema Walteru za Jastrebarsko za 2010. godinu. Jasno je vidljiva znatno veća količina oborina u odnosu na temperature zraka, osobito u mjesecu rujnu.



Grafikon 6: Walterov klima dijagram za meteorološku postaju Jastrebarsko za 2010. godinu



Slika 21: Odstupanje srednje mjesečne temperature zraka (°C) za 2010. godinu od višegodišnjih prosječnih vrijednosti (DHMZ)



Slika 22: Količina oborine za 2010. godinu izražena u % višegodišnjeg odgovarajućeg mjesečnog srednjaka (DHMZ)

3.4.4. Vremenske prilike u 2011.godini

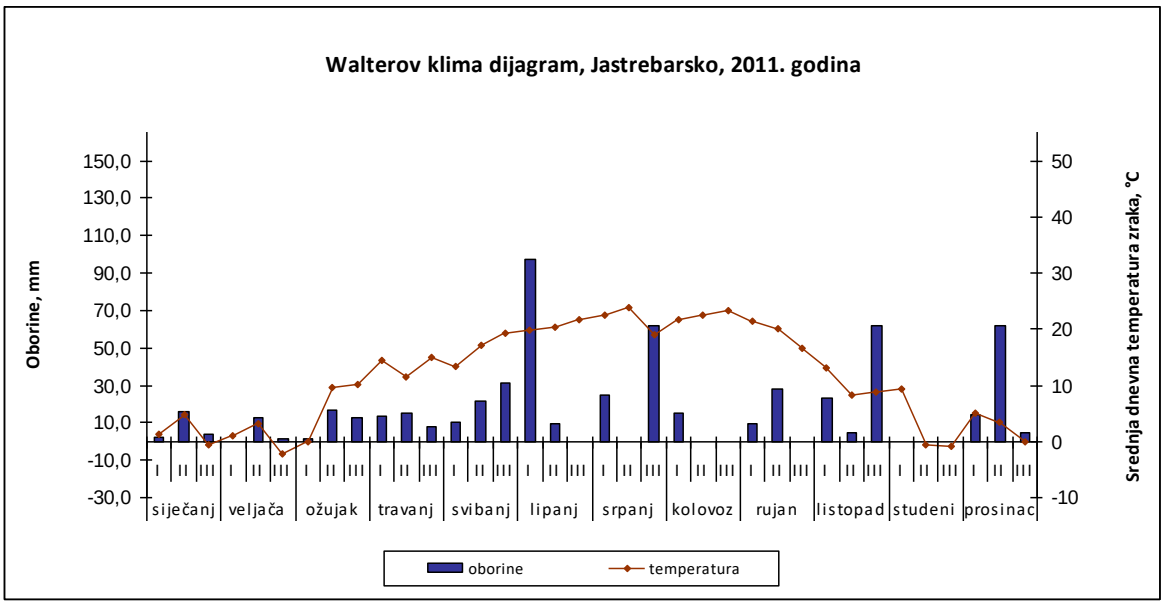
Prema referentnom razdoblju (1981-2010), prosječna godišnja temperatura zraka za 2011. godinu bila je viša samo za 1,0°C, a za vegetacijsko razdoblje bila je viša za 1,6°C. Ukupna količina oborina tijekom cijele 2011. godine iznosila je samo 580 mm, što je znatno manje (383 mm manje) od višegodišnjeg prosjeka koji iznosi 963 mm.

Znatno manje oborina od višegodišnjeg prosjeka zabilježeno je i tijekom vegetacijskog razdoblja, samo 434 mm. Najveća odstupanja zabilježena su tijekom mjeseca svibnja (samo 36,5 mm), kolovoza (samo 14,9 mm) i rujna (samo 37,5 mm).

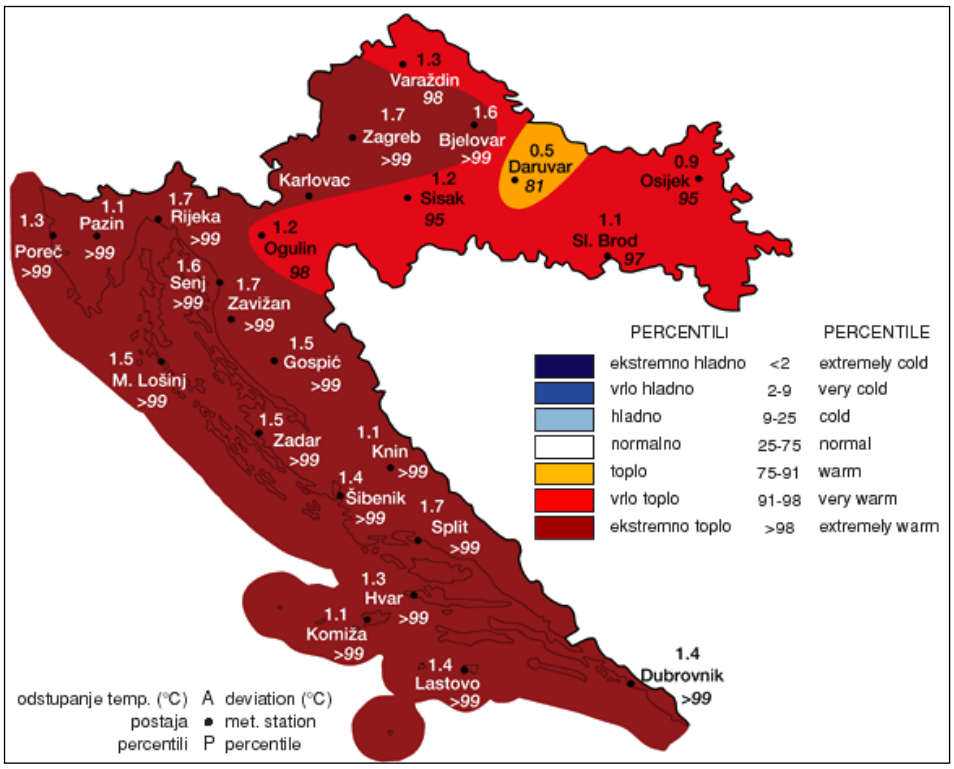
Prosječne vremenske prilike za 2011. godinu prikazane su na slikama 23 (temperature) i 24 (oborine), a može se uočiti da su toplinske prilike u kategoriji ekstremno toplo vrijeme za područje Plešivice dok su oborinske prilike kategorizirane kao ekstremno sušno.

Ako se usporede vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka u razdoblju od 1862.-2011. godine s temperaturom u 2011. godini, vidljivo je da ova godina bila među 6 najtoplijih godina od početka mjerenja. Navedeno ukazuje na činjenicu da temperatura zraka i u Hrvatskoj prati trend globalnog zatopljenja (DHMZ, 2011).

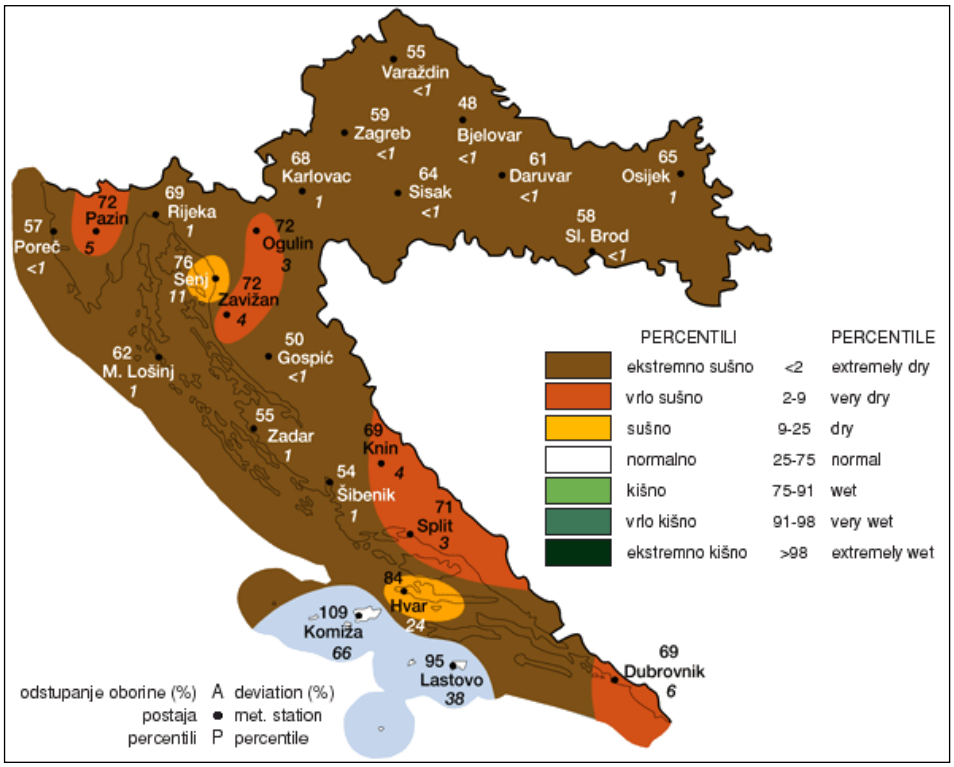
U grafikonu 7 prikazan je odnos oborina i temperatura prema Walteru za Jastrebarsko za 2011. godinu. Vidljiva je znatno manja količina oborina u odnosu na temperature zraka, osobito u mjesecu svibnju, kolovozu i rujnu.



Grafikon 7: Walterov klima dijagram za meteorološku postaju Jastrebarsko za 2011. godinu



Slika 23: Odstupanje srednje mjesečne temperature zraka (°C) za 2011. godinu od višegodišnjih prosječnih vrijednosti (DHMZ)



Slika 24: Količina oborine za 2011. godinu izražena u % višegodišnjeg odgovarajućeg mjesečnog srednjaka (DHMZ)

3.5. Statističke analize

Količina kalija, kalcija i magnezija u biljnom materijalu praćena je u ovisnosti o reakciji tla i vremenu uzorkovanja. Statistički model kojim se nastojalo predvidjeti kretanje istih u listu uključio je, prema tome, reakciju tla svake pokusne parcele i vrijeme uzorkovanja kao nezavisne varijable. U svrhu ispitivanja odnosa između količine kalija, kalcija i magnezija u listu i grožđu, odnosno moštu i količine šećera i ukupnih kiselina u moštu, kao i odnosa između pojedinih kemijskih parametara u tlu, istražena je korelacijska povezanost između navedenih varijabli. Statistička analiza podataka provedena je primjenom statističkog programskog paketa SAS (SAS Institute Inc., 2007), procedura GLM za definiranje modela kretanja kalija, kalcija i magnezija u listu, te procedura CORR za istraživanje korelacijskih veza.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. Kemijska svojstva tla

Kemijska svojstva tla za sve tri godine istraživanja (2009.-2011.) prikazana su u tablici 11. Aktivna kiselost tla (pH_{H2O}) u sve tri godine istraživanja kretala se u rasponu od 4,59 do 8,33 u oraničnom sloju (0-30 cm), odnosno od 4,76 do 8,33 u podoraničnom sloju (30-60 cm). Zamjenjiva (pH_{KCl}) kiselost tla kretala se u rasponu od 3,54 do 7,40 u oraničnom (0-30 cm) i od 3,64 do 7,41 u podoraničnom sloju tla (30-60 cm). Tijekom istraživanog razdoblja nisu utvrđene značajnije razlike u pH vrijednostima tla u oraničnom i podoraničnom sloju tla u odnosu na početno stanje, a što je bilo i očekivano.

Količina zamjenjivog aluminija u tlima kisele reakcije (Rečki gaj) kretala se u rasponu od 0,56 do 37,59 mg Al^{3+}/100 g tla u sloju 0-30 cm te od 0,49 do 29,64 mg Al^{3+}/100 g tla u sloju 30-60 cm (tablica 11). Raspon vrijednosti zamjenjivog aluminija vrlo je velik (maksimalne vrijednosti i preko trideset puta veće od minimalnih), što je očekivano jer je i raspon pH vrijednosti istraživanih tala vrlo širok (3,54-5,01 pH_{KCl}).

Tijekom istraživanog razdoblja utvrđene količine ukupnih karbonata u tlima alkalne reakcije (Borička) za oba sloja tla, kretale su se u rasponu od 23,10 do 43,20 % $CaCO_3$, dok su utvrđene količine fiziološki aktivnog vapna bile u rasponu od 12,50 do 26,00 % CaO (tablica 11).

Količina ukupnog kalija za lokaciju Borička, za oba sloja kretala se u rasponu od 4,31 do 6,56 g K/kg, a fiziološki aktivnog kalija u rasponu 11,80-29,00 mg K_2O/100 g tla. Na lokaciji Rečki gaj količina ukupnog kalija za oba sloja bila je u rasponu od 2,93 do 5,33 g K/kg, a fiziološki aktivnog kalija u rasponu od 7,40 do 29,00 K_2O/100 g tla. Vrijednosti ukupnog kalija u oba sloja tla bile su vrlo slične za obje lokacije, dok su vrijednosti fiziološki aktivnog kalija bile veće u oraničnom u odnosu na podoranični sloj. Iz tablice 11 vidljivo je također da su vrijednosti ukupnog i fizološki aktivnog kalija bile nešto više u tlu alkalne reakcije u odnosu na tlo kisele reakcije.

Količine ukupnog kalcija za sve tri godine istraživanja značajno su više u tlu alkalne reakcije i kretale su se u rasponu od 103,17 do 144,90 g Ca/kg, za oba sloja tla, u odnosu na kiselo tlo (raspon od 1,08 do 1,70 g Ca/kg). Vrijednosti vodotopivog kalcija kretale su se na alkalnom tlu u rasponu od 115,50 do 183,00 mg Ca/100 g tla, dok su na tlu kisele reakcije bile vrlo niske, raspon od 4,58 do 17,16 mg Ca/100 g tla, za oba sloja tla.

Raspon vrijednosti ukupnog magnezija (tablica 11) kretao se na tlu alkalne reakcije od 8,63 do 10,94 g Mg/kg dok su na tlu kisele reakcije bile dvostruko manje vrijednosti (3,27-5,15 g Mg/kg), za oba sloja tla. U odnosu na ukupne vrijednosti magnezijja, količine

fiziološki aktivnog magnezija bile su obrnutih vrijednosti, na kiselom tlu su bile više i kretale su se u rasponu od 11,27 do 35,10 mg Mg/100 g tla, a na alkalnom tlu od 8,12 do 17,48 mg Mg/100 g tla, za oba sloja tla.

Tablica 11: Kemijska svojstva tla, 2009.-2011. godina

Parametar	Dubina (cm)	2009. godina		2010. godina		2011. godina	
		Boričk a	**Rečki gaj**	**Boričk a**	**Rečki gaj**	**Boričk a**	**Rečki gaj**
pH_{H2O}	0-30	8,12-8,33	4,92-5,83	7,98-8,22	4,59-5,82	7,90-8,26	4,83-5,77
	30-60	8,14-8,32	4,84-5,79	7,95-8,28	4,76-6,10	8,01-8,33	4,86-5,85
$pH_{1M\ KCl}$	0-30	7,24-7,36	3,54-4,48	7,24-7,36	3,62-5,01	7,01-7,40	3,68-4,53
	30-60	7,27-7,41	3,64-4,40	7,24-7,38	3,69-5,01	7,12-7,40	3,74-4,79
Al^{3+}	0-30	-	0,79-37,59	-	0,56-27,85	-	0,90-27,3
(mg/100 g)	30-60	-	1,29-29,64	-	0,49-23,10	-	0,63-21,2
$CaCO_3$	0-30	23,10-39,80	-	24,70-39,20	-	23,20-39,20	-
(%)	30-60	25,20-43,20	-	26,00-40,90	-	25,30-40,90	-
CaO	0-30	14,00-25,50	-	15,00-25,50	-	12,50-24,00	-
(%)	30-60	15,00-26,00	-	15,50-26,00	-	13,50-25,00	-
K_2O	0-30	13,00-27,00	13,50-24,00	13,50-28,00	18,70-29,00	20,70-29,00	20,75-26,00
(mg/100 g)	30-60	15,80-25,50	7,40-16,20	11,80-22,00	7,60-14,50	12,80-19,70	10,90-14,13
Ca	0-30	133,80-183,00	5,45-9,42	132,17-158,03	4,58-9,75	115,50-168,00	6,01-15,30
(mg/100 g)	30-60	125,83-173,60	6,99-12,68	121,20-165,80	6,75-11,13	127,60-162,70	8,90-17,16
Mg	0-30	10,00-14,57	11,27-33,16	11,65-17,48	12,90-35,10	11,32-14,46	18,84-32,06
(mg/100 g)	30-60	9,96-15,04	13,08-31,7	11,41-16,67	15,60-32,70	8,12-14,13	15,30-28,00
Ca	0-30	107,90-141,78	1,38-1,56	106,70-143,05	1,10-1,63	105,20-143,78	1,41-1,70
(g/kg (uk*))	30-60	107,90-143,77	1,08-1,64	108,08-144,90	1,40-1,61	103,17-144,72	1,11-1,59
Mg	0-30	9,12-10,87	4,56-4,86	9,18-10,90	3,46-5,05	9,02-10,52	3,86-5,15
(g/kg (uk))	30-60	8,63-10,94	3,65-5,04	8,98-10,11	4,21-50	8,75-10,30	3,27-5,12
K	0-30	5,11-6,56	3,23-5,33	4,78-6,30	3,15-4,10	4,78-6,11	2,93-4,18
(g/kg (uk))	30-60	4,31-5,50	3,31-4,11	4,45-5,55	3,20-4,78	4,60-6,02	2,97-3,95

*uk-ukupni

4.2. Mineralni sastav lišća vinove loze

4.2.1. Kalij u lišću vinove loze

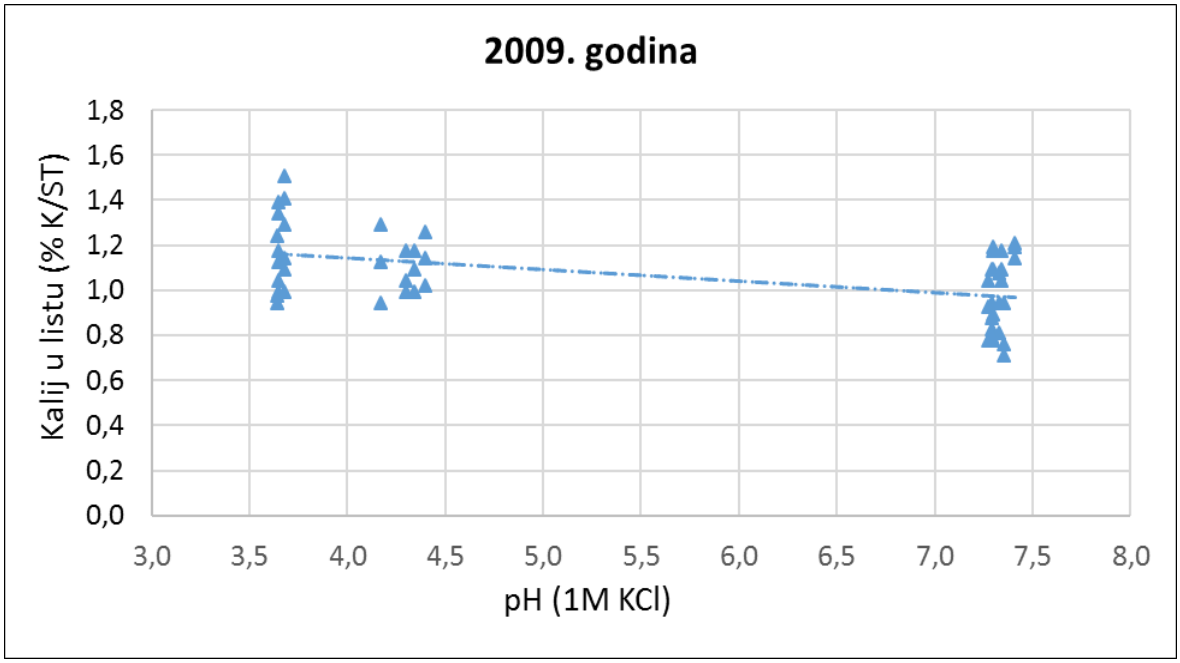
Rezultati analize varijance za koncentraciju kalija u suhoj tvari lišća vinove loze (% K/ST) u tri godine istraživanja (2009.-2011.) prikazani su u tablici 12 iz koje je vidljivo da je značajan utjecaj na koncentraciju kalija u lišću vinove loze u 2009. i 2010. godini imala pH

vrijednost tla te fenofaza rasta, ali nije utvrđen interakcijski učinak pH x fenofaza, dok su u 2011. godini značajan utjecaj na koncentraciju kalija u lišću vinove loze imali i pH vrijednost tla i fenofaza, a utvrđen je i interakcijski učinak pH x fenofaza.

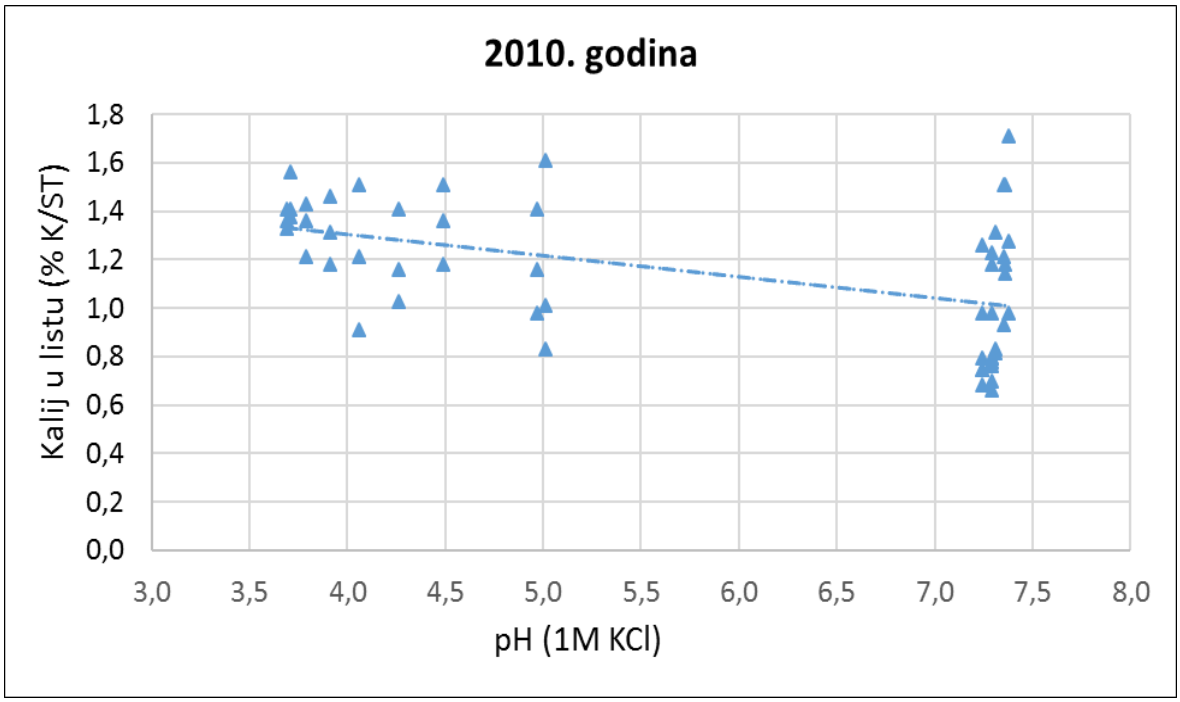
Tablica 12: Rezultati analize varijance za koncentraciju kalija u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina

		2009. godina	2010. godina	2011. godina
Izvor varijabilnosti	**DF**	**Pr > F**	**Pr > F**	**Pr > F**
pH	1	<,0001	<,0001	0,0148
fenofaza	2	0,0001	0,0001	<,0001
pH x fenofaza	2	0,5656	0,0565	<,0001
pogreška	48			

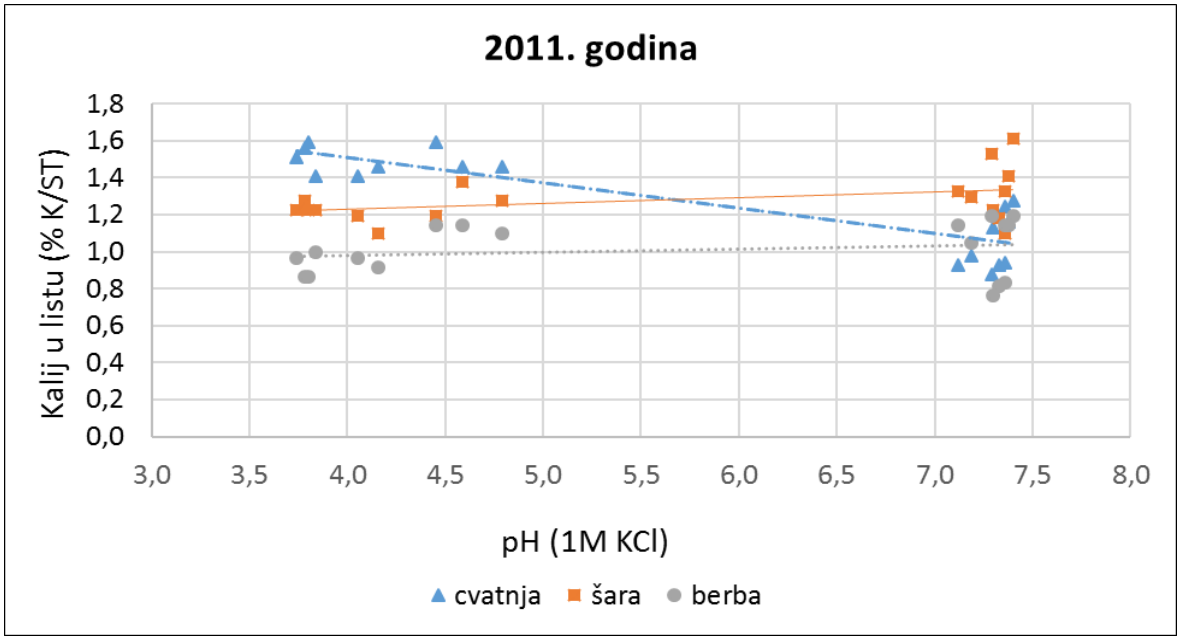
Regresijskom analizom utvrđeno je da se koncentracija kalija u lišću vinove loze u 2009. i 2010. godini neznatno smanji ako je pH vrijednost u tlu veća za jediničnu vrijednost (2009. godina r = -0,0497; P = 0,5656 i 2010. godina r = -0,0873; P = 0,0565). Interakcija pH x fenofaza nije značajna pa se može predočiti jedinstvenom regresijom (grafikon 8 i 9, za 2009. i 2010. godinu). U 2011. godini (grafikon 10) interakcija pH x fenofaza pokazala se značajnom (P<0,0001). U fenofazi cvatnje utvrđeno je da se koncentracija kalija u lišću vinove loze neznatno smanji ako se poveća pH (r = -0,1355), dok se u fenofazama šare i berbe koncentracija kalija u lišću s povećanjem pH vrijednosti tla za jediničnu vrijednost neznatno poveća (r = 0,0325 i 0,0172).



Grafikon 8: Utjecaj reakcije tla na dinamiku kalcija u lišću vinove loze u 2009. godini



Grafikon 9: Utjecaj reakcije tla na dinamiku kalija u lišću vinove loze u 2010. godini



Grafikon 10: Utjecaj reakcije tla na dinamiku kalija u lišću vinove loze u 2011. godini

Srednje vrijednosti koncentracije kalija u suhoj tvari lišća vinove loze (% K/ST) u tri godine istraživanja (2009.-2011.) prikazane su u tablici 13. U sve tri godine istraživanja veće prosječne koncentracije kalija u lišću vinove loze utvrđene su na kiselom tlu (1,15; 1,28; 1,24 % K/ST) u odnosu na alkalno tlo (0,98; 1,02; 1,14 % K/ST). Najviša (1,71 % K/ST) i najniža (0,71 % K/ST) koncentracija kalija u lišću vinove loze utvrđena je na alkalnom tlu u fenofazi šare u 2009. i 2010. godini.

Tablica 13: Koncentracija kalija (% K/ST) u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina

			2009. godina			2010. godina			2011. godina		
tlo	**pH 1M KCl**	**fenofaza**	**min**	**max**	**prosjek**	**min**	**max**	**prosjek**	**min**	**max**	**prosjek**
kiselo tlo	3,54-5,01	cvatnja	1,05	1,39	**1,22**	1,01	1,43	**1,27**	1,41	1,59	**1,50**
		šara	0,95	1,10	**1,00**	1,36	1,61	**1,47**	1,10	1,38	**1,23**
		berba	0,98	1,51	**1,22**	0,83	1,38	**1,11**	0,86	1,15	**0,99**
		prosjek	0,99	1,33	**1,15**	1,07	1,47	**1,28**	1,12	1,37	**1,24**
alkalno tlo	7,01-7,41	cvatnja	0,90	1,20	**1,04**	0,75	1,15	**0,86**	0,88	1,28	**1,05**
		šara	0,71	1,15	**0,89**	0,98	1,71	**1,30**	1,10	1,61	**1,33**
		berba	0,76	1,21	**1,02**	0,66	1,28	**0,90**	0,76	1,20	**1,03**
		prosjek	0,79	1,19	**0,98**	0,80	1,38	**1,02**	0,91	1,36	**1,14**

Značajno najviša koncentracija kalija u lišću, neovisno o reakciji tla, utvrđena je 2010. godine u fenofazi šare (1,38 % K/ST) i značajno se razlikuje (P = 5 %) od fenofaza cvatnje i berbe, koje se međusobno nisu razlikovale. Značajno najniže koncentracije kalija u lišću (tablica 14) na kiselom i alkalnom tlu, utvrđene su u 2009. godini u fenofazi šare (0,95 % K/ST) i značajno se razlikuju (P = 5 %) od koncentracija kalija u fenofazama cvatnje i berbe koje se međusobno nisu razlikovale. U 2011. godini značajno najniža koncentracija kalija u lišću (1,01 % K/ST), na kiselom i alkalnom tlu, utvrđena je u fenofazi berbe i značajno se razlikuje od fenofaza cvatnje i šara (P = 5 %).

Tablica 14: Usporedbe prosjeka pojedinih uzorkovanja za kalij, 2009.-2011. godina

uzorkovanje	2009. godina	2010. godina	2011. godina
1 (cvatnja)	1,13 a	1,07 b	1,27 a
2 (šara)	0,95 b	1,38 a	1,28 a
3 (berba)	1,12 a	1,01 b	1,01 b

Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Bonferronijevom testu, *P≤0,05.*

4.2.2. Kalcij u lišću vinove loze

Rezultati analize varijance za koncentraciju kalcija u suhoj tvari lišća vinove loze (% Ca/ST) u tri godine istraživanja (2009.-2011.) prikazani su u tablici 15.

Iz tablice 15 vidljivo je da je značajan utjecaj na koncentraciju kalcija u lišću vinove loze u 2009. godini imala pH vrijednost tla te fenofaza rasta, dok interakcijski učinak pH x fenofaza nije utvrđen. U 2010. i 2011. godini značajan utjecaj na koncentraciju kalcija u lišću vinove loze imali su i pH vrijednost tla i fenofaza, a utvrđen je i interakcijski učinak pH x fenofaza.

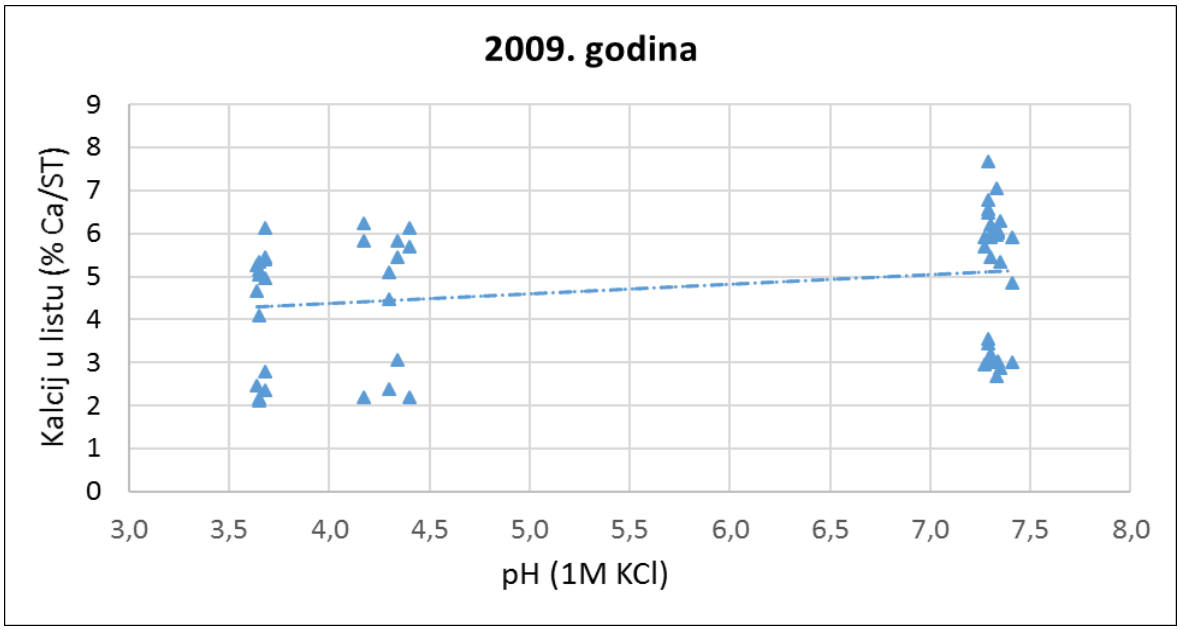
Tablica 15: Rezultati analize varijance za koncentraciju kalcija u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina

		2009. godina	2010. godina	2011. godina
Izvor varijabilnosti	DF	Pr > F	Pr > F	Pr > F
pH	1	<,0001	<,0001	<,0001
fenofaza	2	<,0001	<,0001	<,0001
pH x fenofaza	2	0,45	0,0002	0,0402
pogreška	48			

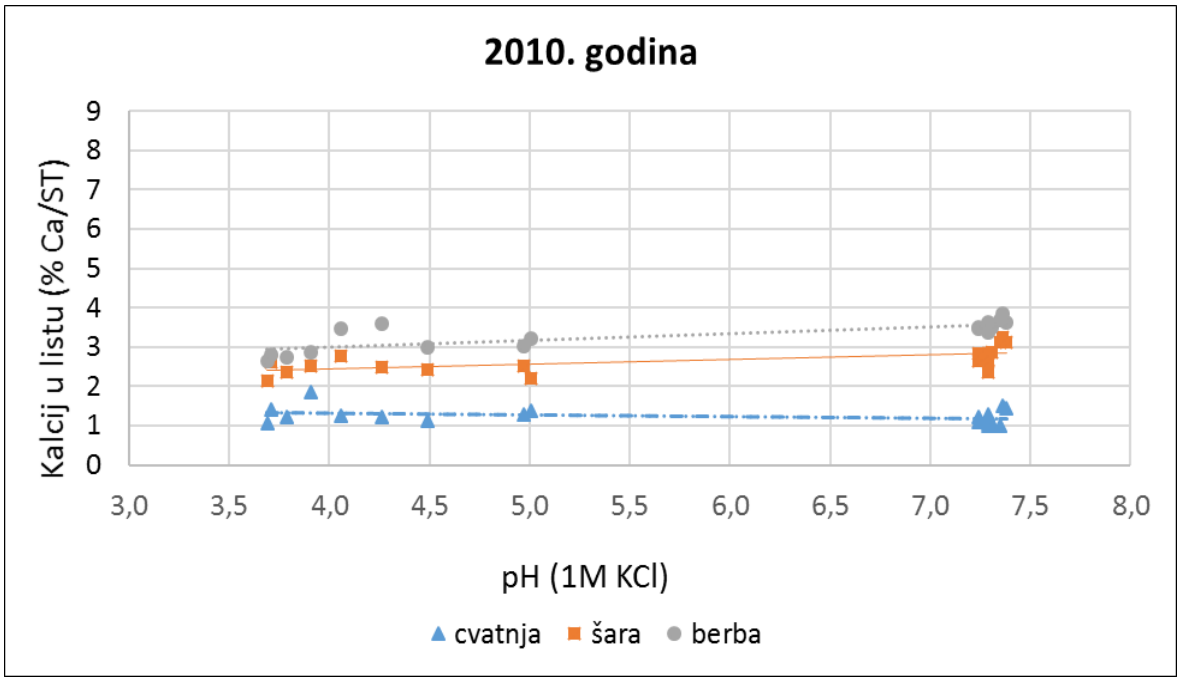
Regresijskom analizom utvrđeno je da se koncentracija kalcija u lišću vinove loze u 2009. godini neznatno poveća ako je pH vrijednost tla veća za jediničnu vrijednost (r = 0,2237).

Interakcija pH x fenofaza nije značajna (P = 0,45) pa se može predočiti jedinstvenom regresijom (grafikon 11).

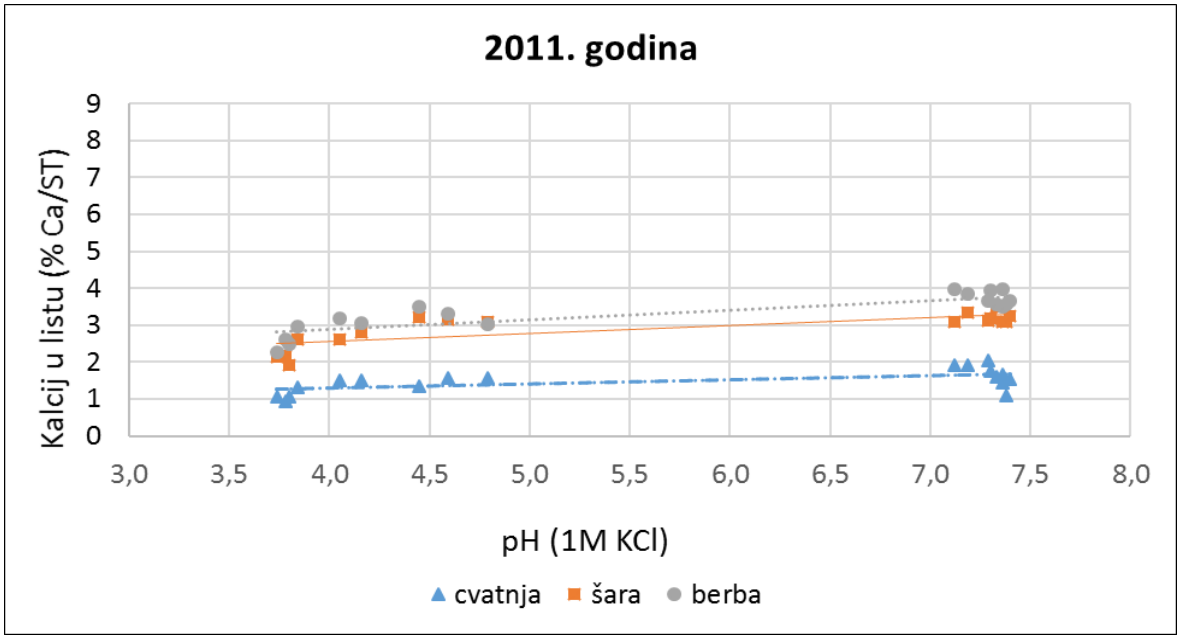
Koncentracija kalcija u lišću vinove loze u 2010. godini neznatno je niža u fenofazi cvatnje ako je pH vrijednost u tlu veća za jediničnu vrijednost (r = -0,0399), dok se u fenofazama šare i berbe, koncentracija neznatno povećava (r = 0,1224 i 0,1721). Interakcija pH x fenofaza u 2010. godini pokazala se značajnom (P = 0,0002) što je prikazano na grafikonu 12. Koncentracija kalcija u lišću vinove loze u 2011. godini neznatno se povećava (grafikon 13) ako je pH vrijednost u tlu veća za jediničnu vrijednost (r = 0,1138, 0,2132 i 0,2655 u fenofazama cvatnje, šare i berbe). Interakcija pH x fenofaza pokazala se za 2011. godinu značajnom (P = 0,0402).



Grafikon 11: Utjecaj reakcije tla na dinamiku kalcija u lišću vinove loze u 2009. godini



Grafikon 12: Utjecaj reakcije tla na dinamiku kalcija u lišću vinove loze u 2010. godini



Grafikon 13: Utjecaj reakcije tla na dinamiku kalcija u lišću vinove loze u 2011. godini

U tablici 16 prikazane su srednje vrijednosti koncentracije kalcija u suhoj tvari lišća vinove loze (% Ca/ST) tijekom istraživanja (2009.-2011.). U sve tri godine istraživanja veće prosječne koncentracije kalcija u lišću vinove loze utvrđene su na alkalnom tlu (5,11; 2,54; 2,88 % Ca/ST) u odnosu na kiselo tlo (4,36; 2,27; 2,30 % Ca/ST).

Najveća koncentracija kalcija (7,68 % Ca/ST) u lišću utvrđena je u fenofazi šare na alkalnom tlu u 2009. godini, a najniža (0,93 % Ca/ST) u fenofazi cvatnje na kiselom tlu u 2011.godini.

Tablica 16: Koncentracija kalcija (% Ca/ST) u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina

			2009. godina			2010. godina			2011. godina		
tlo	**pH 1M KCl**	**fenofaza**	**min**	**max**	**prosjek**	**min**	**max**	**prosjek**	**min**	**max**	**prosjek**
kiselo tlo	3,54-5,01	cvatnja	2,10	3,05	**2,41**	1,07	1,86	**1,32**	0,93	1,58	**1,32**
		šara	4,09	6,24	**5,11**	2,15	2,78	**2,46**	1,92	3,23	**2,64**
		berba	5,09	6,12	**5,57**	2,66	3,61	**3,04**	2,28	3,50	**2,93**
		prosjek	3,76	5,14	**4,36**	1,96	2,75	**2,27**	1,71	2,77	**2,30**
alkalno tlo	7,01-7,41	cvatnja	2,68	3,54	**3,08**	0,99	1,51	**1,19**	1,10	2,05	**1,66**
		šara	4,84	7,68	**6,09**	2,36	3,24	**2,86**	3,09	3,51	**3,24**
		berba	5,69	6,78	**6,15**	3,37	3,85	**3,56**	3,49	3,98	**3,74**
		prosjek	4,40	6,00	**5,11**	2,24	2,87	**2,54**	2,56	3,18	**2,88**

Značajno najniža koncentracija kalcija u lišću (tablica 17), na kiselom i na alkalnom tlu, utvrđena je u 2009. godini u fenofazi cvatnje (2,75 % Ca/ST) i značajno se razlikuje (P = 5 %) od koncentracije kalcija u fenofazama šare i berbe, koje se međusobno nisu razlikovale. Koncentracije kalcija u lišću vinove loze u 2010. i 2011. godini u sve tri fenofaze značajno se razlikuju jedna od druge (P = 5 %). Značajno najviša koncentracija kalcija u lišću vinove loze u 2010. godini i na kiselom i na alkalnom tlu, utvrđena u fenofazi berbe (3,30 % Ca/ST), a najniža u fenofazi cvatnje (1,25 % Ca/ST). Značajno najviša koncentracija kalcija u lišću (3,34 % Ca/ST) u 2011. godini neovisno o reakcji tla, utvrđena je u fenofazi berbe, a najniža u fenofazi cvatnje (1,49 % Ca/ST).

Tablica 17: Usporedbe prosjeka pojedinih uzorkovanja za kalcij, 2009.-2011. godina

uzorkovanje	2009. godina	2010. godina	2011. godina
1 (cvatnja)	2,75 b	1,25 c	1,49 c
2 (šara)	5,60 a	2,66 b	2,94 b
3 (berba)	5,86 a	3,30 a	3,34 a

Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Bonferronijevom testu, *P≤0,05*.

4.2.3. Magnezij u lišću vinove loze

Rezultati analize varijance za koncentraciju magnezija u suhoj tvari lišća vinove loze (% Mg/ST) tijekom istraživanja (2009.-2011.) prikazani su u tablici 18. Iz tablice ANOVA-e vidljivo je da su značajan utjecaj na koncentraciju magnezija u lišću vinove loze u sve tri

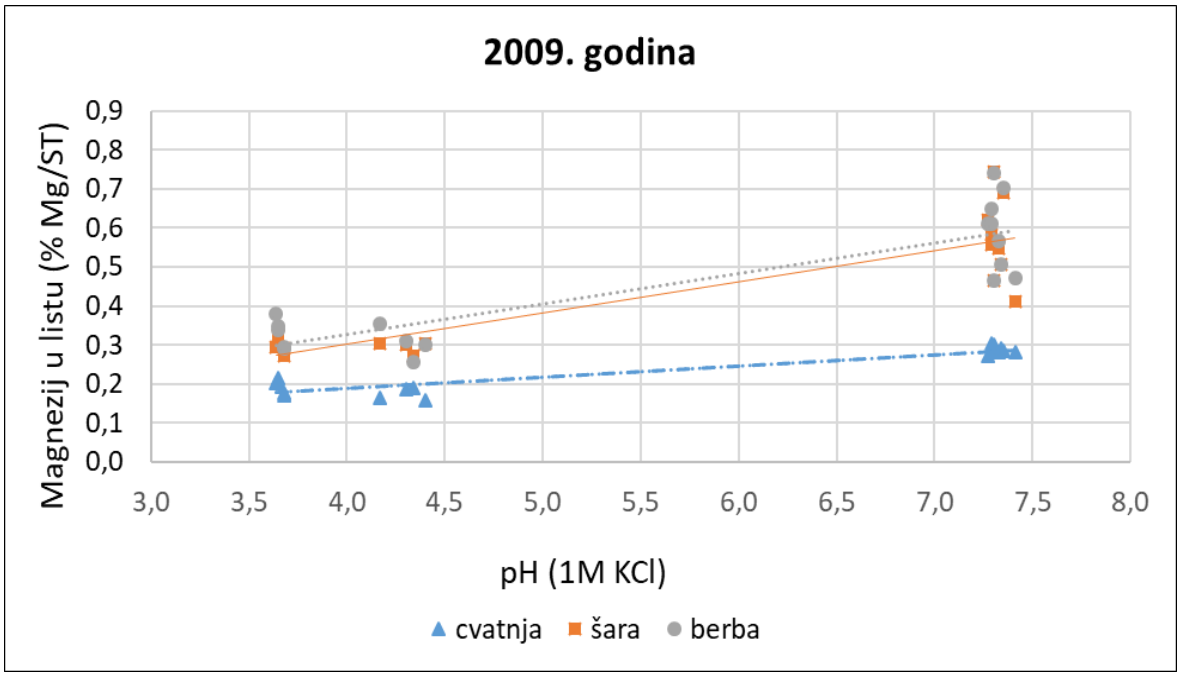
godine istraživanja imali i pH vrijednost tla i fenofaza razvoja te interakcija pH i fenofaze. Interakcija između reakcije tla i fenofaze značajna je za sve tri godine istraživanja.

Tablica 18: Rezultati analize varijance za koncentraciju magnezija u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina

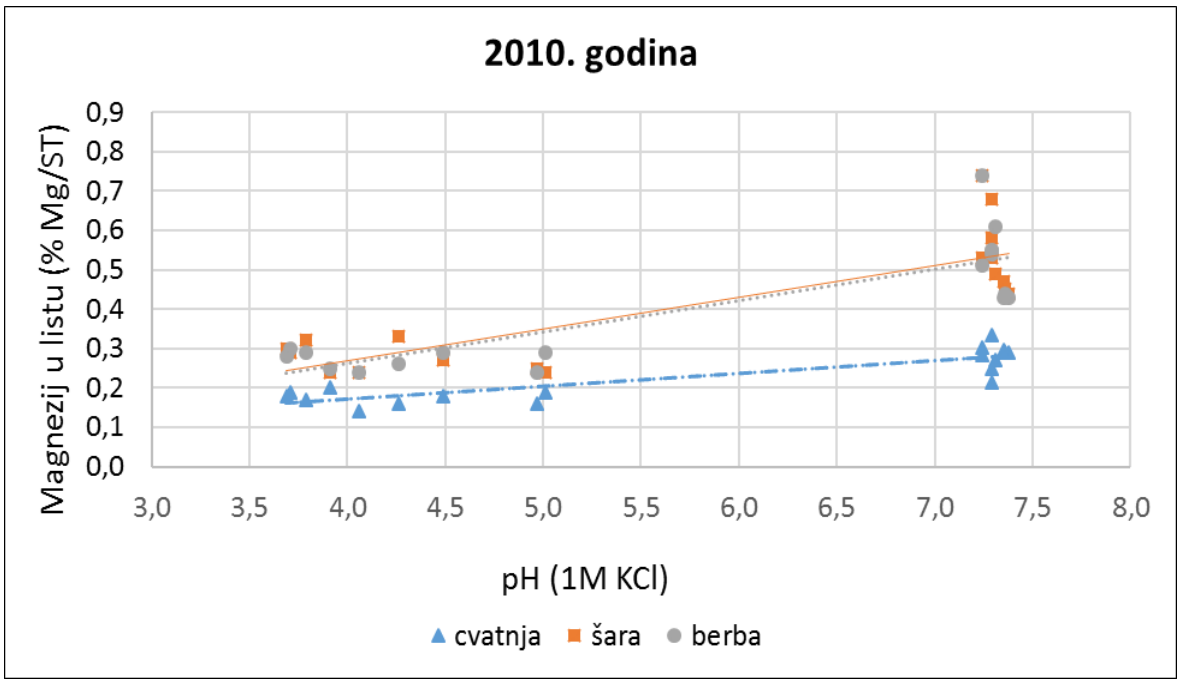
		2009. godina	2010. godina	2011. godina
Izvor varijabilnosti	**DF**	**Pr > F**	**Pr > F**	**Pr > F**
pH	1	<,0001	<,0001	<,0001
fenofaza	2	<,0001	<,0001	<,0001
pH x fenofaza	2	0,0003	0,003	<,0001
pogreška	48			

Regresijskom analizom (grafikon 14) utvrđeno je da se koncentracija magnezija u lišću vinove loze u 2009. godini neznatno povećava ako je pH vrijednost u tlu veća za jediničnu vrijednost (r = 0,0288; 0,0794 i 0,0777, fenofaze cvatnja, šara i berba). Interakcija fenofaze i pH pokazala se značajnom (P = 0,0003).

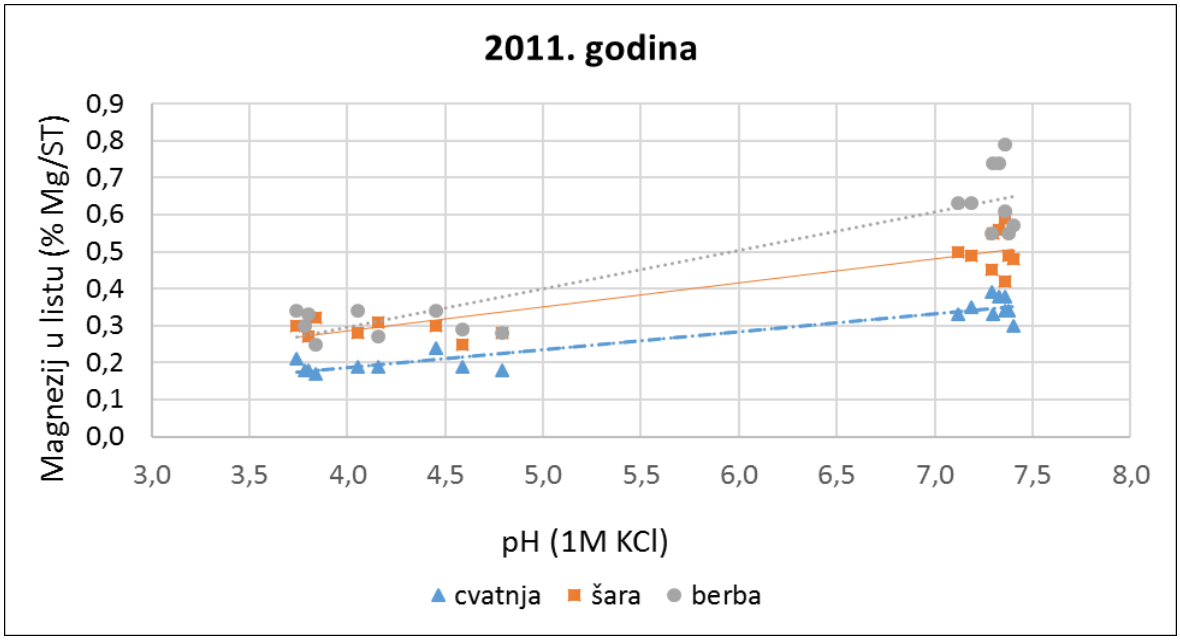
Koncentracija magnezija u lišću vinove loze u 2010. godini (grafikon 15) i u 2011. godini (grafikon 16) neznatno se povećava ako je pH vrijednost u tlu veća za jediničnu vrijednost (r = 0,0326; 0,0796 i 0,0809 za 2010. godinu i r = 0,0483; 0,0648 i 0,1042 za 2011. godinu, fenofaze cvatnja, šara i berba). Interakcija fenofaze i pH pokazala se značajnom za obje godine (P = 0,003 i P<0,0001).



Grafikon 14: Utjecaj reakcije tla na dinamiku magnezija u lišću vinove loze u 2009. godini



Grafikon 15: Utjecaj reakcije tla na dinamiku magnezija u lišću vinove loze u 2010. godini



Grafikon 16: Utjecaj reakcije tla na dinamiku magnezija u lišću vinove loze u 2011. godini

U tablici 19 prikazane su srednje vrijednosti koncentracije magnezija u suhoj tvari lišća vinove loze (% Mg/ST) tijekom istraživanja (2009.-2011.). Tijekom svih godina istraživanja veće prosječne koncentracije magnezija u lišću vinove loze utvrđene su na alkalnom tlu (0,48; 0,45; 0,50 % Mg/ST) u odnosu na kiselo tlo (0,27; 0,24; 0,26 % Mg/ST). Najniža koncentracija Mg u lišću utvrđena je u fenofazi cvatnje na kiselom tlu u 2010.godini, a najviša u fenofazi berbe na alkalnom tlu u 2011. godini.

Tablica 19: Koncentracija magnezija (% Mg/ST) u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina

			2009. godina			2010. godina			2011. godina		
tlo	**pH 1M KCl**	**fenofaza**	**min**	**max**	**prosjek**	**min**	**max**	**prosjek**	**min**	**max**	**prosjek**
kiselo tlo	3,54-5,01	cvatnja	0,16	0,22	**0,19**	0,14	0,20	**0,17**	0,17	0,24	**0,19**
		šara	0,27	0,32	**0,30**	0,24	0,33	**0,28**	0,25	0,32	**0,29**
		berba	0,26	0,38	**0,32**	0,24	0,30	**0,27**	0,25	0,34	**0,30**
		prosjek	0,26	0,31	**0,27**	0,21	0,28	**0,24**	0,22	0,30	**0,26**
alkalno tlo	7,01-7,41	cvatnja	0,27	0,31	**0,29**	0,22	0,33	**0,28**	0,30	0,39	**0,35**
		šara	0,41	0,74	**0,57**	0,44	0,74	**0,55**	0,42	0,59	**0,50**
		berba	0,47	0,74	**0,59**	0,43	0,74	**0,53**	0,55	0,79	**0,65**
		prosjek	0,38	0,60	**0,48**	0,36	0,60	**0,45**	0,42	0,62	**0,50**

Značajno najniža koncentracija magnezija u lišću (tablica 20), na kiselom i alkalnom tlu, utvrđena je u 2009. i 2010. godini istraživanja u fenofazi cvatnje (0,23 i 0,24 % Mg/ST) i značajno se razlikuje (P = 5 %) od koncentracije magnezija u lišću u fenofazama šare i

berbe, koje se međusobno nisu razlikovale. Koncentracije magnezija u lišću vinove loze u 2011. godini u sve tri fenofaze značajno se razlikuju jedna od druge (P = 5 %). Značajno najviša koncentracija magnezija u listu, neovisno o reakciji tla, utvrđena je u fenofazi berbe (0,48 % Mg/ST), a najniža u fenofazi cvatnje (0,27 % Mg/ST).

Tablica 20: Usporedbe prosjeka pojedinih uzorkovanja za magnezij, 2009.-2011. godina

uzorkovanje	2009. godina	2010. godina	2011. godina
1 (cvatnja)	0,24 b	0,23 b	0,27 c
2 (šara)	0,43 a	0,41 a	0,40 b
3 (berba)	0,46 a	0,40 a	0,48 a

Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Bonferronijevom testu, *, P≤0,05*.

4.3. Odnosi među kationima u lišću vinove loze

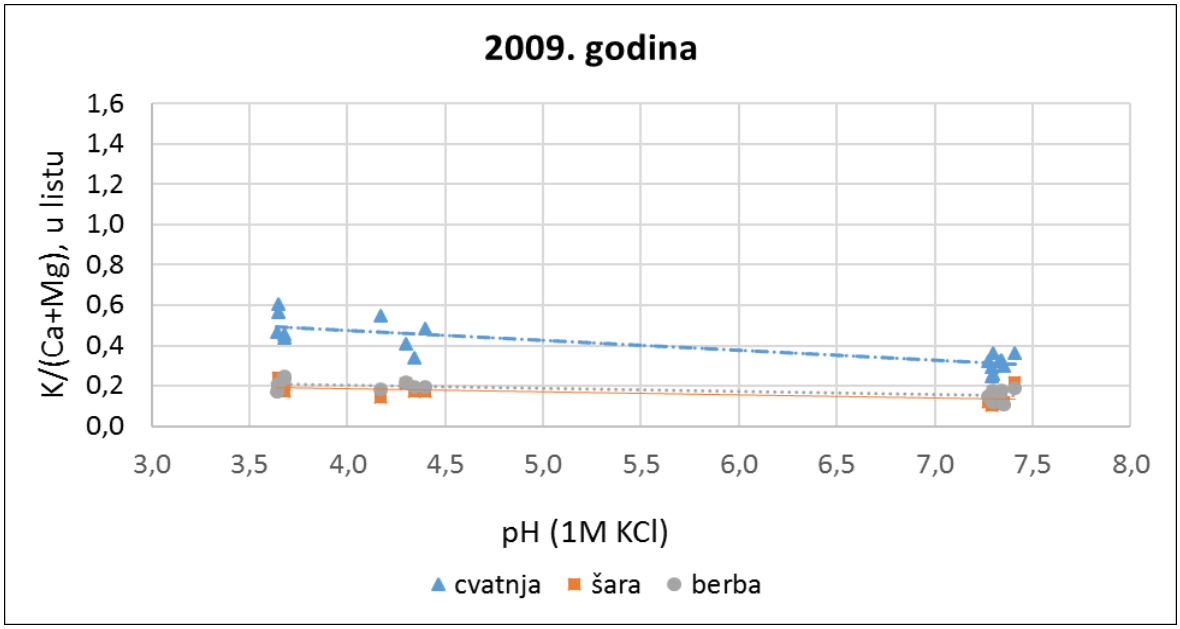
4.3.1. Kationski odnos (K/(Ca+Mg)) u lišću vinove loze

Rezultati analize varijance za kationski odnos u suhoj tvari lišća vinove loze K/(Ca+Mg) tijekom tri godine istraživanja (2009.-2011.) prikazani su u tablici 21. Iz tablice ANOVA-e vidljivo je da je značajan utjecaj na kationski odnos u lišću vinove loze u sve tri godine istraživanja imala pH vrijednost tla te fenofaza rasta i razvoja, a utvrđena je i značajna interakcija fenofaze razvoja i pH vrijednosti tla.

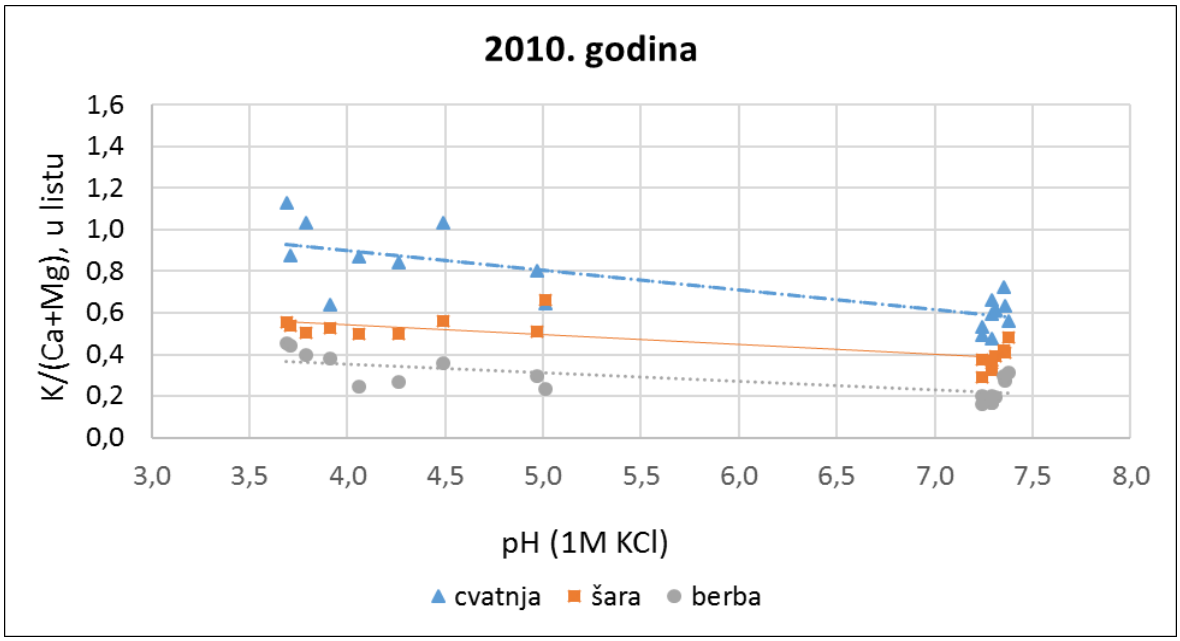
Tablica 21: Rezultati analize varijance za kationski odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina

		2009. godina	2010. godina	2011. godina
Izvor varijabilnosti	**DF**	**Pr > F**	**Pr > F**	**Pr > F**
pH	1	<,0001	<,0001	<,0001
fenofaza	2	<,0001	<,0001	<,0001
pH x fenofaza	2	0,0001	0,0116	<,0001
pogreška	48			

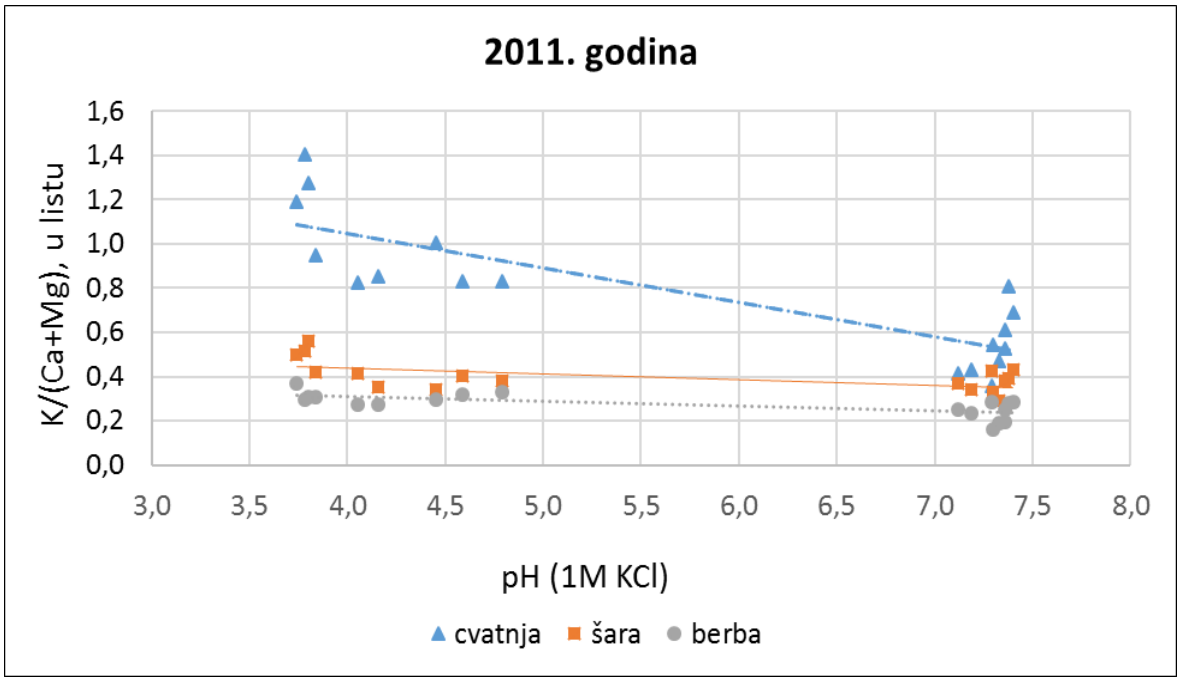
Regresijskom analizom utvrđeno je da odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze tijekom sve tri godine istraživanja (grafikon 17, 18 i 19) neznatno pada za sve tri fenofaze rasta ako je pH vrijednost u tlu veća za jediničnu vrijednost (u 2009. godini r = -0,0505; -0,0164 i -0,015, u 2010. godini r = -0,0948, -0,0467 i -0,0425 i u 2011. godini r = -0,1551, -0,0261 i -0,0222).



Grafikon 17: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze u 2009. godini



Grafikon 18: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze u 2010. godini



Grafikon 19: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze u 2011. godini

U tablici 22 prikazane su srednje vrijednosti kationskog odnosa u suhoj tvari lišća vinove loze tijekom istraživanja (2009.-2011. godina). Značajno širi prosječni odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze, utvrđen je na kiselom tlu (0,29; 0,58; 0,59) u odnosu na alkalno tlo (0,20; 0,40; 0,38). Najširi odnos K/(Ca+Mg) u listu (1,41) utvrđen je u 2011. godini u fenofazi cvatnje na kiselom tlu, dok je najuži odnos (0,10) utvrđen u fenofazi šare na alkalnom tlu u 2009. godini.

Tablica 22: Kationski odnos K/(Ca+Mg) u listu vinove loze, 2009.-2011. godina

			2009. godina			2010. godina			2011. godina		
tlo	**pH 1M KCl**	**fenofaza**	**min**	**max**	**prosjek**	**min**	**max**	**prosjek**	**min**	**max**	**prosjek**
kiselo tlo	3,54-5,01	cvatnja	0,34	0,60	**0,48**	0,64	1,13	**0,87**	0,83	1,41	**1,02**
		šara	0,14	0,24	**0,19**	0,50	0,66	**0,54**	0,34	0,56	**0,43**
		berba	0,17	0,25	**0,21**	0,24	0,45	**0,34**	0,27	0,37	**0,31**
		prosjek	0,22	0,36	**0,29**	0,46	0,75	**0,58**	0,48	0,78	**0,59**
alkalno tlo	7,01-7,41	cvatnja	0,25	0,36	**0,31**	0,47	0,72	**0,59**	0,36	0,81	**0,54**
		šara	0,10	0,22	**0,14**	0,29	0,48	**0,38**	0,27	0,43	**0,36**
		berba	0,11	0,19	**0,15**	0,16	0,32	**0,22**	0,16	0,28	**0,24**
		prosjek	0,15	0,26	**0,20**	0,31	0,51	**0,40**	0,26	0,51	**0,38**

Značajno najširi K/(Ca+Mg) odnos u lišću vinove loze u 2009. godini (tablica 23), na kiselom i na alkalnom tlu, utvrđen je u fenofazi cvatnje (0,39) i značajno se razlikuje (P = 5 %) od odnosa u fenofazama šare i berbe koje se međusobno nisu razlikovale. U 2010. i 2011. godini kationski odnos (tablica 22) u lišću vinove loze u sve tri fenofaze, značajno se razlikuje (P = 5 %). Značajno najširi odnos K/(Ca+Mg) u listu i na kiselom i alkalnom tlu, utvrđen je u fenofazi cvatnje (0,73 i 0,78), a najuži u fenofazi berbe (0,28 i 0,27).

Tablica 23: Usporedbe prosjeka pojedinih uzorkovanja za K/(Ca+Mg), 2009.-2011. godina

uzorkovanje	2009. godina	2010. godina	2011. godina
1 (cvatnja)	0,39 a	0,73 a	0,78 a
2 (šara)	0,16 b	0,46 b	0,40 b
3 (berba)	0,18 b	0,28 c	0,27 c

Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Bonferronijevom testu, *, P≤0,05*.

4.3.2. Odnosi između kalija i kalcija (K/Ca) u lišću vinove loze

Rezultati analize varijance za odnos K/Ca u suhoj tvari lišća vinove loze u tri godine istraživanja (2009.-2011.) prikazani su u tablici 24. Iz tablice je vidljivo da je značajan utjecaj na odnos K/Ca u lišću vinove loze u 2009. i 2011. godini imala pH reakcija tla te fenofaza razvoja, a utvrđen je i interakcijski učinak pH x fenofaza. U 2010. godini značajan utjecaj na odnos K/Ca u lišću vinove loze imala je pH vrijednost tla te fenofaza, ali nije utvrđen interakcijski učinak pH x fenofaza.

Tablica 24: Rezultati analize varijance za odnos K/Ca u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina

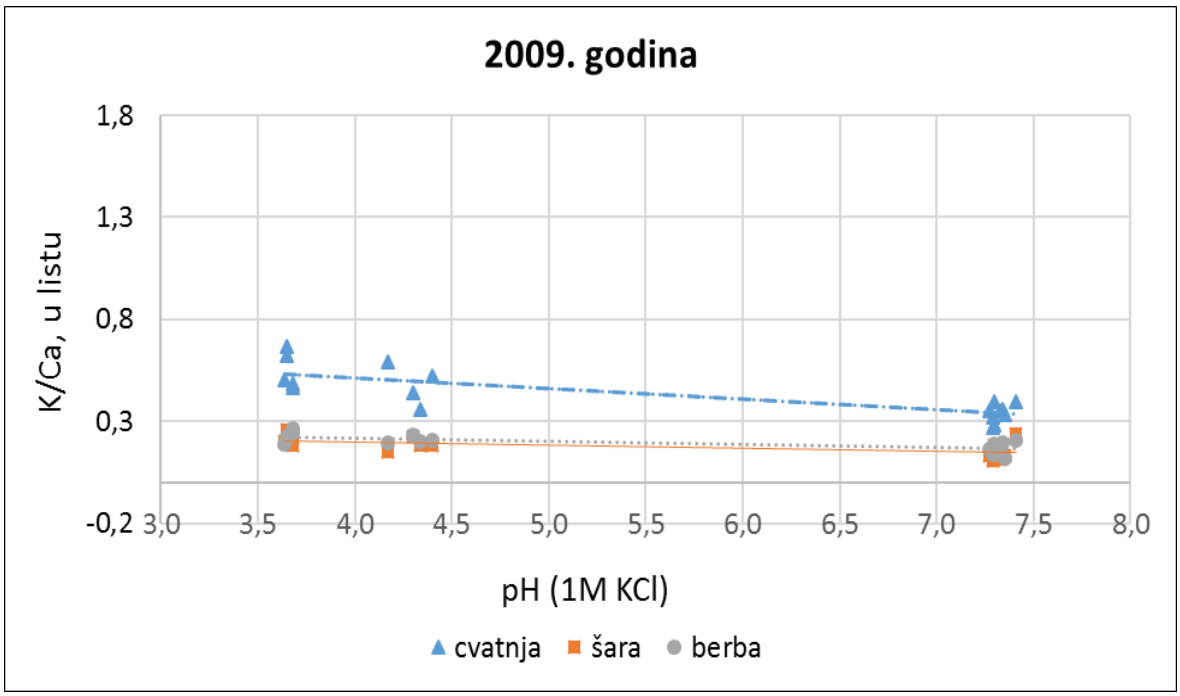
		2009. godina	2010. godina	2011. godina
Izvor varijabilnosti	**DF**	**Pr > F**	**Pr > F**	**Pr > F**
pH	1	<,0001	<,0001	<,0001
fenofaza	2	<,0001	<,0001	<,0001
pH x fenofaza	2	0,0001	0,065	<,0001
pogreška	48			

Iz grafikona 20, koji prikazuje korelaciju odnosa K/Ca u lišću vinove loze s reakcijom tla, vidljivo je da K/Ca odnos neznatno pada ako se poveća pH za jediničnu vrijednost (r = -0,0534, -0,0151 i -0,0164, fenofaze cvatnja, šara i berba). Interakcija fenofaze i pH pokazala se značajnom (P = 0,0001).

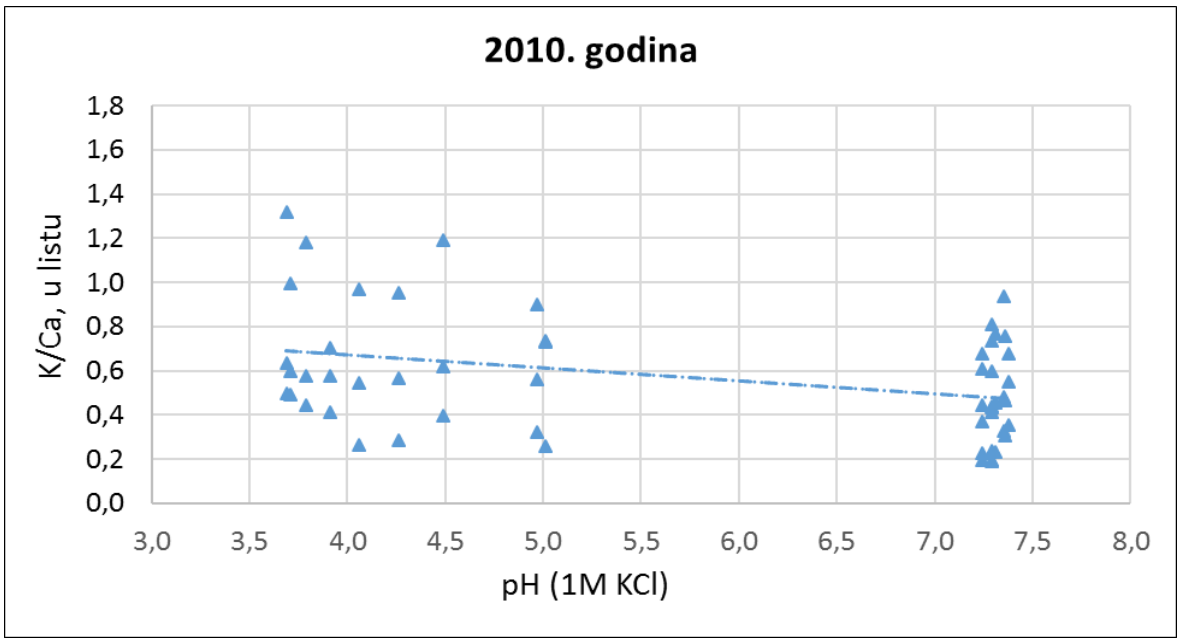
Regresijskom analizom utvrđeno je da odnos K/Ca u lišću vinove loze u 2010. godini neznatno pada (grafikon 21) ako je pH vrijednost u tlu veća za jediničnu vrijednost (r =

-0,0587). Nije utvrđena značajna interakcija pH x fenofaza pa se odnos može prikazati samo jednim regresijskim pravcem (P = 0,065).

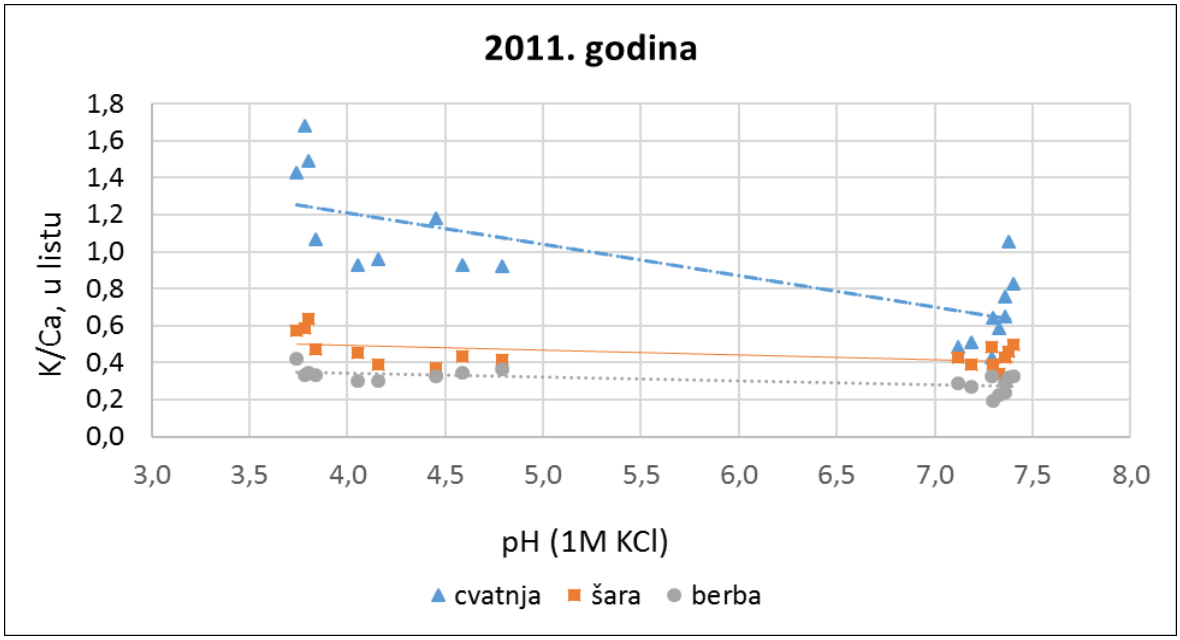
Odnos K/Ca (grafikon 22) u lišću vinove loze u 2011. godini neznatno pada ako je pH vrijednost u tlu veća za jediničnu vrijednost (r = -0,1693, -0,0256 i -0,0204, fenofaze cvatnja, šara i berba). Interakcija pH x fenofaza pokazala se značajnom (P = 0,0001).



Grafikon 20: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/Ca u lišću vinove loze u 2009. godini



Grafikon 21: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/Ca u lišću vinove loze u 2010. godini



Grafikon 22: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/Ca u lišću vinove loze u 2011. godini

U tablici 25 prikazane su srednje vrijednosti odnosa K/Ca u suhoj tvari lišća vinove loze tijekom godina istraživanja (2009.-2011.godina). Iz tablice je vidljivo da je u sve tri godine istraživanja značajno širi prosječni odnos K/Ca u lišću utvrđen na kiselom tlu (0,31; 0,65; 0,67) u odnosu na alkalno tlo (0,22; 0,48; 0,45). Najširi odnos K/Ca (1,68) u lišću vinove loze utvrđen je u fenofazi cvatnje na kiselom tlu u 2011. godini, a najuži u fenofazi šare (0,11) na alkalnom tlu u 2009. godini.

Tablica 25: Odnos K/Ca u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina

			2009. godina			2010. godina			2011. godina		
tlo	**pH 1M KCl**	**fenofaza**	**min**	**max**	**prosjek**	**min**	**max**	**prosjek**	**min**	**max**	**prosjek**
kiselo tlo	3,54-5,01	cvatnja	0,36	0,66	**0,52**	0,70	1,32	**0,99**	0,92	1,68	**1,18**
		šara	0,15	0,26	**0,20**	0,54	0,73	**0,60**	0,37	0,54	**0,48**
		berba	0,19	0,26	**0,22**	0,26	0,50	**0,37**	0,30	0,42	**0,34**
		prosjek	0,23	0,39	**0,31**	0,50	0,85	**0,65**	0,53	0,88	**0,67**
alkalno tlo	7,01-7,41	cvatnja	0,27	0,40	**0,34**	0,60	0,94	**0,73**	0,43	1,06	**0,66**
		šara	0,11	0,24	**0,15**	0,37	0,55	**0,45**	0,31	0,50	**0,41**
		berba	0,12	0,20	**0,17**	0,19	0,35	**0,25**	0,19	0,33	**0,28**
		prosjek	0,17	0,28	**0,22**	0,39	0,61	**0,48**	0,31	0,63	**0,45**

Značajno najširi odnos K/Ca u lišću vinove loze (tablica 26), na kiselom i na alkalnom tlu, utvrđen je u 2009. godini u fenofazi cvatnje (0,43) i značajno se razlikuje (P = 5 %) od odnosa u fenofazama šare i berbe koje se međusobno nisu razlikovale. Odnos K/Ca u

lišću vinove loze u 2010. i 2011. godini, u sve tri fenofaze značajno se razlikuje (P = 5 %). Značajno najširi odnos, utvrđen je u fenofazi cvatnje (0,86 i 0,92), a najuži u fenofazi berbe (0,31 i 0,31).

Tablica 26: Usporedbe prosjeka pojedinih uzorkovanja za K/Ca, 2009.-2011. godina

uzorkovanje	2009. godina	2010. godina	2011. godina
1 (cvatnja)	0,43 a	0,86 a	0,92 a
2 (šara)	0,17 b	0,53 b	0,45 b
3 (berba)	0,19 b	0,31 c	0,31 c

Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Bonferronijevom testu, *, P≤0,05*.

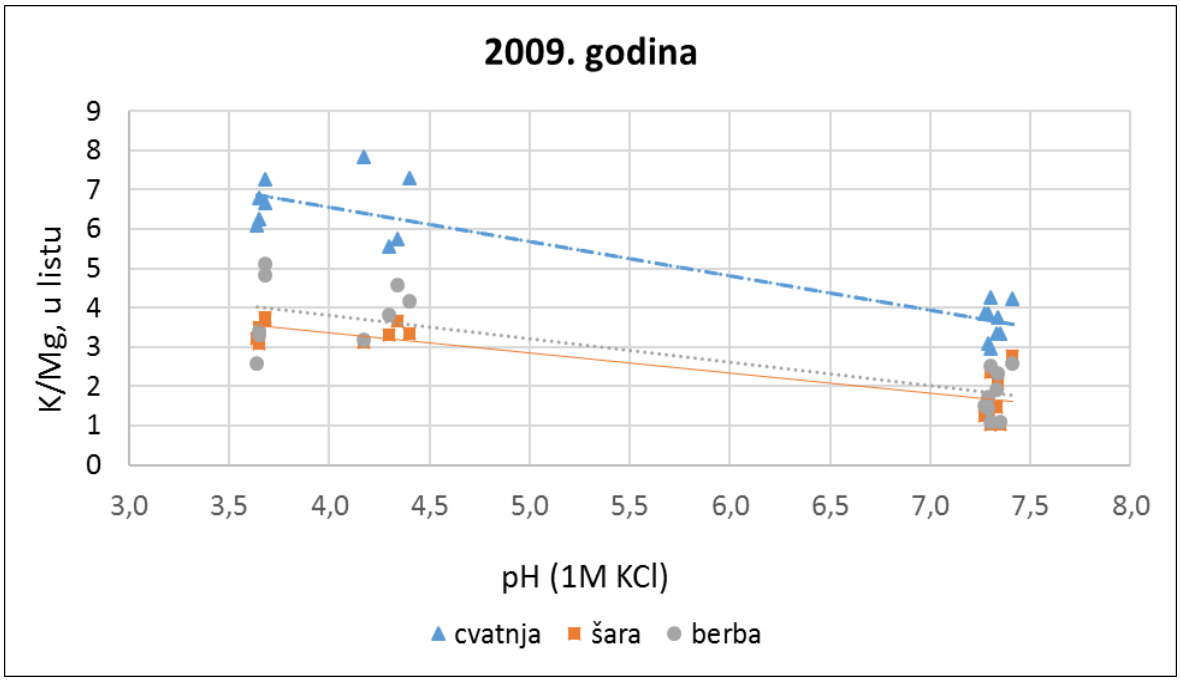
4.3.3. Odnosi između kalija i magnezija (K/Mg) u lišću vinove loze

Rezultati analize varijance za odnos K/Mg u suhoj tvari lišća vinove loze u tri godine istraživanja (2009.-2011.) prikazani su u tablici 27. Iz tablice ANOVA-e vidljivo je da je značajan utjecaj na odnos K/Mg u lišću vinove loze u sve tri godine istraživanja imala pH vrijednost tla te fenofaza razvoja. Utvrđen je i interakcijski učinak pH x fenofaza.

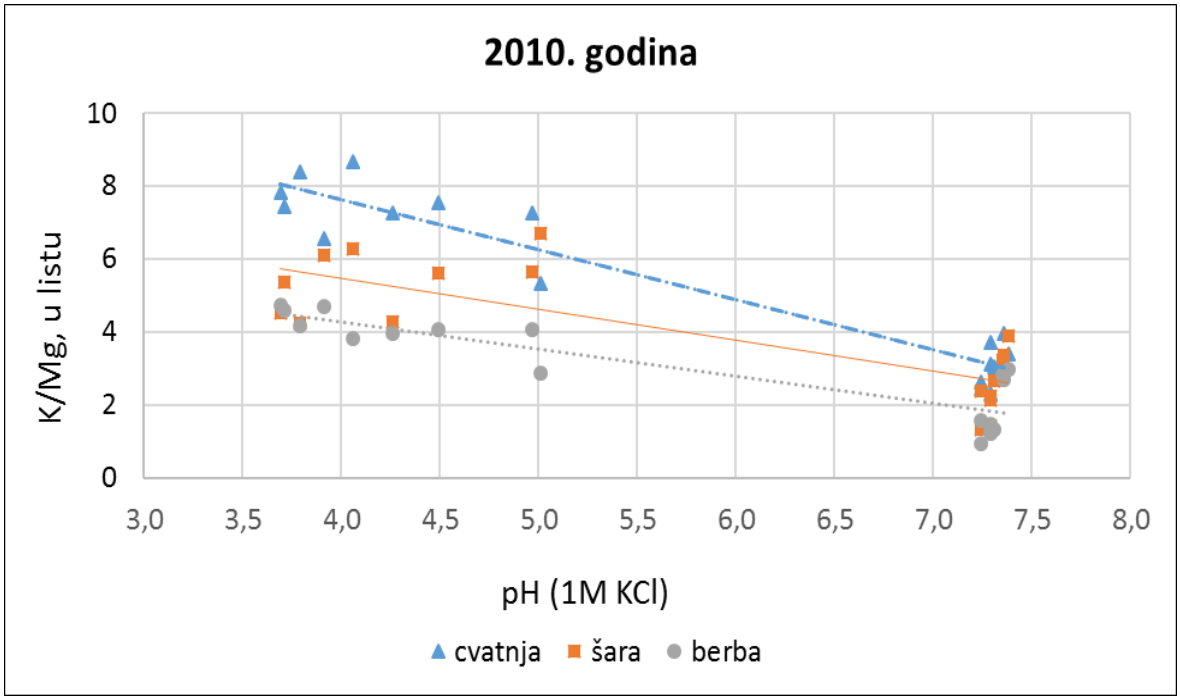
Tablica 27: Rezultati analize varijance za odnos K/Mg) u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina

		2009. godina	2010. godina	2011. godina
Izvor varijabilnosti	**DF**	**Pr > F**	**Pr > F**	**Pr > F**
pH	1	<,0001	<,0001	<,0001
fenofaza	2	<,0001	<,0001	<,0001
pH x fenofaza	2	0,018	0,0016	<,0001
pogreška	48			

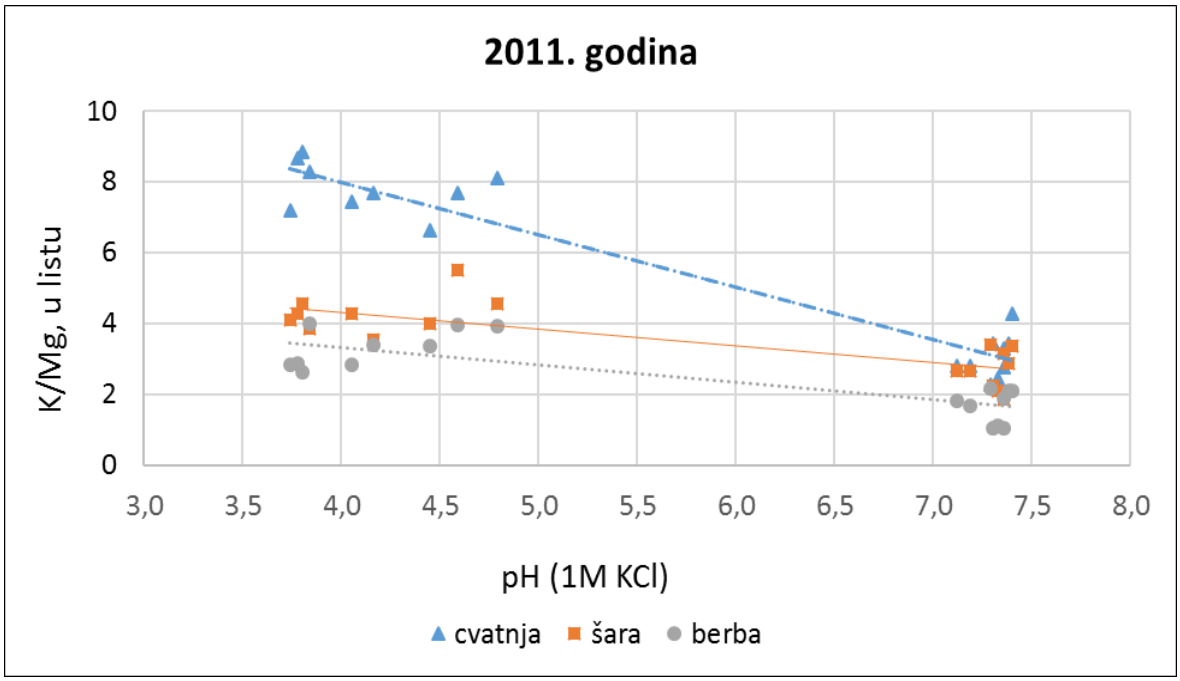
Regresijskom analizom utvrđeno je da odnos K/Mg (grafikoni 23, 24 i 25) u lišću vinove loze u sve tri godine istraživanja i u sve tri fenofaze razvoja pada ako je pH vrijednost u tlu veća za jediničnu vrijednost (u 2009. godini r = -0,8689, -0,5107 i -0,5970, u 2010. godini r = -1,3653, -0,8472 i -0,7434; u 2011. godini r = -1,4809, -0,4708 i -0,4822). Interakcija fenofaze i pH pokazala se, također, značajnom za sve tri godine (P = 0,018; 0,0016 i <,0001).



Grafikon 23: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/Mg u lišću vinove loze u 2009. godini



Grafikon 24: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/Mg u lišću vinove loze u 2010. godini



Grafikon 25: Utjecaj reakcije tla na dinamiku K/Mg u lišću vinove loze u 2011. godini

U tablici 28 prikazane su srednje vrijednosti odnosa K/Mg u suhoj tvari lišća vinove loze u tri godine istraživanja (2009.-2011.). Značajno najširi prosječni odnos K/Mg u lišću vinove loze i na kiselom i na alkalnom tlu, u sve tri godine istraživanja, utvrđen je u fenofazi cvatnje. Iz tablice je vidljivo da je puno širi odnos u lišću vinove loze utvrđen na kiselom tlu (4,64; 5,63; 5,15) u odnosu na alkalno tlo (2,36; 2,47; 2,47). Najširi odnos K/Mg (8,85) u lišću utvrđen je u fenofazi cvatnje na kiselom tlu u 2011. godini, a najuži odnos K/Mg (0,92) u lišću vinove loze utvrđen je u fenofazi berbe na alkalnom tlu u 2010. godini.

Tablica 28: Odnos K/Mg u lišću vinove loze, 2009.-2011. godina

			2009. godina			2010. godina			2011. godina		
tlo	**pH 1M KCl**	**fenofaza**	**min**	**max**	**prosjek**	**min**	**max**	**prosjek**	**min**	**max**	**prosjek**
kiselo tlo	3,54-5,01	cvatnja	5,56	7,85	**6,61**	5,33	8,65	**7,36**	6,64	8,85	**7,84**
		šara	3,09	3,76	**3,41**	4,25	6,71	**5,42**	3,53	5,51	**4,29**
		berba	2,58	5,12	**3,89**	2,86	4,74	**4,11**	2,62	3,98	**3,31**
		prosjek	3,74	5,58	**4,64**	4,15	6,70	**5,63**	4,26	6,11	**5,15**
alkalno tlo	7,01-7,41	cvatnja	2,98	4,25	**3,63**	2,29	3,95	**3,09**	2,26	4,26	**3,05**
		šara	1,04	2,79	**1,65**	1,32	3,89	**2,51**	1,86	3,39	**2,70**
		berba	1,09	2,58	**1,80**	0,92	2,97	**1,80**	1,03	2,17	**1,65**
		prosjek	1,70	3,21	**2,36**	1,51	3,60	**2,47**	1,72	3,27	**2,47**

Značajno najširi odnos K/Mg u lišću vinove loze (tablica 29), na kiselom i na alkalnom tlu, utvrđen je u 2009. godini u fenofazi cvatnje (5,12) i značajno se razlikuje (P = 5 %) od odnosa u fenofazama šare i berbe (2,53 i 2,85) koje se međusobno nisu razlikovale. Odnos K/Mg u lišću vinove loze u 2010. i 2011. godini, značajno se razlikuje (P = 5 %) u sve tri fenofaze rasta (tablica 29). Značajno najširi odnos K/Mg u lišću vinove loze u 2010. i 2011. godini, utvrđen je u fenofazi cvatnje (5,23 i 5,45), a najuži u fenofazi berbe (2,96 i 2,48), neovisno o reakciji tla.

Tablica 29: Usporedbe prosjeka pojedinih uzorkovanja za K/Mg, 2009.-2011. godina

uzorkovanje	2009. godina	2010. godina	2011. godina
1 (cvatnja)	5,12 a	5,23 a	5,45 a
2 (šara)	2,53b	3,97 b	3,49 b
3 (berba)	2,85 b	2,96 c	2,48 c

Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Bonferronijevom testu, *, P≤0,05*.

4.4. Mineralni sastav mošta

Utvrđeni mineralni sastav mošta (prosječne vrijednosti) za sve tri godine istraživanja (2009.-2011.) prikazan je u tablici 30.

Utvrđena suha tvar (ST) u moštu veća je u 2009. godini na tlu kisele reakcije, dok je u 2010. i 2011. godini veća na tlu alkalne reakcije.

Količine dušika u moštu bile su manje na kiselom tlu u odnosu na alkalno tlo dok su veće količine fosfora u moštu utvrđene na kiselom, a manje na alkalnom tlu, u sve tri godine istraživanja.

U odnosu na dušik i fosfor, najmanje i najveće količine kalija u moštu utvrđene su na kiselom tlu. Najmanja količina kalija u moštu utvrđena je na kiselom tlu u 2009. godini 1374,97 mg K L^{-1}, a najveća u 2011. godini 1769,62 mg K L^{-1} (gotovo 400 mg L^{-1} više). Utvrđene količine kalija u moštu u 2009. godini (tablica 30) veće su na tlu alkalne reakcije (Boričkа), dok su u 2010. i 2011. godini veće na tlu kisele reakcije (Rečki gaj).

Za razliku od kalija značajno veće vrijednosti kalcija i magnezija u moštu utvrđene su na alkalnom tlu u odnosu na kiselo tlo u sve tri godine istraživanja.

Tablica 30: Mineralni sastav mošta, 2009.-2011. godina

Parametar		2009. godina		2010. godina		2011. godina	
		Rečki gaj	Boričkа	Rečki gaj	Boričkа	Rečki gaj	Boričkа
		3,54-5,01	7,01-7,41	3,54-5,01	7,01-7,41	3,54-5,01	7,01-7,41
ST	%	4,51	4,28	4,45	4,63	3,84	5,35
N	mg L^{-1}	330,78	458,5	378,77	474,51	364,43	494,83
P	mg L^{-1}	142,07	128,82	179,28	129,52	184,2	126,19
K	mg L^{-1}	1374,97	1457,11	1537,00	1440,78	1769,62	1570,07
Ca	mg L^{-1}	152,94	217,24	154,72	209,47	164,19	219,31
Mg	mg L^{-1}	42,42	57,05	46,02	62,89	41,51	56,54
pH mošta		3,26	3,35	3,23	3,30	3,29	3,40

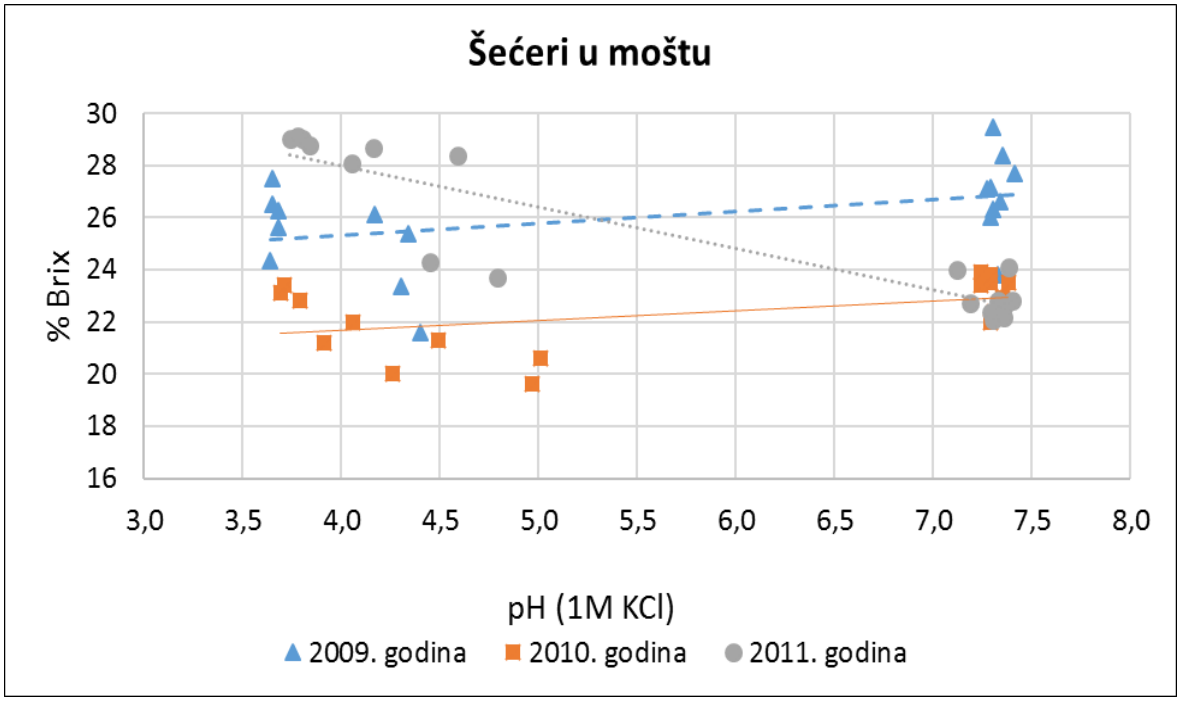
4.4.1. Šećeri u moštu

Rezultati analize varijance za koncentraciju šećera u moštu prikazani su u tablici 31 iz koje je vidljivo da na koncentraciju šećera u moštu nije značajno utjecala reakcija tla, ali je značajan utjecaj na koncentraciju šećera u moštu imala godina, a utvrđen je i interakcijski učinak pH x godina.

Tablica 31: Rezultati analize varijance za koncentraciju šećera u moštu, 2009.-2011. godina

Izvor varijabilnosti	DF	Pr > F
pH	1	0,06118
godina	2	<,0001
pH x godina	2	<,0001
pogreška	48	

Utvrđena koncentracija šećera u moštu varirala je ovisno o godini pa je tako u 2009. i 2010. godini bila viša na alkalnom tlu, dok je u 2011. godini koncentracija šećera u moštu bila viša na kiselom tlu (grafikon 26).



Grafikon 26: Utjecaj reakcije tla na dinamiku koncentracije šećera u moštu, 2009.-2011. godina

Veće koncentracije šećera u moštu (27,0 i 23,1 % Brixa) utvrđene su u 2009. i 2010. godini na alkalnom tlu (tablica 32), u odnosu na kiselo tlo (25,2 i 21,6 % Brixa), dok je u 2011. godini veća koncentracija šećera u moštu bila na kiselom tlu (27,7 % Brixa). Najveća prosječna koncentracija šećera u moštu utvrđena je u 2009. godini, neovisno o reakciji tla.

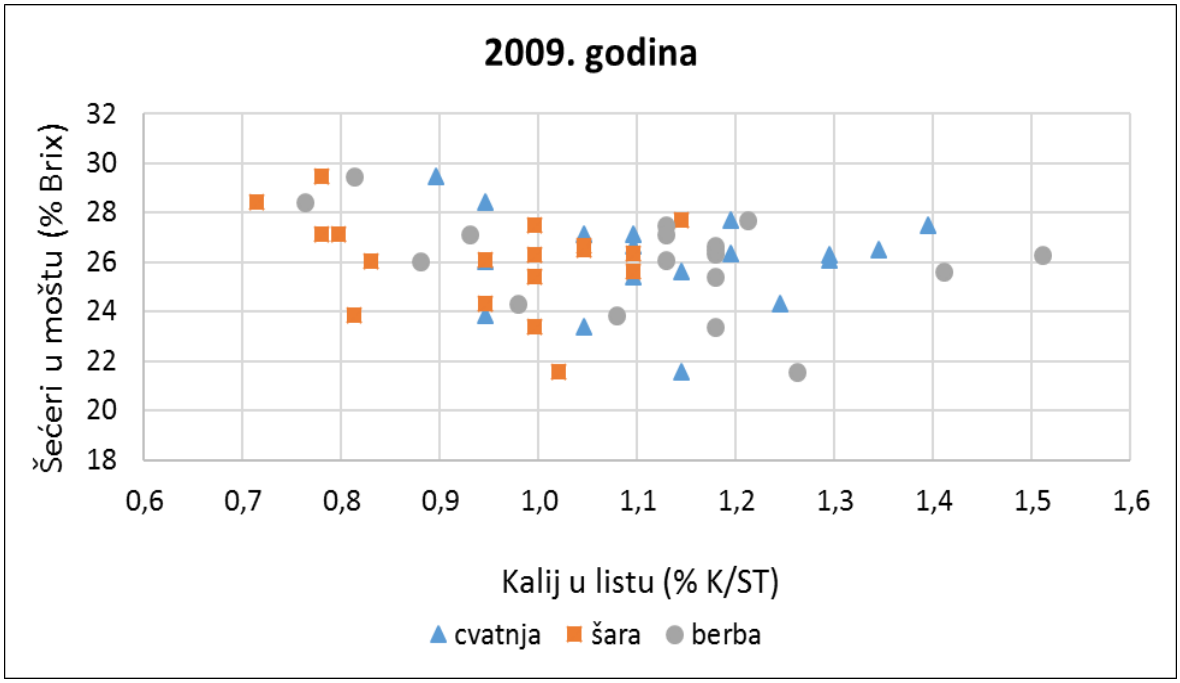
Najveća koncentracija šećera u moštu (29,5 % Brixa) utvrđena je u 2009. godini na alkalnom tlu, a najmanja koncentracija šećera (19,6 % Brixa) u moštu utvrđena je u 2010. godini na kiselom tlu.

Tablica 32: Koncentracija šećera u moštu (% Brixa), 2009.-2011. godina

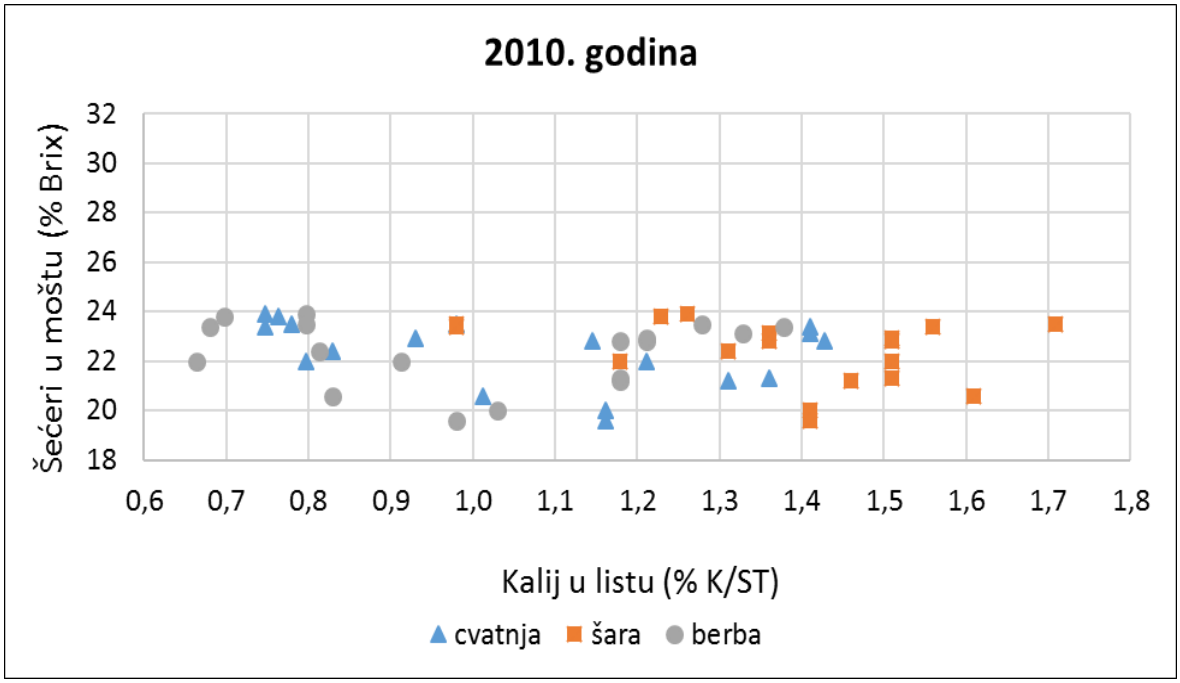
			% Brix		
tlo	**pH (1M KCl)**	**godina**	**min**	**max**	**prosjek**
kiselo tlo	3,54-5,01	2009.	21,6	27,5	**25,2**
		2010.	19,6	23,4	**21,6**
		2011.	23,7	29,1	**27,7**
		prosjek	21,6	26,7	**24,8**
alkalno tlo	7,01-7,41	2009.	23,8	29,5	**27,0**
		2010.	22,0	23,9	**23,1**
		2011.	22,1	24,0	**22,9**
		prosjek	22,6	25,8	**24,3**

4.4.1.1. Odnos kalija u lišću vinove loze i šećera u moštu

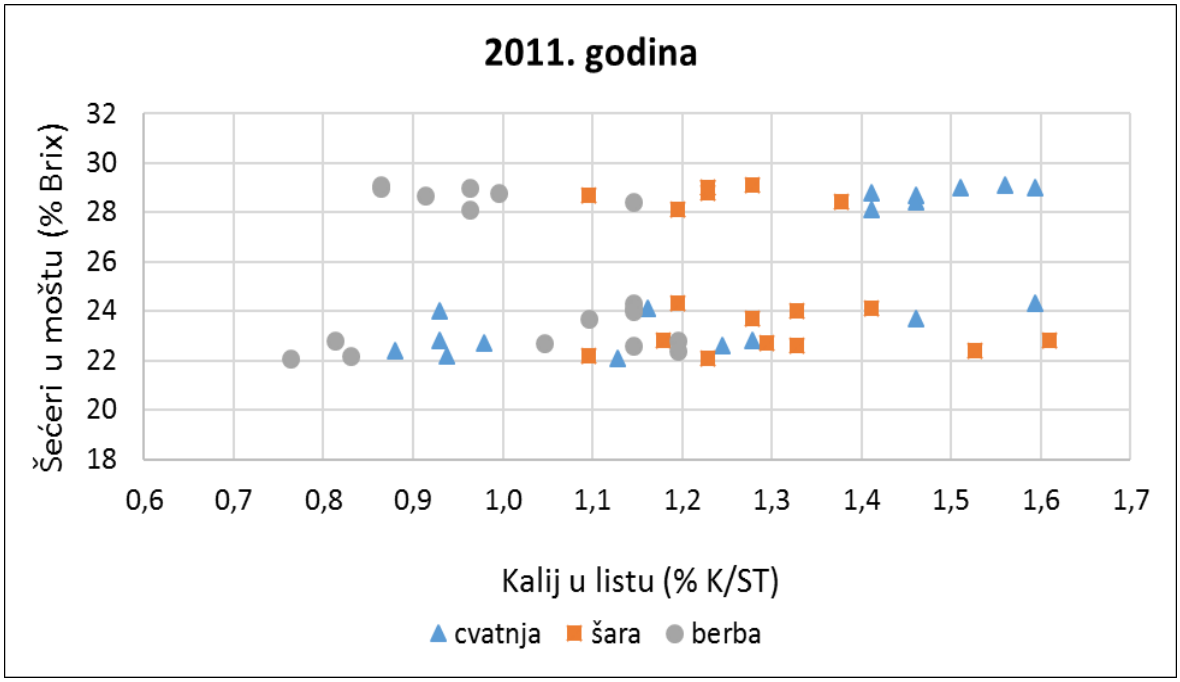
Nije utvrđena korelacija između koncentracije šećera u moštu i koncentracije kalija u lišću vinove loze ni za jednu fenofazu rasta i razvoja za 2009. i 2010. godinu. Pozitivna korelacija između šećera u moštu i koncentracije kalija u lišću (P = 1 %) utvrđena je u 2011. godini u fenofazi cvatnje, dok za fenofaze šaru i berbu nema korelacije (grafikon 27, 28 i 29).



Grafikon 27: Korelacija koncentracije šećera u moštu i koncentracija kalija u lišću vinove loze u 2009. godini



Grafikon 28: Korelacija koncentracije šećera u moštu i koncentracija kalija u lišću vinove loze u 2010. godini



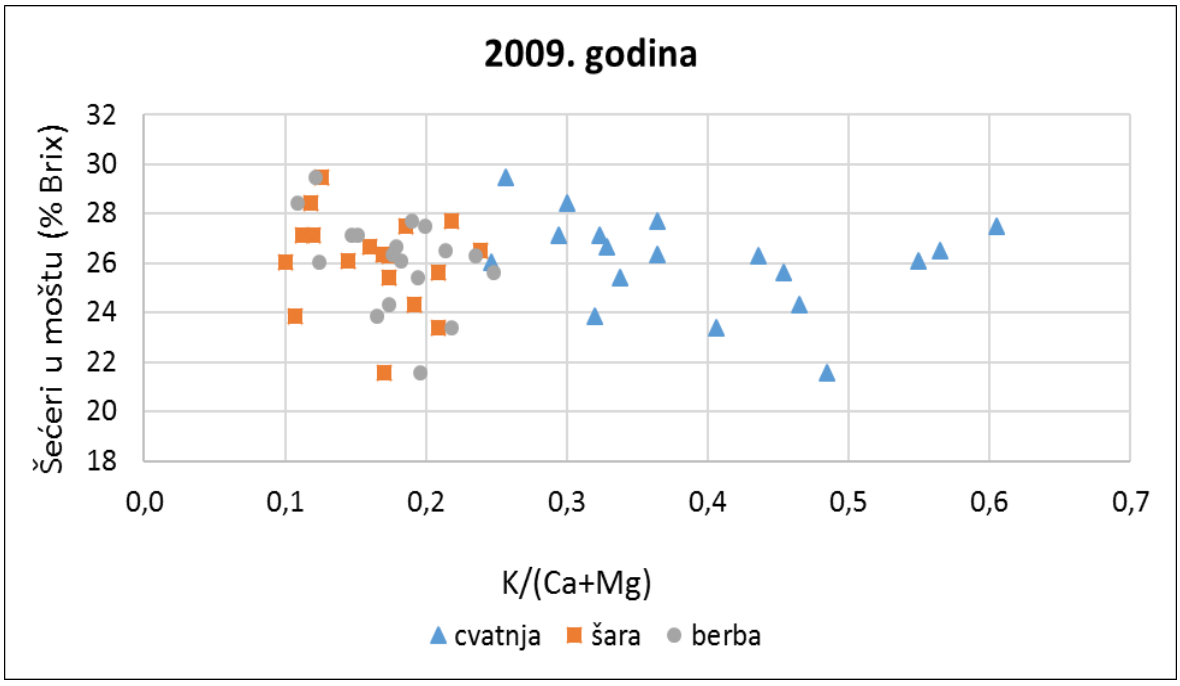
Grafikon 29: Korelacija koncentracije šećera u moštu i koncentracija kalija u lišću vinove loze u 2011. godini

4.4.1.2. Odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze i šećera u moštu

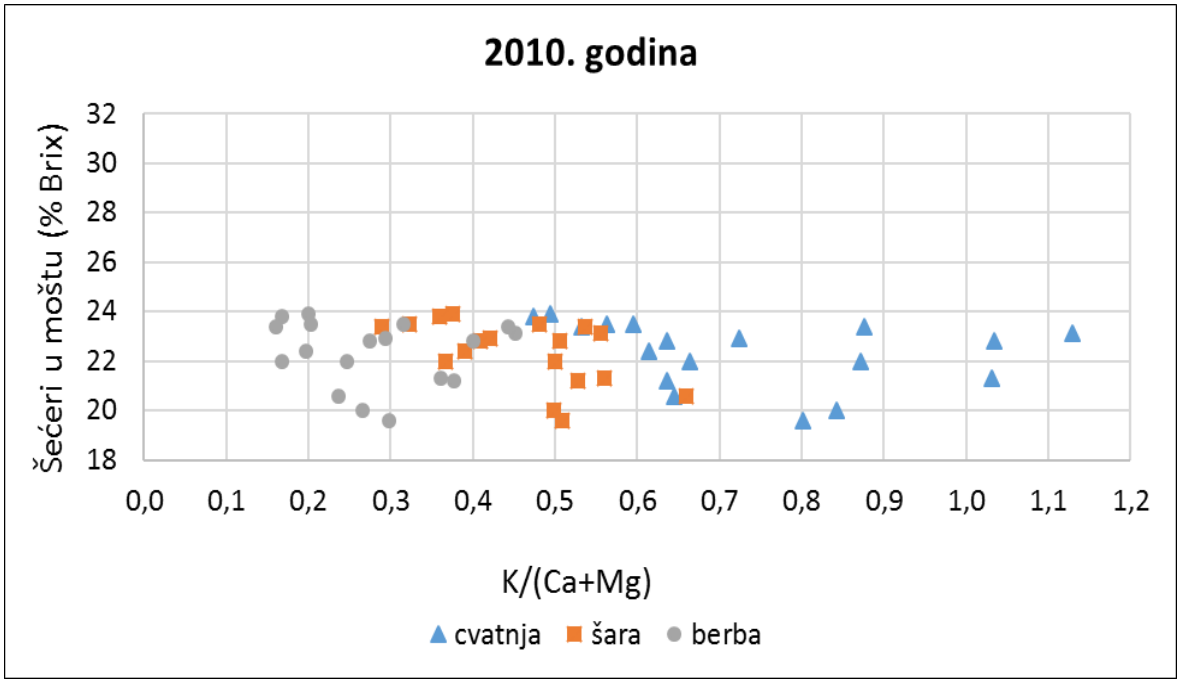
Nije utvrđena korelacija između kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze i šećera u moštu (grafikon 30) u istraživanjima tijekom 2009. godine.

Jaka negativna korelacija (r = -0,5554, P = 5 %) između K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze i šećera u moštu, utvrđena je u 2010. godini u fenofazi šare, dok u fenofazama cvatnje i berbe korelacija nije utvrđena (grafikon 31).

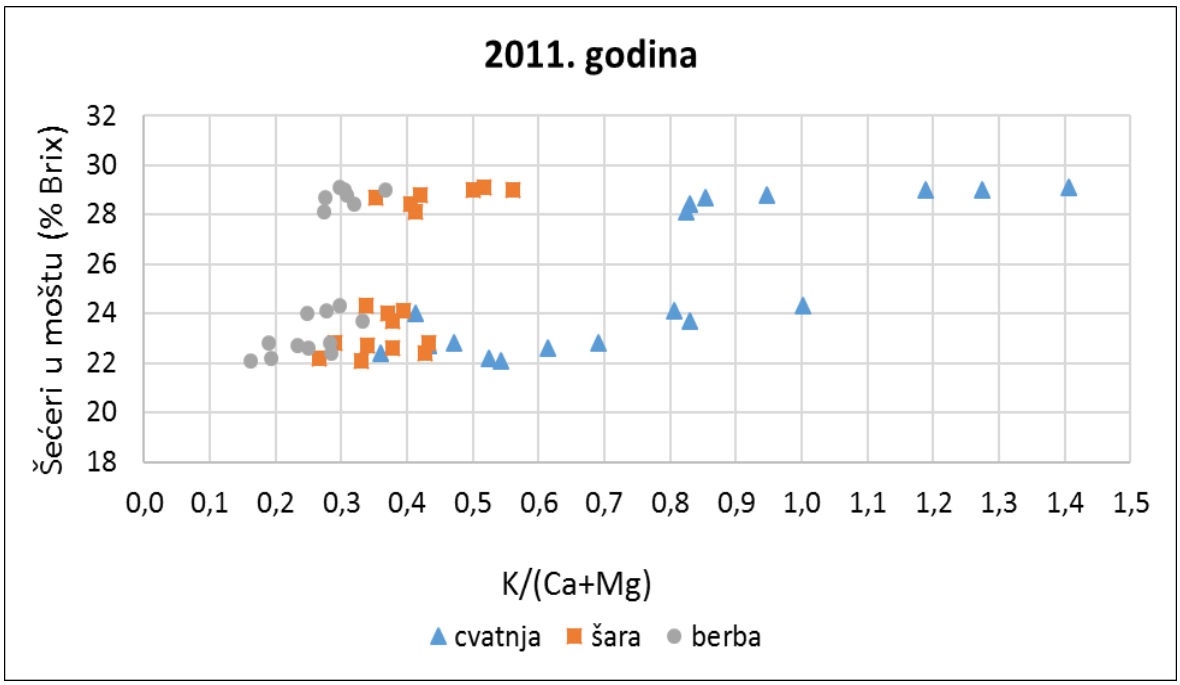
Jaka pozitivna korelacija između šećera u moštu i K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze tijekom 2011. godine (grafikon 32) utvrđena je u svim fenofazama razvoja (r = 0,801; 0,658; 0,639; P = 1 %).



Grafikon 30: Korelacija kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću i koncentracije šećera u moštu u 2009. godini



Grafikon 31: Korelacija kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću i koncentracije šećera u moštu u 2010. godini



Grafikon 32: Korelacija kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću i koncentracije šećera u moštu u 2011. godini

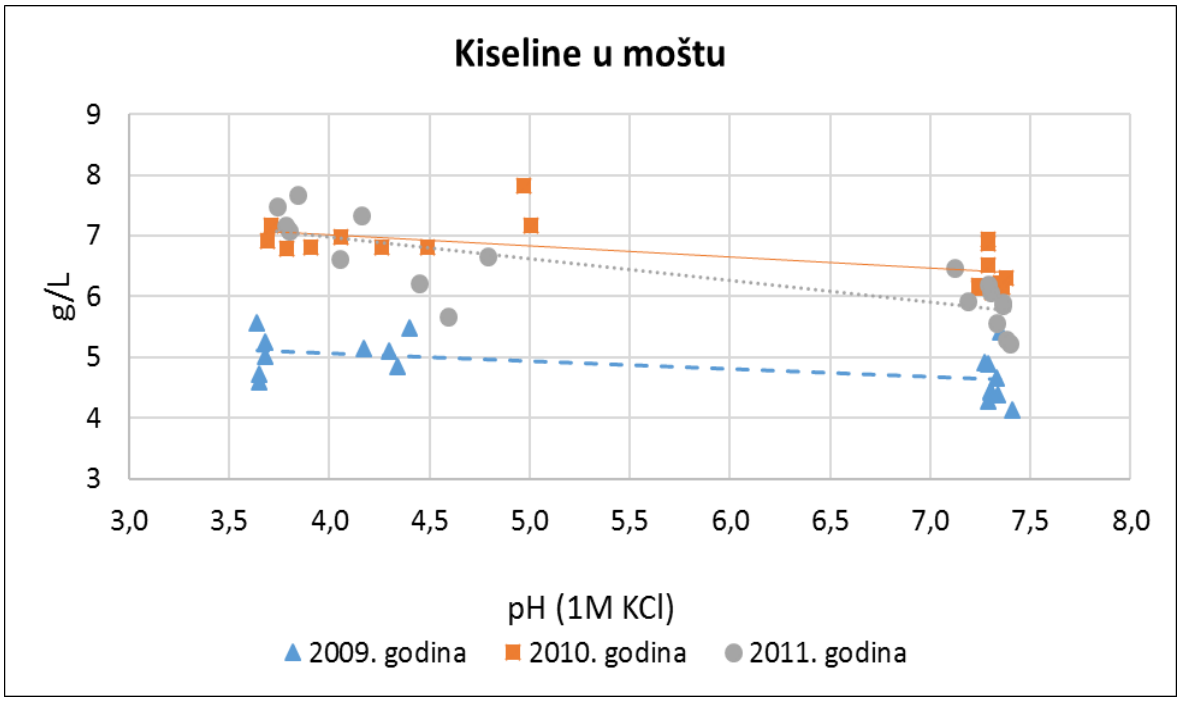
4.4.2. Kiseline u moštu

Rezultati analize varijance za koncentraciju ukupnih kiselina u moštu, u sve tri istraživane godine, prikazani su u tablici 33. Značajan utjecaj na koncentraciju ukupnih kiselina u moštu tijekom istraživanja imala je pH vrijednost tla i godina. Interakcija između pH vrijednosti tla i godine uzorkovanja pokazala se značajnom.

Tablica 33: Rezultati analize varijance za koncentraciju ukupnih kiselina u moštu, 2009.-2011. godina

Izvor varijabilnosti	DF	Pr > F
pH	1	<,0001
godina	2	<,0001
pH x godina	2	0,0236
pogreška	48	

Regresijskom analizom (grafikon 33) utvrđeno je da koncentracija kiselina u moštu pada ako se poveća pH za jediničnu vrijednost (P = 1 %).
Utvrđena koncentracija ukupnih kiselina u moštu, u sve tri godine istraživanja, varirala je ovisno o godini pa je tako u 2010. godini bila najviša, u 2011. godini malo niža, a najniža koncentracija kiselina u moštu bila je u 2009. godini (grafikon 33).



Grafikon 33: Utjecaj reakcije tla na dinamiku koncentracije ukupnih kiselina u moštu, 2009.-2011. godina

U svim godinama istraživanja manje koncentracije ukupnih kiselina u moštu utvrđene su na alkalnom tlu u odnosu na kisela tla. Najmanja koncentracija ukupnih kiselina (4,14 g L^{-1}) utvrđena je 2009. godine na alkalnom tlu, dok je najveća koncentracija (7,83 g L^{-1}) utvrđena 2010. godine na kiselom tlu. Najveća koncentracija ukupnih kiselina u moštu utvrđena je u 2010. godini i na kiselom i na alkalnom tlu (tablica 34).

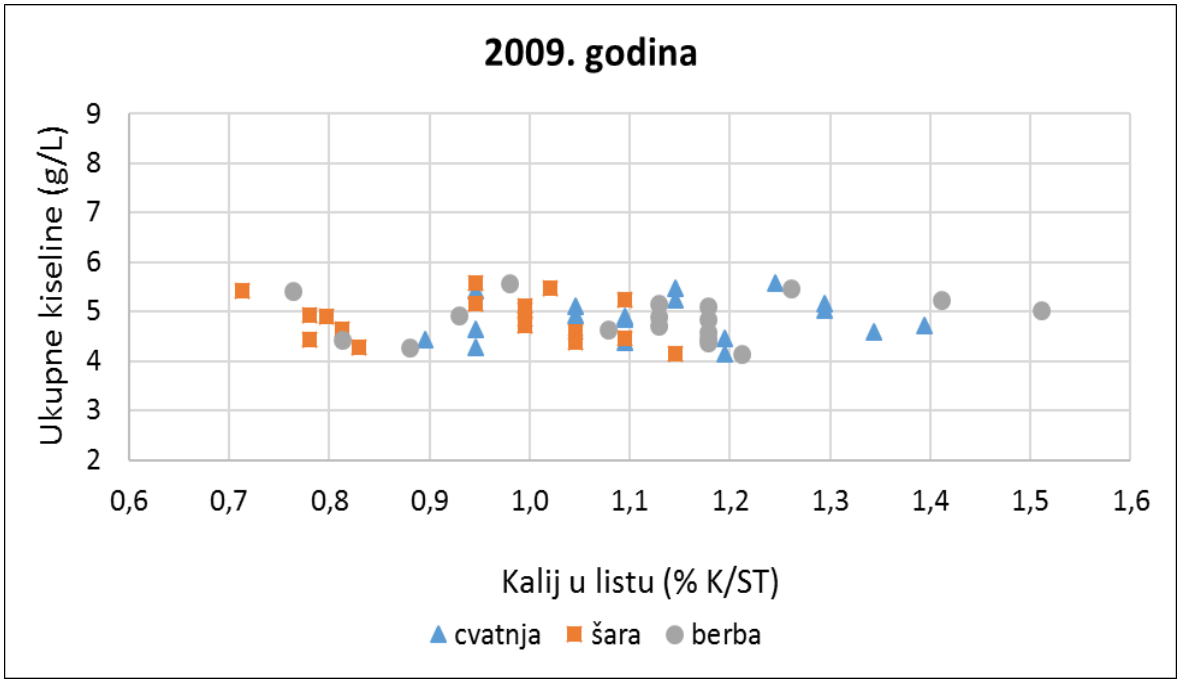
Tablica 34: Koncentracija ukupnih kiselina u moštu (g L^{-1}, izražene kao vinska kiselina), 2009.-2011. godina

			ukupne kiseline, g L^{-1}		
tlo	**pH (1M KCl)**	**godina**	**min**	**max**	**prosjek**
kiselo tlo	3,54-5,01	2009.	4,59	5,57	**5,08**
		2010.	6,78	7,83	**7,03**
		2011.	5,68	7,67	**6,88**
		prosjek	5,68	7,02	**6,33**
alkalno tlo	7,01-7,41	2009.	4,14	5,42	**4,62**
		2010.	6,07	6,93	**6,37**
		2011.	5,22	6,48	**5,84**
		prosjek	5,14	6,28	**5,61**

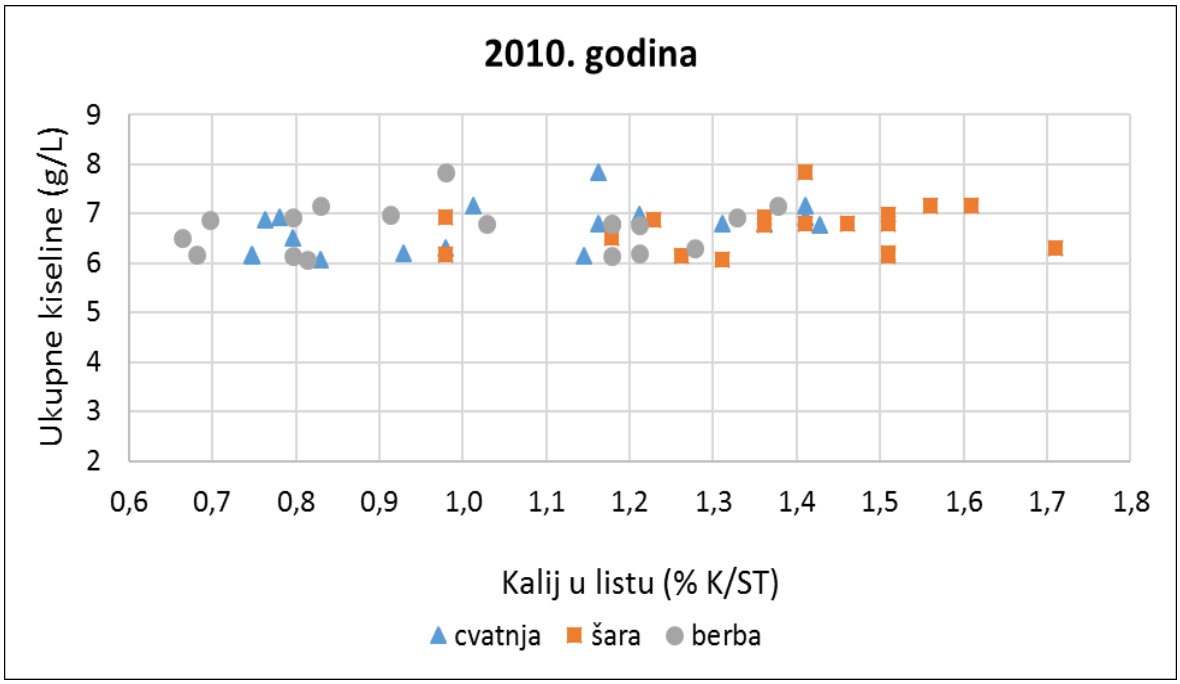
4.4.2.1. Odnos kalija u lišću vinove loze i ukupnih kiselina

Korelacija između koncentracije kalija u lišću vinove loze i ukupnih kiselina u moštu nije utvrđena u 2009. i 2010. godini (grafikon 34 i 35).

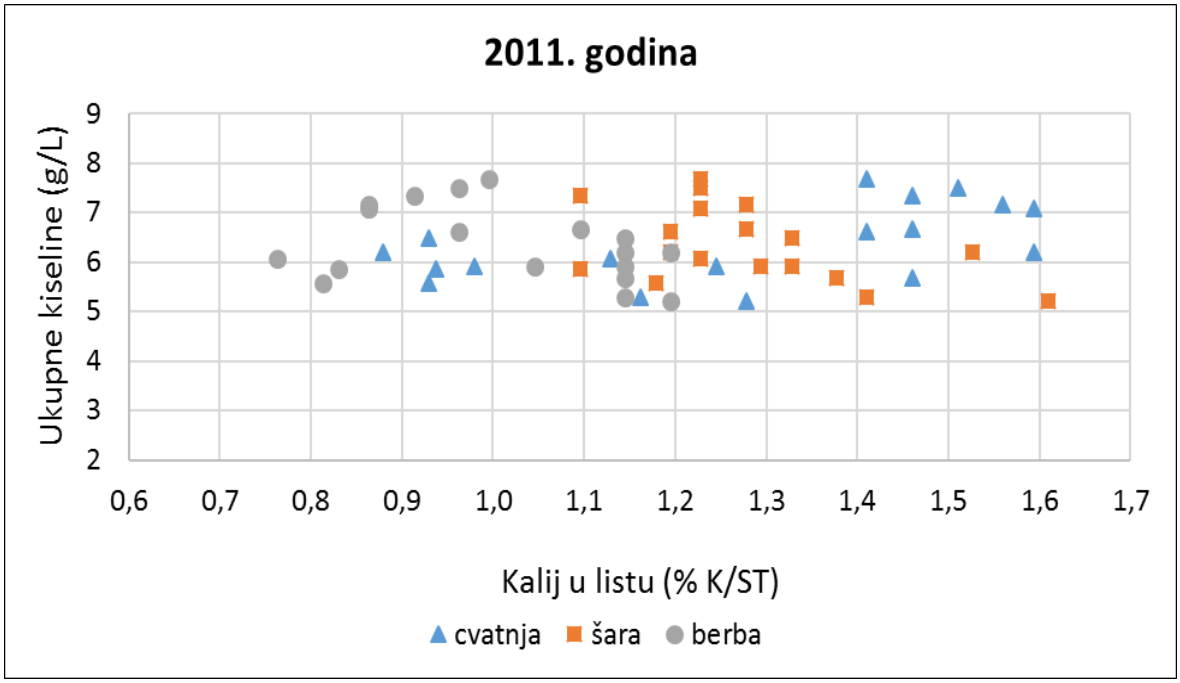
Jaka pozitivna korelacija (r = 0,5414, P = 5 %) za ukupne kiseline u moštu i koncentraciju kalija u lišću vinove loze u fenofazi cvatnje i srednja negativna korelacija (r = -0,4784, P = 5 %) u fenofazi šare utvrđena je u 2011. godini, dok u fenofazi berbe korelacija nije utvrđena (grafikon 36).



Grafikon 34: Korelacija ukupnih kiselina u moštu i kalija u lišću vinove loze u 2009. godini



Grafikon 35: Korelacija ukupnih kiselina u moštu i kalija u lišću vinove loze u 2010. godini



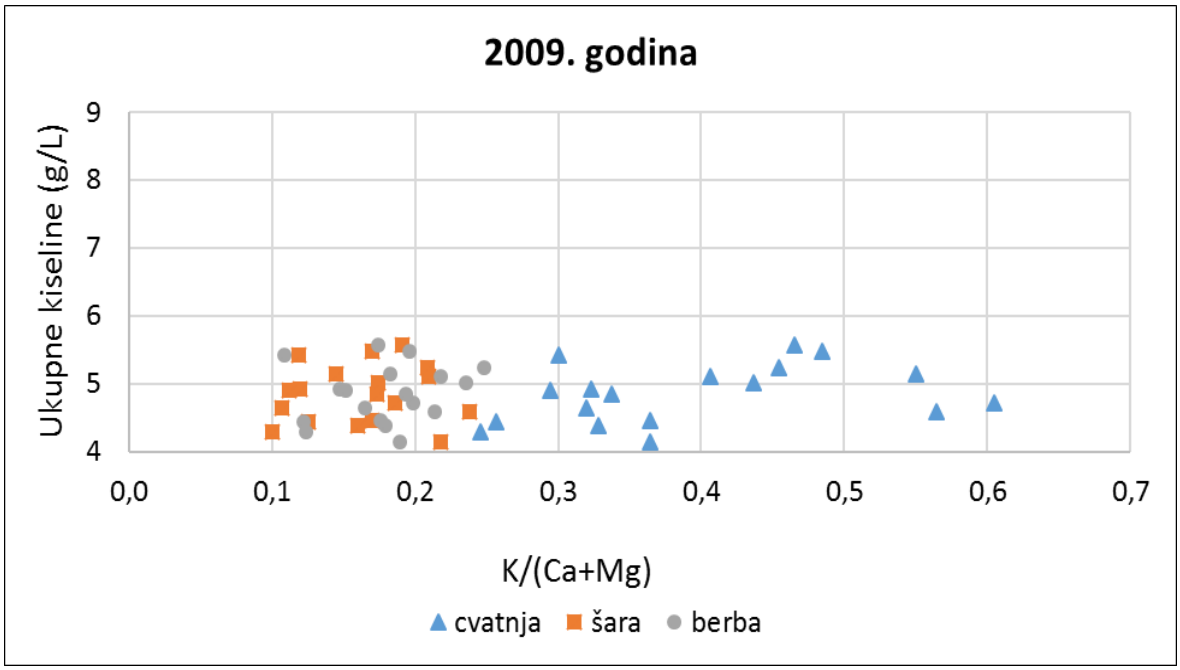
Grafikon 36: Korelacija ukupnih kiselina u moštu i kalija u lišću vinove loze u 2011. godini

4.4.2.2. Odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze i ukupnih kiselina

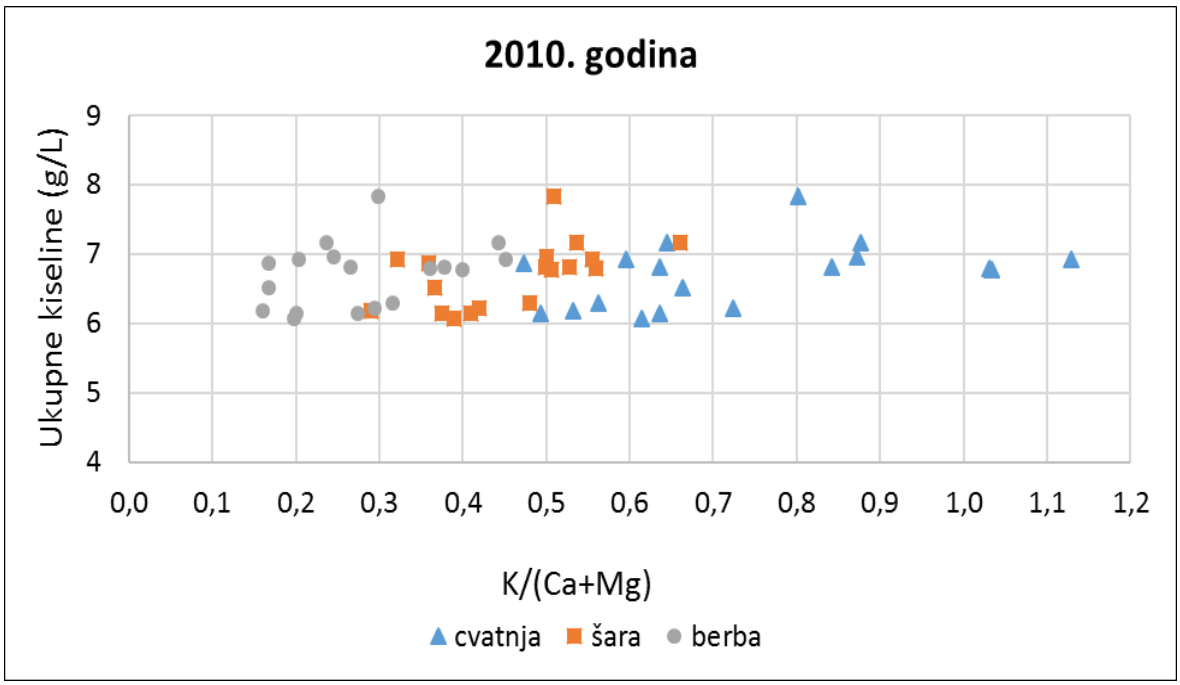
Nije utvrđena korelacija između kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze i ukupnih kiselina u moštu za 2009.godinu (grafikon 37).

Jaka pozitivna korelacija (r = 0,5561, P = 5 %) utvrđena je tijekom 2010. godine između K/(Ca+Mg) u lišću i ukupnih kiselina u moštu u fenofazi šare dok za fenofaze cvatnje i berbe, korelacija nije utvrđena (grafikon 38).

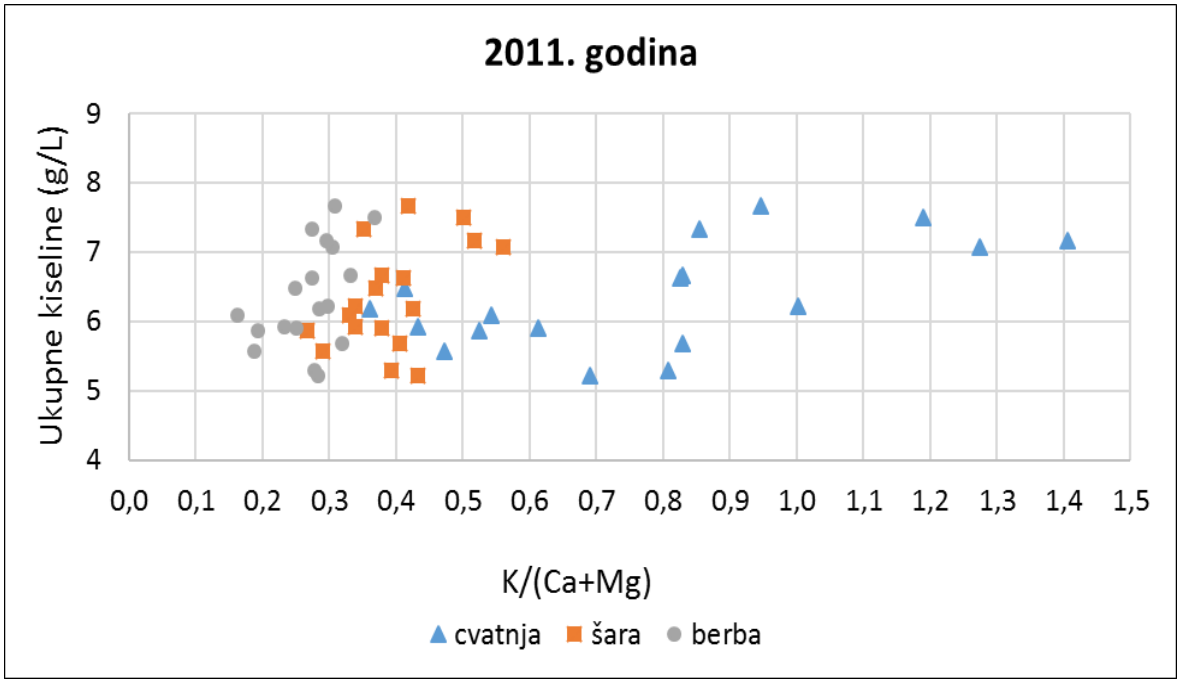
Jaka pozitivna korelacija između kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću i ukupnih kiselina u moštu (grafikon 39) utvrđena je tijekom istraživanja u 2011. godini za fenofazu cvatnje (r = 0,6001, P = 1 %), a za fenofaze šare i berbe utvrđena je srednja pozitivna korelacija (r = 0,4884 i 0,4849, P = 5 %).



Grafikon 37: Korelacija kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću i ukupnih kiselina u moštu u 2009. godini



Grafikon 38: Korelacija kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću i ukupnih kiselina u moštu u 2010. godini



Grafikon 39: Korelacija kationskog odnosa K/(Ca+Mg) u lišću i ukupnih kiselina u moštu u 2011. godini

5. RASPRAVA

Trogodišnja istraživanja provedena na kiselom i alkalnom tlu Plešivičkog vinogorja imala su za cilj utvrditi utjecaj reakcije tla na dinamiku kalija u lišću vinove loze i mineralni sastav mošta, kao i međusobni odnos kalija, kalcija i magnezija kroz fenofaze rasta i razvoja (cvatnja, šara i berba) te utjecaj istih na koncentraciju šećera i kiselina u moštu.

Pri valorizaciji dobivenih rezultata u obzir su uzeti svi relevantni biotski i abiotski čimbenici koji mogu utjecati na usvajanje hraniva, a posebno značenje pri tome imaju tlo, klima i biljka.

Istraživanje je provedeno na tlima težeg mehaničkog sastava (praškasto glinasta ilovača i praškasta glina) i širokog raspona pH vrijednosti (pH_{KCl} 3,54-7,41) u tri klimatski različite godine (2009.-2011.). Prema raspodjeli percentila temperaturne prilike svrstane su u kategoriju "ekstremno toplo vrijeme" za područje Plešivice u 2009. godini, a oborinske prilike svrstane su u kategoriju "normalno". U 2010. godini temperaturne prilike su u kategoriji "toplo vrijeme", a oborinske prilike su u kategoriji "vrlo kišno" dok su u 2011. godini temperaturne prilike u kategoriji "ekstremno toplo vrijeme", a oborinske prilike u kategoriji "ekstremno sušno". Različite kemijske i fizikalne karakteristike tla te klimatski uvjeti, nedvojbeno su utjecali na dinamiku usvajanja hraniva u vinovoj lozi stoga i rezultate dobivene u ovom istraživanju treba promatrati kroz zajedničko djelovanje različitih biotskih i abiotskih čimbenika.

Koncentracije zamjenjivog aluminija i fiziološki aktivnog vapna sigurno su jedan od čimbenika koji u značajnoj mjeri utječe na topivost i pristupačnost hraniva. Utvrđene koncentracije zamjenjivog aluminija na kiselom tlu kretale su se u rasponu od 0,56 do 37,59 mg Al^{3+} 100 g^{-1}, ovisno o pH vrijednosti tla (pH_{KCl} 3,54-5,0). Smanjene koncentracije zamjenjivog aluminija s povećanjem pH vrijednosti tla utvrdili su i Rout i sur. (2001) te Vitorello i sur. (2005). Koncentracije aktivnog vapna (% CaO) na alkalnom tlu (pH_{KCl} 7,01-7,41) kretale su se od 12,5 do 26,0 % CaO, a slične koncentracije (<20, 25 i 30 % CaO – ovisno o lokaciji) aktivnog vapna u karbonatnom tlu utvrdili su u svojim istaživanjima i Gluhić i sur. (2009).

Zanemarive razlike u koncentracijama fiziološki aktivnog kalija utvrđenog na kiselom tlu (7,40-29,00 mg K_2O/100 g) u odnosu na alkalno tlo (11,80-29,00 mg K_2O) ukazuju na činjenicu da je utjecaj reakcije tla na koncentraciju fiziološki aktivnog kalija u tlu beznačajan ukoliko se radi o antropogeniziranim tlima (vitisolima) gnojenim NPK gnojivima s naglašenim kalijem i tlima težeg mehaničkog sastava.

Sljedeći zaključak, koji se nameće na temelju dobivenih rezultata, je činjenica da nema značajnije poveznice između koncentracije zamjenjivog aluminija u tlu i koncentracije fiziološki aktivnog kalija. Do sličnih zaključaka došao je i Fraguas (1999) koji je utvrdio da ne postoji korelacija između zamjenjivog aluminija u tlu i koncentracije kalija u lišću vinove loze, ali postoji značajan utjecaj zamjenjivog aluminija na koncentraciju kalcija i magnezija u lišću. Za razliku od kalija, koncentracije vodotopivog i ukupnog kalcija, očekivano, bile su veće na alkalnom u odnosu na kiselo tlo, dok su koncentracije pristupačnog magnezija bile veće na kiselom tlu, a ukupnog magnezija na alkalnom tlu. Veće koncentracije ukupnog magnezija na alkalnom tlu u odnosu na kisela tla u skladu su s Vukadinović i Lončarić (1998) te Mengel i Kirkby (2001) koji navode da alkalna i glinovita tla sadrže veće količine ukupnog magnezija. Niže vrijednosti fiziološki aktivnog magnezija utvrđene na alkalnom tlu u odnosu na kiselo tlo mogu se dovesti u vezu s visokom koncentracijom ukupnog i vodotopivog kalcija na alkalnom tlu, a time i antagonističkim odnosom između kalcija i magnezija. Prema Conradie (1994), vinova loza tolerira odnos Ca/Mg u tlu u rasponu od 2/1 do 10/1, dok se optimalnim odnosom smatra odnos Ca/Mg 4/1. Dobiveni rezultati u ovim istraživanjima, pokazali su da je odnos Ca/Mg na alkalnom tlu značajno širi od optimalnih vrijednosti, naročito u zoni rizosfere u sloju tla 30-60 cm, a kretao se u rasponu od 11,79 do 14,33/1. Ovako široki raspon rezultirao je nepovoljnim interakcijskim odnosom kalcija i magnezija, a posljedično i kalija i magnezija na alklanom tlu. Do sličnih rezultata došli su Wooldridge i sur. (2010) u istraživanjima učinka kalcizacije i podizanja pH vrijednosti tla kod vinove loze, utvrdivši da se odnos Ca/Mg značajno povećava (od 2,15 do 22,3/1) s povećanjem pH vrijednosti tla.

Premda nije utvrđen značajniji utjecaj reakcije tla na koncentraciju fiziološki aktivnog kalija u tlu, rezultati analiza biljnog materijala pokazuju da je na dinamiku i koncentraciju kalija u lišću, u sve tri godine istraživanja značajan utjecaj imala reakcija tla i fenofaza rasta i razvoja vinove loze, dok je interakcijski odnos reakcije tla i fenofaze utvrđen samo u 2011. godini. Tijekom sve tri godine istraživanja veće prosječne koncentracije kalija u lišću vinove loze utvrđene su na kiselom tlu (1,15-1,28 % K/ST) u odnosu na alkalno tlo (0,98-1,14 % K/ST) što se može dovesti u vezu s interakcijskim odnosom kalcija i kalija na alkalnom tlu, odnosno antagonističkim odnosom kalcija i kalija, koji je rezultirao slabijim usvajanjem kalija na alkalnom tlu, a slično su utvrdili i Garcia i sur. (1999) prateći interakciju između kalija i kalcija te učinke njihovih odnosa na ishranu vinove loze u hidroponskom uzgoju.

Najviša koncentracija kalija u lišću vinove loze, neovisno o reakciji tla, utvrđena je u 2011. godini, što se može dovesti u vezu s interakcijom podloge i klimatskih prilika. Brancadoro i sur. (1995) pratili su utjecaj podloge vinove loze na usvajanje kalija u listu, bobicama i

moštu. Utvrdili su da je najveći utjecaj podloge na usvajanje kalija u vinovoj lozi bio u sušnim godinama kada je inače usvajanje najmanje. Najveće koncentracije kalija u lišću utvrđene su kod podloge SO4 (u fenofazi cvatnje 1,56 % K/ST i u fenofazi šare 1,90 % K/ST, a u moštu 0,92 g K L^{-1}). Slični rezultati dobiveni su i u ovim istraživanjima s podlogom SO4. Naime, veće prosječne koncentracije kalija u lišću (i moštu) utvrđene su u 2011. godini (ekstremno sušna godina, iz Walterovog klima dijagrama (grafikon 7) vidljiv je nepovoljnan odnos oborina i temperature) i na kiselom i na alkalnom tlu, u odnosu na 2009. i 2010. godinu.

Uspoređujući utvrđene koncentracije kalija u lišću vinove loze s graničnim vrijednostima prema Fregoni (2006), može se zaključiti da su koncentracije kalija u fenofazi cvatnje (0,75-1,59 % K/ST) i šare (0,71-1,71 % K/ST), u sve tri godine istraživanja i na kiselom i na alkalnom tlu, bile u granicama optimalnih vrijednosti koje se kreću za fenofazu cvatnje od 0,65 do 1,70 % K/ST, a za fenofazu šare od 0,50 do 1,60 % K/ST. U sve tri godine istraživanja najniže vrijednosti kalija utvrđene su u fenofazi berbe premda je značajna razlika (P = 5%) utvrđena samo u 2011. godini. Utvrđeni trend smanjenja koncentracije kalija sa starenjem lišća uobičajen je za dinamiku kalija u biljci (koncentracije kalija u lišću najveće su na početku vegetacije, a prema kraju se postupno smanjuju) i u skladu su s rezultatima nekoliko autora (Čoga i sur.,2009., Pradubsuk i Davenport,2010., Slunjski i sur.,2011. – u fenofazi cvatnje u lišću vinove loze % K/ST bio je 1,34 , a u fenofazi berbe 0,92% K/ST, Karažija i sur. (2011)).

Slično kao i u slučaju s kalijem, na dinamiku i koncentraciju kalcija u lišću značajan utjecaj imala je reakcija tla i fenofaza rasta i razvoja u sve tri godine istraživanja, a interakcijski učinak reakcije tla i fenofaze utvrđen je u 2010. i 2011 godini. Očekivano, veće prosječne koncentracije kalcija u lišću vinove loze utvrđene su na alkalnom tlu (2,88-5,11 % Ca/ST) u odnosu na kiselo tlo (2,27-4,36 % Ca/ST) u sve tri godine istraživanja. Analizirajući koncentraciju kalcija u lišću vinove loze po godinama može se zaključiti da su veće prosječne koncentracije kalcija u lišću vinove loze (2,41-6,15 % Ca/ST) na kiselom i na alkalnom tlu, utvrđene u 2009. godini, a najniže (1,32-3,04 % Ca/ST) na kiselom tlu u 2010. i 2011. godini. Utvrđene razlike moguće je obrazložiti različitim klimatskim prilikama tijekom istraživanja i njihovim utjecajem na usvajanje kalcija. Polazeći od činjenice da je kalcij element koji se usvaja isključivo transpiracijskim tokom (Vukadinović i Vukadinović, 2011) logično je da su veće koncentracije kalcija u lišću utvrđene u 2009. godini koja je bila u kategoriji normalnih oborina pa je i usvajanje kalcija bilo bolje. Najniža koncentracija kalcija u lišću (0,93 % Ca/ST) utvrđena je u fenofazi cvatnje u 2011. godini na kiselom tlu što je posljedica malih količina oborina i visokih temperatura, koje su imale negativan utjecaj na usvajanje kalcija. Dobivene rezultate potkrepljuju i rezultati drugih istraživača

koji su utvrdili da izrazito suho vrijeme između cvatnje i dozrijevanja smanjuje usvajanje kalcija (Chardonnet,1994; Cabanne i Doneche, 2003). Osim toga, u fenofazi cvatnje u 2011. godini utvrđene su u lišću najveće koncentracije kalija pa je vjerojatno i antagonističko djelovanje (K/Ca) imalo dodatni utjecaj na utvrđenu koncentraciju kalcija u lišću vinove loze.

Uspoređujući utvrđene vrijednosti kalcija u lišću s optimalnim vrijednostima (1,70-3,80 za fenofazu cvatnje i 2,20-4,50 % Ca/ST za fenofazu šare) po Fregoni (2006) može se zaključiti da su koncentracije kalcija na kiselom i alkalnom tlu, u fenofazi cvatnje (2,41-3,08 % Ca/ST) u 2009. godini bile u granicama optimalnih vrijednosti, dok su u 2010. i 2011. godini (1,19-1,66 % Ca/ST) bile niske. U fenofazi šare situacija je bila obrnuta, u 2009. godini utvrđene koncentracije kalcija u lišću vinove loze bile su povišene (5,11-6,09 % Ca/ST), što je imalo negativan utjecaj na odnos kalcija i magnezija te kalcija i kalija, dok su u 2010. i 2011. godini (2,46-3,24 % Ca/ST) utvrđene vrijednosti kalcija u granicama optimalnih vrijednosti. Neovisno o reakciji tla, u 2009. godini nisu utvrđene značajnije razlike u koncentracijama kalcija u lišću vinove loze za fenofaze šare i berbe, dok su u 2010. i 2011. godini u fenofazi berbe utvrđene značajno veće prosječne koncentracije kalcija u lišću vinove loze (P = 5%) u odnosu na fenofaze cvatnju i šaru. Utvrđeni trend rasta prosječnih vrijednosti kalcija u lišću, u sve tri godine istraživanja (2009.-2011.), uobičajen je za dinamiku kalcija u biljci (količine kalcija u lišću rastu prema kraju vegetacije – Bergmann,1992., Pradubsuk i Davenport, 2010). Dobiveni rezultati sukladni su rezultatima istraživanja Schreiner i Scagel (2006), Petek i sur. (2008) te Gluhić i sur. (2009) koji su u lišću vinove loze u fenofazi cvatnje utvrdili 1,66 % Ca/ST, a u fenofazi berbe čak 4,85 % Ca/ST, a slično su utvrdili i Pradubsuk i Davenport (2010) istražujući usvajanje i preraspodjelu makrohraniva po pojedinim fenofazama, u cijelom trsu "Concord" (*Vitis labruscana* Bailey) kroz dvije godine istraživanja (2006. i 2007.).

U odnosu na kalij i kalcij, na dinamiku i koncentraciju magnezija u lišću, u sve tri godine istraživanja značajan utjecaj imala je reakcija tla, fenofaza razvoja, a utvrđen je i interakcijski učinak reakcije tla i fenofaze. Veće prosječne koncentracije magnezija u lišću vinove loze utvrđene su na alkalnom tlu (0,45-0,50 % Mg/ST) u odnosu na kiselo tlo (0,24-0,27 % Mg/ST) u sve tri godine istraživanja, što se može dovesti u vezu s većim vrijednostima ukupnog magnezija na alkalnom tlu u odnosu na kiselo tlo. Drugi mogući razlog je negativni utjecaj zamjenjivog aluminija na kiselim tlima na usvajanje magnezija, što potvrđuju i rezultati Fraguasa (1999) koji je utvrdio smanjene koncentracije magnezija u lišću vinove loze s povećanjem koncentracija zamjenjivog aluminija u tlu. Značajan antagonistički utjecaj kalcija na magnezij i kalij u listu vinove loze utvrdio je i Pettit (2015).

Uspoređujući utvrđene vrijednosti magnezija u lišću vinove loze s optimalnim vrijednostima (za fenofazu cvatnje 0,18-0,45, a za fenofazu šare 0,17-0,60 % Mg/ST) po Fregoni (2006), može se zaključiti da su koncentracije magnezija, u sve tri godine istraživanja, u fenofazi cvatnje (0,17-0,19 % Mg/ST) na kiselom tlu bile ispod ili na donjoj granici optimalnih vrijednosti, dok su na alkalnom tlu (0,28-0,35 % Mg/ST) bile u granicama optimalnih vrijednosti. Za fenofazu šare u sve tri godine, neovisno o reakciji tla, koncentracije magnezija u lišću (0,28-0,57 % Mg/ST) bile su u granicama optimalnih vrijednosti. U berbi su utvrđene veće koncentracije magnezija u lišću vinove loze u odnosu na fenofaze cvatnju i šaru, što je očekivano s obzirom na činjenicu da koncentracije magnezija prema kraju vegetacije rastu - Bergmann,1992., Pradubsuk i Davenport, 2010). Međutim, utvrđene razlike u koncentraciji magnezija u lišću vinove loze bile su značajne (P = 5%) samo u 2011. godini, dok su razlike u koncentraciji magnezija između šare i berbe u 2009. i 2010. godini zanemarive, što se može dovesti u svezu s antagonizmom između kalcija i magnezija. Porast prosječnih koncentracija magnezija u lišću vinove loze prema kraju vegetacije u godinama istraživanja utvrdili su i drugi autori (Petek i sur.,2008. – vrijednosti % Mg/ST lišća vinove loze kretale su se od 0,14 do 0,63 tijekom vegetacijske sezone, Gluhić i sur., 2009. te Pradubsuk i Davenport, 2010).

Ne umanjujući značaj ukupnih koncentracija kalija, kalcija i magnezija na prinos i kvalitetu prinosa potrebno je istaknuti da je njihov međusobni odnos vrlo važan zbog održavanja fiziološke ravnoteže pojedinih elemenata, a više autora navodi da na kvalitetu grožđa, mošta i vina više utječe kationski odnos od pojedinog elementa (Fregoni, 2006; Čoga i sur., 2009; Ćosić i sur., 2010). Prema Fregoni (2006) optimalni odnos za K/(Ca+Mg) je 0,30-0,40, za K/Ca 0,45 i za K/Mg 3-7, a važno je istaknuti da niti preširoki niti uži odnosi od optimalnih nisu poželjni jer može doći do nedostatka ili suviška nekog hraniva.

U sve tri godine istraživanja utvrđen je značajan utjecaj reakcije tla, fenofaze i interakcijski učinak reakcije tla i fenofaze na kationski odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze. Tijekom sve tri godine istraživanja širi prosječni odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze utvrđen je na kiselom tlu (0,29-0,59) u odnosu na alkalno tlo (0,20-0,40). Najuži K/(Ca+Mg) odnos u lišću vinove loze utvrđen je u fenofazi šare (0,10) u 2009. godini na alkalnom tlu, a najširi u fenofazi cvatnje na kiselom tlu (1,41) u 2011. godini. Do ovako širokog i nepovoljnog odnosa došlo je vjerojatno zato što je 2011. godina bila ekstremno suha što je rezultiralo smanjenim usvajanjem kalcija i magnezija (usvajaju se masovnim strujanjem), te zbog činjenice da su koncentracije ukupnog kalcija i magnezija bile značajno veće na alkalnom tlu u odnosu na kiselo tlo. Treći, ali ne manje važan razlog je antagonizam koji postoji između kalija i kalcija te kalija i magnezija.

Uspoređujući utvrđeni kationski odnos u lišću vinove loze s optimalnim vrijednostima (0,30-0,40) prema Fregoni (2006), vidljivo je da varira u ovisnosti o godini i o fenofazi rasta i razvoja. Optimalan K/(Ca+Mg) odnos utvrđen je samo u fenofazi cvatnje (0,39) u 2009. i u fenofazi šare (0,40) u 2011. godini (prosjeci odnosa za kiselo i alkalno tlo). U ostalim fenofazama odnos je poremećen pa je tako u 2009. godini u fenofazama šare i berbe te u 2010. i 2011. godini u fenofazi berbe K/(Ca+Mg) odnos ispod optimalnog (0,16-0,28), neovisno o reakciji tla. U fenofazi cvatnje u 2010. i 2011. godini i u fenofazi šare u 2010. godini K/(Ca+Mg) odnos u lišću vinove loze bio je preširok (0,46-0,78) kako na kiselom tako i na alkalnom tlu. Najširi K/(Ca+Mg) odnos u lišću utvrđen je u fenofazi cvatnje neovisno o reakciji tla, a sve je uži prema kraju vegetacije osobito na alkalnom tlu. Rezultati su sukladni s navodima drugih autora (odnos K/(Ca+Mg) kretao se od 0.38 do 0,77 u fenofazi cvatnje, a u fenofazi berbe od 0,12 do 0,27 - Čoga i sur.,2009.; od 0,35 do 0,83 u fenofazi cvatnje, a u fenofazi berbe 0,18 do 0,31 - Slunjski i sur.,2011.; 0,73 u fenofazi cvatnje, a u fenofazi berbe 0,25 - Petek i sur., 2008.) koji su također utvrdili u svojim istraživanjima da je najširi K/(Ca+Mg) odnos u cvatnji, a najuži u berbi. Utvrđene razlike u odnosu K/(Ca+Mg) među pojedinim fenofazama očekivane su ukoliko se ima na umu činjenica da vrijednosti kalija prema kraju vegetacije postupno opadaju, a vrijednosti kalcija i magnezija rastu.

Na utvrđeni odnos K/Ca u lišću vinove loze, značajan utjecaj imali su reakcija tla i fenofaza rasta i razvoja dok je interakcijski učinak reakcije tla i fenofaze utvrđen u 2009. i 2011. godini. Tijekom sve tri godine istraživanja širi prosječni odnos K/Ca u lišću vinove loze utvrđen je na kiselom tlu (0,31-0,67) u odnosu na alkalno tlo (0,22-0,48). Odnos K/Ca u lišću vinove loze najširi je u fenofazi cvatnje za oba istraživana tla te se sužava prema kraju vegetacije. Najuži K/Ca odnos u lišću utvrđen je u fenofazi šare (0,11) u 2009. godini na alkalnom tlu, a najširi u fenofazi cvatnje na kiselom tlu (1,68) u 2011. godini.
Uspoređujući vrijednosti K/Ca odnosa u lišću vinove loze u ovim istraživanjima s optimalnom vrijednosti (0,45) prema Fregoni (2006), vidljivo je da je odnos bio optimalan samo u fenofazi šare u 2011. godini, neovisno o reakciji tla. U 2009. godini utvrđeni K/Ca odnos bio je u svim fenofazama ispod optimalnog odnosa (0,17-0,43) kao i u fenofazi berbe u 2010. i 2011. godini (0,31), neovisno o reakciji tla. Razlog ovako nepovoljnog K/Ca odnosa vjerojatno je antagonizam između kalija i kalcija do kojeg je došlo zbog povećanih količina kalcija u lišću vinove loze.
Utvrđeni odnos K/Ca u lišću u fenofazama cvatnje i šare u 2010. te u cvatnji u 2011. godini bio je preširok (0,53-0,92) što je rezultat većih količina kalija u lišću i dvostruko manjih količina kalcija u odnosu na 2009. godinu (antagonizam između kalija i kalcija).

Preširok odnos K/Ca (0,64-0,75) u lišću vinove loze na akalnim tlima utvrdio je i Gluhić (2010), a navodi da je tada bila utvrđena i najviša količina kalija u biljci.

Značajan utjecaj reakcije tla, fenofaze i interakcijski učinak reakcije i fenofaze na odnos K/Mg u lišću vinove loze utvrđen je u sve tri godine istraživanja. U istraživanom periodu širi prosječni odnos K/Mg u lišću vinove loze utvrđen je na kiselom tlu (4,64-5,63) u odnosu na alkalno tlo (2,36-2,47). Analizirajući dinamiku odnosa K/Mg u lišću po fenofazama utvrđeno je da je najširi odnos K/Mg u lišću vinove loze bio u fenofazi cvatnje (5,12-5,45) u sve tri godine istraživanja neovisno o reakciji tla i sužava se prema kraju vegetacije (2,48-2,85). Najuži K/Mg odnos utvrđen je u fenofazi berbe (0,92) u 2010. godini na alkalnom tlu (utvrđene niske količine i kalija i magnezija u lišću), a najširi u fenofazi cvatnje na kiselom tlu (8,85) u 2011. godini. Nepovoljan odnos K/Mg u lišću vinove loze vjerojatno je posljedica nepovoljnih klimatskih prilika koje su u 2011. godini rezultirale smanjenim usvajanjem magnezija.

Uspoređujući vrijednosti K/Mg odnosa u lišću vinove loze u ovim istraživanjima s optimalnim vrijednostima (3 do 7) prema Fregoni (2006), vidljivo je da su utvrđeni prosječni odnosi u lišću vinove loze u toj kategoriji samo u fenofazi cvatnje (5,12-5,45) (sve tri godine) i u fenofazi šare (3,49-3,97) u 2010. i 2011. godini neovisno o reakciji tla. Odnosi K/Mg u fenofazi šare (2,53) u 2009. godini i u fenofazi berbe za sve tri godine istraživanja (2,48, 2,85 i 2,96) ispod su optimalnih odnosa, neovisno o reakciji tla. Ukoliko se odvojeno analizira svaku lokaciju (kiselo i alkalno tlo) vidljivo je da je odnos K/Mg u svim godinama i u svim fenofazama rasta na kiselom tlu u optimalnom rasponu (3,31-7,84), dok je na alkalnom tlu K/Mg odnos u fenofazama šare i berbe, u svim godinama istraživanja, ispod optimalnog (1,65-2,70). Isto tako, potrebno je napomenuti da bez obzira na reakciju tla, u sve tri godine istraživanja, nije utvrđen fiziološki poremećaj, odnosno simptomi nedostatka kalija u lišću vinove loze niti u jednoj fenofazi rasta i razvoja, iako Fregoni (2006) navodi da, ako je odnos K/Mg manji od 3, može doći do nedostatka kalija. Širok K/Mg odnos kod vinove loze uzgajane na kiselim tlima utvrdili su Garcia i sur. (2001) prateći utjecaj tri različite podloge (101-14 Mgt, 3309 C i SO4), sorta Negrette, na usvajanje kalija, kalcija i magnezija te njihov međusobni odnos kod mladih i starih listova. Najširi odnos K/Mg utvrdili su u mladim i starim listovima (10,62 i 9,00) kod podloge SO4. Najširi odnosi K/Mg utvrđeni su i u ovim istraživanjima u fenofazi cvatnje (7,85, 8,65 i 8,85) na kiselom tlu u sve tri godine istraživanja.

Dobiveni odnosi K/Mg u lišću vinove loze na alkalnom tlu u fenofazi šare i berbe u skladu su s rezultatima koje su utvrdili Shaaban i El-Fouly (2012) u dvogodišnjim istraživanjima u vinogradima podignutim na alkalnim tlima (*Vitis vinifera* L.cv. Thompson Seedless i Early Superior) gdje se K/Mg odnos u lišću vinove loze kretao od 1,12 do 2,36.

Detaljnom analizom mineralnog sastava mošta utvrđeno je da su koncentracije kalcija i magnezija u moštu u sve tri godine istraživanja veće na alkalnom tlu u odnosu na kiselo tlo. Za razliku od kalcija i magnezija koncentracija kalija u moštu bila je veća na alkalnom tlu samo u 2009. godini dok su u ostale dvije godine istraživanja veće koncentracije kalija utvrđene na kiselom tlu. Dobiveni rezultati mineralnog sastava mošta u skladu su s rezultatima koje navodi Conradie (2001, cit. prema Wooldridge i sur., 2010) kao optimalne: 450-600 mg N L^{-1}, 90-150 mg P L^{-1}, 1000-2000 mg K L^{-1}, 35-55 mg Ca L^{-1} i 50-90 mg Mg L^{-1}. Utvrđene količine kalija i dušika u moštu sukladne su i vrijednostima koje su dobili Wooldridge i sur. (2010), prateći u šest uzastopnih sezona, na umjereno kiselom tlu (pH_{KCl} 5,75), utjecaj podloge (99R, 140Ru, 110R i SO4) i plemke (Chardonnay i Pinot noir) na sastav mošta.

Na koncentraciju šećera u moštu, u sve tri godine istraživanja, nije značajno utjecala reakcija tla, ali je utvrđen značajan utjecaj godine te interakcijski učinak reakcije tla i godine. Veće koncentracije šećera u moštu u 2009. i 2010. godini bile su na alkalnom tlu (27,0 i 23,1 % Brixa) u odnosu na kiselo tlo (25,2 i 21,6 % Brixa) dok je veća koncentracija šećera u moštu (27,7 % Brixa) utvrđena u 2011. godini na kiselom tlu. Najveća koncentracija šećera u moštu utvrđena je, neovisno o reakciji tla, u 2009. godini (25,2 i 27,0 % Brixa), a najmanja u 2010. godini (21,6 i 23,1 % Brixa) što se može objasniti razlikama u klimatskim prilikama u pojedinim godinama. Naime, najveće koncentracije šećera utvrđene su u godini s optimalnom količinom oborina (2009. godina) u odnosu na izrazito kišnu godinu (2010. godina), što potvrđuju i rezultati nekih istraživanja (Jackson i Schuster, 1985; Shange i Conradie, 2012) koji navode da su kvalitetnija vina proizvedena u godinama s povoljnim klimatskim uvjetima, odnosno da prekomjerne količine oborina utječu na lošiju kvalitetu grožđa, a time i vina. Značajno drugačija situacija bila je u 2011. godini koja je bila ekstremno topla i sušna i u kojoj je koncentracija šećera u moštu bila značajno veća (27,7 % Brixa) na kiselom tlu u odnosu na šećere u moštu na alkalnom tlu (22,9 % Brixa). Veće koncentracije šećera u moštu na kiselom tlu u 2011. godini vjerojatno su povezane s većim količinama kalija u lišću na kiselom tlu u odnosu na alkalno tlo, jer kalij pozitivno utječe na veću akumulaciju ugljikohidrata (šećera (Derunskaja, 1961, cit. prema Ough i sur., 1968). Drugi mogući razlog su ionske interakcije, odnosno antagonistički odnos kalija i kalcija te kalija i magnezija koji je jače izražen u ekstremno suhim uvjetima kakvi su vladali u 2011. godini. U uvjetima sa smanjenom količinom vlage u tlu smanjeno je usvajanje kalcija i magnezija jer su to elementi koji se usvajaju "masovnim strujanjem". Potrebno je spomenuti da su u 2011. godini utvrđene i najveće koncentracije kalija u moštu na kiselom (1769,62 mg K L^{-1}) i alkalnom tlu (1570,07 mg K L^{-1}) što se može dovesti u vezu i s utjecajem podloge na

usvajanje kalija u sušnim godinama (Brancadoro i sur., 1995). Veće koncentracije šećera u moštu na alkalnom tlu utvrdili su i Čoga i sur. (2009) te Slunjski i sur. (2011).
Korelacija između koncentracije šećera u moštu i koncentracije kalija u lišću vinove loze ni za jednu fenofazu rasta i razvoja u 2009. i 2010. godini nije utvrđena. Pozitivna korelacija između koncentracije šećera u moštu i koncentracije kalija u lišću vinove loze utvrđena je samo u fenofazi cvatnje u 2011. godini dok u ostale dvije fenofaze (šara i berba) korelacija nije utvrđena. Korelacija između odnosa K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze i šećera u moštu nije utvrđena u istraživanjima u 2009. godini dok je u 2010. godini utvrđena jaka negativna korelacija samo u fenofazi šare. Jaka pozitivna korelacija K/(Ca+Mg) odnosa u lišću vinove loze i šećera u moštu utvrđena je u svim fenofazama rasta i razvoja tijekom 2011. godine što je u suprotnosti s rezultatima koje iznose Čoga i sur. (2009) koji su utvrdili jaku negativnu korelaciju između K/(Ca+Mg) odnosa u lišću vinove loze i šećera u moštu.

Značajan utjecaj na koncentraciju ukupnih kiselina u moštu tijekom istraživanja imala je pH vrijednost tla i godina, a značajnom se pokazala i interakcija između reakcije tla i godine uzorkovanja.
Veće koncentracije kiselina u moštu u svim godinama istraživanja bile su na kiselom tlu (5,08-7,03 g L^{-1}) u odnosu na alkalno tlo (4,62-6,37 g L^{-1}), a što je u skladu s rezultatima koje su dobili Čoga i sur. (2009) te Slunjski i sur. (2011).
Najveća koncentracija kiselina u moštu utvrđena je, neovisno o reakciji tla, u 2010. godini (7,03 i 6,37 g L^{-1}) s ekstremno visokom količinom oborina, a najmanja u 2009. godini (4,62 i 5,08 g L^{-1}) s prosječnom količinom oborina za istraživano područje. Utvrđena koncentracija kiselina u moštu u 2011. godini bila je veća (6,88 g L^{-1}) na kiselom tlu u odnosu na kiseline u moštu na alkalnom tlu (5,84 g L^{-1}) iako su u toj godini i šećeri u moštu bili najviši na kiselom tlu.
Korelacija između kalija u lišću i ukupnih kiselina u moštu nije utvrđena u 2009. i 2010. godini ni za jednu fenofazu rasta i razvoja, dok je u 2011. godini utvrđena pozitivna korelacija između kalija u lišću vinove loze u fenofazi cvatnje i negativna korelacija u fenofazi šare.
Pozitivna korelacija između K/(Ca+Mg) odnosa u lišću vinove loze i ukupnih kiselina u moštu u 2011. godini utvrđena je u svim fenofazama dok je u 2010. godini utvrđena samo u fenofazi šare, a u 2009. godini korelacija nije utvrđena ni za jednu fenofazu.

6. ZAKLJUČCI

Temeljem rezultata trogodišnjih istraživanja utjecaja reakcije tla na dinamiku kalija u lišću vinove loze i mineralni sastav mošta može se zaključiti sljedeće:

1. Utvrđen je značajan utjecaj reakcije tla na usvajanje i dinamiku kalija, kalcija i magnezija, kao i na kationski odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze u sve tri klimatološki različite godine istraživanja.

2. Veće koncentracije kalija u lišću vinove loze utvrđene su na kiselom tlu u odnosu na alkalno tlo dok su veće koncentracije kalcija i magnezija utvrđene u lišću vinove loze na alkalnom tlu u sve tri godine istraživanja.

3. Pored reakcije tla na dinamiku kalija, kalcija i magnezija u lišću vinove loze značajan utjecaj imale su fenofaze rasta i razvoja u svim godinama istraživanja. Interakcijski učinak reakcije tla i fenofaze utvrđen je za koncentraciju kalija u lišću samo u 2011. godini, za koncentraciju kalcija u lišću u 2010. i 2011. godini te za koncentraciju magnezija u lišću u sve tri godine istraživanja.

4. U sve tri godine istraživanja utvrđen je značajan utjecaj reakcije tla, fenofaze i interakcijski učinak reakcije i fenofaze na kationski odnos K/(Ca+Mg). Širi prosječni odnos K/(Ca+Mg) u lišću vinove loze utvrđen je na kiselom tlu (0,29-0,59) u odnosu na alkalno tlo (0,20-0,40).

5. Na koncentraciju šećera u moštu, u sve tri godine istraživanja nije značajnije utjecala reakcija tla, ali je utvrđen značajan utjecaj godine te interakcijski učinak reakcije tla i godine. Najveće koncentracije šećera u moštu (25,2 % Brixa- kiselo tlo i 27,0 % Brixa - alkalno tlo) utvrđene su u godini s optimalnom količinom oborina (2009. godina), a najmanje (21,6 % Brixa- kiselo tlo i 23,1% Brixa alkalno tloiu 2010. godini koja je bila izrazito kišovita.

6. Za razliku od šećera značajan utjecaj na koncentraciju ukupnih kiselina u moštu imala je reakcija tla, godina te interakcija reakcije tla i godine istraživanja. U svim godinama istraživanja veće koncentracije ukupnih kiselina utvrđene su u moštu na kiselom tlu u odnosu na alklano tlo.

7. Pozitivna korelacija između kalija u lišću vinove loze i šećera u moštu utvrđena je u fenofazi cvatnje u 2011. godini dok u ostalim fenofazama i godinama korelacije između kalija u lišću vinove loze i šećera u moštu nisu utvrđene.

8. Negativna korelacija između kalija u lišću vinove loze i ukupnih kiselina u moštu utvrđena je u fenofazi šare u 2011. godini dok u ostalim fenofazama i godinama korelacije između kalija u lišću i ukupnih kiselina u moštu nisu utvrđene.

9. Negativana korelacija između K/(Ca+Mg) odnosa u lišću vinove loze i šećera u moštu utvrđena je u fenofazi šare u 2010. godini, dok je u 2011. godini u svim fenofazama utvrđena jaka pozitivna korelacija.

10. Pozitivna korelacija između K/(Ca+Mg) odnosa u lišću vinove loze i ukupnih kiselina u moštu utvrđena je za fenofazu šare u 2010. i za sve fenofaze u 2011. godini.

7. POPIS LITERATURE

1. Abd El-Razek E., Treutter D., Saleh M.M.S., El-Shammaa M., Fouad A.A., Abdel-Hamid N. (2011) Effect of nitrogen and potassium fertilization on productivity and fruit quality of ‘crimson seedless’ grape. Agriculture and Biology Journal of North America, 2: 330–340
2. Al-Obeed, R.S., Kassem H.A., Ahmed A. (2011) Leaf petiole mineral and fruit heavy metals content of different grape cultivars grown under arid environments and irrigated with treateddomestic wastewater, AAB Bioflux, Volume 3/1, 5-14
3. AOAC (1995). Officinal Method of Analysis of AOAC International. 16th Edition, Vol. I. Arlington, USA
4. Barker A.V., Pilbeam D.J. (2007) Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA
5. Bates T. R., Dunst R. M., Taft T., Vercant M. (2002) The Vegetative Response of „Concord” Grapevines to Soil pH, HortScience 37(6) : 890-893
6. Bates T.R., Dunst R.M, Joy P. (2002) Seasonal dry matter, starch, and nutrient distribution in ‘Concord’ grapevine roots. HortScience 37:313–316
7. Bavaresco, L., Gatti, M., Fregoni, M., (2010) Nutritional Deficiencies. Methodologies and Results in Grapevine Research. Springer. pp. 165-191
8. Bergmann, W. (1992) Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, NewYork
9. Bhandal, J.S. and Malik, C.P. (1988) Potassium Estimation, Uptake, and Its Role in the Physiology and Metabolism of Flowering Plants. International Review of Cytology 110; 205-254
10. Bišof R. (1993) Utjecaj gnojidbe na prirod i kakvoću grožđa malvazije istarske bijele (*Vitis vinifera* L., Agronomski glasnik 3, 185-194
11. Bondada B.R., Keller M. (2012) Not all shrivels are created equal-morpho-anatomical and compositional characteristics differ among different shrivel types that develop during ripening of grape (Vitis vinifera L.) berries. American Journal of Plant Sciences, 3: 879–898
12. Boselli M., Di Vaio, C., Pica B. (1998) Effect of soil moisture and transpiration on mineral content in leaves and berries of Cabernet Sauvignon grapevine. J. Pl. Nutrition 21, 1163-1178
13. Boulay H. (1988) Potassium and magnesium nutrition of the grapevine. The effects of rootstock and cultivar. Arboriculture Fruitiere 35, 38-44

14. Brancadoro L., Valenti L., Reina A., Scienza A. (1994) Potassium Content of Grapevine during the Vegetative Period: The Role of the Rootstock. Journal of Plant Nutrition, 17 (12), pp.2165-2175
15. Brunetto G., Melo G.W.B., Toselli M., Guartieri M.,Tagliavini M. (2015) The Role of mineral Nutrition on Yields and Fruit quality in Grapevine, Pear and Apple Rev. Bras. Frutic.vol.37 no.4, 1089-1104
16. Busch, D. S. (1995) Calcium regulation in plant cell and his role in signalling. Annual Review Plant Physiology 46: 95–122
17. Bussakorn S.M., Daniel P.S., Michael T.T., Mark R.T. (2003) A review of potassium in grapevines with specialemphasis on berry accumulation. Aust. J. Grape vine Res. 9, 154-168
18. Cabanne, C., Donèche, B. (2003) Calcium accumulation and redistribution during the development of grape berry. Vitis 42, 19-21
19. Cadet, A., J.L. Favarel and M. Garcia. (2005) Effect of different ratios of potassium, calcium and magnesium on grapes grown hydroponically. Accepted in J. of Plant Nutr
20. Cancado G.M.A., Ribeiro A.P., Pineros M.A., Miyata L.Y., Alvarenga A. A., Villa F., Pasqual M., Purgatto E. (2009) Evaluation of aluminium tolerance in grapevine rootstocks Vitis 48 (4), 167–173
21. Champagnol, F. (1984) Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale. Champagnol F., Saint Gely du Fesc, France, 351 p
22. Chan K.Y., Fahey D. J. (2011) Effect of composted mulch application on soil and wine grape potassium status. Soil Research 49: 455–461
23. Chardonnet C. (1994) Le calcium de la baie de raisin – Relation entre la cohesion des parois cellulaires et al sensibilitė ā Botrytis cinerea, These de Doctorate, Universitė. Victor Segalen Bordeaux 2
24. Chardonnet C., Doneche B. (1995) Relation between calcium content and resistance to enzymatic digestion of the skin during grape ripening. Vitis 34, 95-98
25. Christensen L.P., Boggero J., Bianchi M. (1990) Comparative leaf tissue analysis of potassium deficiency and a disorder resembling potassium deficiency in Thompson Seedless grapevines, American Journal of Enology and Viticulture, 41, 77-83
26. Christensen L.P., Kasimatis A.N., Jensen F.L. (1978) Grapevine Nutrition and Fertilization in the San Joaquin Valley. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publ. No. 4087

27. Clarkson, D.T., Hanson, J.B. (1980) The mineral nutrition of higher plants. Annual Rev. Plant Physiol. 31, 239-298
28. Čoga L., Slunjski S., Herak Ćustić M., Maslać J., Petek M., Ćosić T., Pavlović I. (2009). Influence of Soil Reaction on Phosphorus, Potassium, Calcium and Magnesium Dynamics in Grapevine *(Vitis vinifera* L.) Agriculturae Conspectus Scientifi cus | Vol. 74 No. 1 (1-16)
29. Čoga, L.; Slunjski, S.; Herak Ćustić, M.; Gunjača, J.; Ćosić, T. (2008). Phosphorus dynamics in grapevine on acid and calcareous soils. Cereal research communications 36, S5, Part 1; 119-122
30. Conradie W.J. (1981). Seasonal uptake of nutrients by Chenin blanc in sand culture. II. Phosphorus, potassium, calcium and magnesium. S. Afr. J. Enol. Viticult. 2:7–13
31. Conradie W.J. (1994). Wingerdbemesting. Handleiding van die werksessie oor wingerdbemesting, Nietvoorbij, ARC Research Institute for Fruit, Vine and Wine, Stellenbosch 7600, R.S.A.
32. Conradie W.J. (2001). Timing of Nitrogen Fertilisation and the Effect of Poultry Manure on the Performance of Grapevines on Sandy Soil. **II.** Leaf Analysis, Juice Analysis and Wine Quality, J. Enol.Vitic., Vol. 22, No. 2, 60-68
33. Conradie W.J., de Wet T. (1985). The effect of potassium fertilisation of grapevines on yield and quality. Proc. Potassium Symp. Dept. Agric. and Water Supply, Pretoria, 1-3 181-183
34. Conradie W.J., Saayman D. (1989a). Effects of Long-Term Nitrogen, Phosphorous and Potassium Fertilization on Chenin blanc Vines. I Nutrient Demands and Vines Performance. American Journal of Enolology and Viticulture. 40 (2), pp.85-90
35. Conradie W.J., Saayman D. (1989b). Effects of long-term nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on Chenin blanc vines. II Leaf Analysis and Grape Composition, American Journal of Enology and Viticulture, 40, 91-98
36. Cook J.A., Wheeler D.W. (1978). Use of tissue analysis in viticulture. In: Soil and Plant-Tissue Testing in California H. M. Reisenaure, pp. 14–16. Calif. Div. Agric. Sci. Bull
37. Coombe, B. G., McCarthy, M. G. (2000). Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. Aust. J. Grape Wine R**.** 6**,** 131-135
38. Ćosić T., Karažija T., Čoga L., Petek M., Poljak M., Herak Ćustić M., Jurkić V., Pavlović I., Slunjski S. (2010). Istraživanje biljno hranidbenog kapaciteta vinograda u Bolu folijarnom analizom, studija Zavoda za ishranu bilja

39. Creasy G.L., Price S.F., Lombard P.B. (1993). Evidence of xylem discontinuity in Pinot noir and Merlot grapes: Dye uptake and mineral composition during berry maturation. Am. J. Enol. Vitic. 44, 187-192
40. Dabas A.S. i Jindal P.C. (1985). Effects of Boron and Magnesium Sprays on Fruit Bud Formation, Berry Set, Berry Drop and Quality of Thompson Seedless Grape (*Vitis vinifera* L.). Indian Journal of Agricultural Research. 19 (1), pp. 40-44
41. Dalbo M.A., Schuck E., Basso C. (2011). Influence of rootstock on nutrient content in grape petioles Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal-SP, v. 33, n. 3, p. 941-947
42. Davies, C., Shin, R., Liu, W., Thomas, M. R., Schachtman, P. (2006). Transporters expressed during grape berry (*Vitis vinifera* L.) development are associated with an increase in berry size and berry potassium accumulation. Journal of Experimental Botany, 57, 3209-3216
43. Delas, J. (2000). La fertilisation de la vigne. Ed. Féret, Bordeaux, 159 p.
44. Delgado R., Martín P., Álamo M., González M.-R. (2004). Changes in the phenolic composition of grape berries during ripening in relation to vineyard nitrogen and potassium fertilisation rates. Journal of the Science of Food and Agiculture. 84: 623-630
45. DHMZ – Državni hidrometeorološki zavod, http:/klima.hr/ocjene-arhiva.php
46. Di Meo V., Michele A., Paola A., Pietro V. (2003). Availability of potassium, calcium, magnesium, and sodium in “Bulk” and “Rhizosphere” soil of field-grown corn determined by electro-ultrafiltration. J. Plant Nutr. 26, 1149-1168
47. Domingos I., Silva T., Correia P.J., Pestana, M., de Varennes, A. (2004). Effects of fertiliser practices on the growth and quality of two table grape cultivars: ‘Çardinal’ and ‘D. Maria’. Acta Hort. 652, 241-247
48. Doneche, B.; Chardonnet, C. (1992). Evolution and localization or the main cations during grape berry development. Vitis 31, 175-181
49. Drenjančević M. (2011). Fe-kloroza vinove loze na podunavskoj regiji. Doktorska disertacija, Osijek
50. Dundon, C.G., Smart, R.E., McCarthy, M.G. (1984). The Effects of Potassium Fertilizer on Must and Wine PotassiumLevels of Shiraz Grapevines. American Journal of Enolology and Viticulture. 35 (4), pp. 200-205
51. Düring H., Lang A., Oggionni F. (1987). Patterns of water flow in Riesling berries in relation to developmental changes in their xylem morphology. Vitis 26, 123-131
52. Easterwood, G.W. (2002). Calcium’s role in plant nutrition. Fluid Journal 2, 1-3

53. EEC (1990). Community Methods for the Analyses of Wines, No 2676
54. Egner H., Riehm H., Domingo W.R. (1960). Untersuchungen uber die chemische Bodenanalyse als Grundlage fur die Beurteilung des Nahrstoffzustandes der Boden, II: Chemische Extractionsmetoden zu Phosphor und Kaliumbestimmung. Kungliga Lantbrukshugskolans Annaler, 26:199-215
55. Esteban A., Villanueva J., Lissarrague J.R. (1999). Effect of irrigation on changes in berry composition of Tempranillo during maturation. Sugars, organic acids and mineral elements. Am. J. Enol. Vitic. 50, 418-434
56. Fazinić N.(1971). Suvremeno vinogradarstvo, Zagreb
57. Fazinić N., Fazinić M. (1997). Ekologija u službi hrvatskog vinogradarstva, Agronomski glasnik 5-6, 401-418, Zagreb
58. Follet, R.H., Murphy, L.S., Donahue, R.L. (1981). Fertilizers and soil amendments. Prentice-Hall Inc., London, UK. Frank
59. Foulonneau, C. (1971) Quide de la plantation des vigues. L institute technique du vin. Pariz
60. Foy, C.D. (1988) Plant Adaptation to Acid, Aluminium-toxic Soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis 19:959-987
61. Foy, C.D., (1992). Soil chemical factors limiting plant root growth. Adv. In Soil Sci.19:97-149
62. Fráguas, J.C.(1999). Tolerance to soil aluminum by grapevine rootstocks, Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Volume 34, Issue 7, July 1999, Pages 1193-1200
63. Freeman B.M., Kliewer W.M. (1983). Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. II. Grape and wine quality, American Journal of Enology and Viticulture, 34, 197-207
64. Fregoni M. (1980). Criterions for the selection of rootstocks in international viticulture. Vignevini, 5, 31-38
65. Fregoni M. (2006). Viticoltura di qualita. Tecniche nuove, Milano, Italy
66. Gajić Čapka M., Zaninović K. (2008). Klimatski atlas Hrvatske, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb
67. Galet P. (1990). Cepages at Vignobles de France. Tome II. Ampblographi Francaise. 2nd Edition, Imprimerie Charles Dehan, Montpellier, France.
68. Gao J.F., Sun H.B., Zao Z.K., Chen X.B. (2001). Effects of gibberellin, borax and diahyidro potassium phosphate (KH_2PO_4) on fruit developing and quality of grape, Northern Hortic. 1, 22-23

69. Garcia M., Daverde C., Gallego P., Toumi M. (1999). Effect of various potassium-calcium ratios on cation nutrition of grape grown hydroponicaly. Journal of Plant Nutrition. 22:417-425

70. Garcia M., Gallego P., Daverede C., Ibrahim H. (2001). Effect of Three Rootstocks on Grapevine *(Vitis vinifera* L.) cv. Negrette, Grown Hydroponically. I. Potassium, Calcium and Magnesium Nutrition S. Afr. J. Enol. Vitic., Vol. 22, No.2, 101-103

71. Gerendás J., Führs H. (2013). The significance of magnesium for crop quality. Plant and Soil, 368: 101–128

72. Gholami, M., Hayasaka, Y., Coombe, B. G., Jackson, J. F., Robinson, S. P. Williams, P. J. (1995). Biosynthesis of flavour compounds in Muscat Gordo Blanco grape berries. Aust. J. Grape Wine R. **1,** 19-24

73. Gluhić D. (2010) Folijarna gnojidba klorotičnih trsova na karbonatnim tlima podregije Plešivica, Zagreb, doktorska disertacija

74. Gluhić D.; Herak Ćustić M.; Petek M.; Čoga L.; Slunjski S.; Sinčić M. (2009). The Content of Mg, K and Ca Ions in Vine Leaf under Foliar Application of Magnesium on Calcareous Soils. Agriculturae Conspectus Scientificus, 74, 2; 81-84

75. Goldspink B., Frayne B. (1997). The effects of nutrients on vine performance, juice parameters and fermentation characteristics. Proc. ASVO Seminar on Quality management in viticulture. Mildvray, Victoria, 1996. Australian Society of Viticulture and Oenology, pp. 17–21

76. Hagin J., Tucker B. (1982). Fertilization of dryland and irrigated soils. Springer Verlag, New York, USA

77. Hannan J.M. (2011) Potassium-magnesium antagonism in high magnesium vineyard soils, doktorska disertacija, Ames, Iowa State University

78. Herak Ćustić, M.; Čoga, L.; Ćosić, T.; Petek, M.; Poljak, M.; Jurkić, V.; Pavlović, I.; Ljubičić, M.; Ćustić, S. (2005). Reakcija tla-bitan preduvjet za odabir bilja u hortikulturi. Agronomski glasnik, 67, 2-4; 235-253

79. Herak Ćustić, M.; Gluhić, D.; Čoga, L.; Petek, M.; Gošćak, I. (2008). Vine plant chlorosis on unstructured calcareous soils and leaf Ca, Mg and K content. Cereal research communications, 36, Part 1. Suppl.; 439-442

80. Houba V.J.G., Uittenbogaard J., Pellen P. (1996). Wageningen Evaluating Programmes for Analytical Laboratories (WEPAL), Organization and Purpose. Communications in Soil Science and Plant Analysis 27(3-4):421-431

81. Hrazdina G., Parsons G. F., Mattick L. R. (1984). Physiological and biochemical events during development and ripening of grape berries. Am. J. Enol. Vitic. 35, 220-227
82. HRN ISO 10390:2005 – Kakvoća tla-Određivanje pH-vrijednosti
83. HRN ISO 10693:2004-Kakvoća tla – Određivanje sadržaja karbonata – Volumetrijska metoda
84. HRN ISO 11261:2004 – Kakvoća tla-Određivanje ukupnog dušika – prilagođena Kjeldahlova metoda (ISO 11261:1995)
85. HRN ISO 11277:2011 – Kakvoća tla-Određivanje raspodjele veličine čestica (mehaničkog sastava) u mineralnom dijelu tla – Metoda prosijavanja i sedimentacije
86. HRN ISO 11464:2009 – Kakvoća tla – Priprema uzorka za fizikalno-kemijske analize
87. HRN ISO 11466:2004-Ekstrakcija elemenata topivih u zlatotopci (mikrovalna digestija)
88. HRN ISO 22036:2008 –Određivanje sadržaja kalcija i magnezija optičkom emisijskom spektrometrijom induktivno spregnutom plazmom (ICP-OES), te kalija metodom AES
89. Iland P.G. (1988). Grape berry ripening: the potassium story. Aust. Grapegrower & Winemaker 289, 22-24
90. Jackson R. (2008). Wine science – Principles and Applications, 3th Edition. Academic Press, London, Oxford, Boston, New York, San Diego
91. Jacobson J.L. (2006). Introduction to Wine Laboratory Practices and Procedures. Vineyard to Harvest. 118-161. New York, USA, Springer Science+Business Media, Inc
92. JDPZ (1966). Priručnik za ispitivanje zemljišta. Knjiga I. Kemijske metode ispitivanja zemljišta. Beograd
93. Karažija T., Ćosić T., Horvat T., Poljak M., Lazarević B. (2011). Utjecqj organske gnojidbe na količinu i dinamiku kalija u listu vinove loze (*Vitis vinifera* L.) na karbonatnom tlu, Zbornik radova 46. hrvatskog i 6. međunarodnog simpozija agronoma. Opatija. Croatia (112-115)
94. Keller M. (2005). Deficit irrigation and vine mineral nutrition. Am. J. Enol. Vitic. 56: 267-283
95. Kirkby, E.A. (1979). Maximizing Ca uptake by plants. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 10, 89-113.
96. Knoll M., Achleitner D., Redl H. (2010). Sugar accumulation in “Zweigelt‘ grapes as affected by “Traubenwelke”. Vitis, 49: 101–106

97. Kochian, L.V. (1995). Cellular mechanisms of aluminium toxicity and resistance in plants.Annu.Rev. in plant Physiol. and Mol.Biol. 46:237-260

98. Kodur S. (2011). Effects of juice pH and potassium on juice and wine quality and regulation of potassium in grapevines through rootstocks (Vitis): a short review, Vitis 50 (1), 1-6

99. Kovačević, V., Bertić, B., Grgić, D. (1993). Response of Maize, Barley, Wheat and Soybean to Liming on Acid Soils. Rostlinna Vyroba 39 (1),41-52.

100. Ksouri R., Gharsalli M., Lachaal M. (2005). Physiological responses of Tunisian grapevine varieties to bicarbonate-induced iron deficiency. Journal of Plant Physiology, 162: 335–341

101. Ksouri, R., Gharsalli, M., Lachaal, M. (2001). Diagnostic rapide de la chlorose ferrique chez la vigne (*Vitis vinifera* L.). Bull OIV 68:847-848

102. Lazarević B., Šimon S., Magdić I., Sedlar M., Poljak M. (2015). Utjecaj kalcizacije tla na mineralnu ishranu krumpira *(Solanum tuberosum L.)* Proceedings of 50th Croatian and 10th Internationl Symposium on Agriculture, 79-83

103. Lazarević, B. (2013). Fiziološki mehanizmi otpornosti kultivara krumpira (Solanum tuberosum L.) na toksični aluminij, doktorska disertacija., Zagreb

104. Levy (1971). Peut-on rationalise la fumure de la vigne au moyeh du diagnostic Foliaire – France viticole 3(5) 125-127

105. Ličina V., Jakovljević M. (1997). The K/Mg ratio in grapevine organs growt on diferent soil types. Zemljište i biljka. Beograd Vol. 46 (2). pp. 178-182

106. Ličina V., MarkovićN., Trajković I., Atanacković Z. (2013). The Ca, K and Mg ratio in soil and vines under effects of fertilization with different potassium fertilizer doses Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series Vol 43, No 2

107. Licul R., Premužić D. (1985). Praktično vinogradarstvo i podrumarstvo, Nakladni zavod Znanje, Zagreb

108. Llugany M., Massot N., Wissemeier A. H., Poschenrieder C., Horst W. J., Barcelo J. (1994). Aluminum tolerance in maize cultivars as assessed by callose production and root elongation. Z. Pflanzenernähr.Bodenk. 157, 447-451

109. Májer J. (2004). Magnesium supply of the vineyards in the Balaton-Highlands, Acta Horticulturae, 652, 175-182

110. Marković N., Ličina V., Antić Mladenović S., Atanocković Z., Trajković I. (2011). Distribucija kalija u organima vinove loze pri različitim dozama kalijevih gnojiva Zbornik radova 46. hrvatskog i 6. međunarodnog simpozija agronoma, (950-954)

111. Marschner H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Limited, San Diego, CA 92101
112. McLean E. O., Hartwig R. C., Eckert D. J., Triplett G. B. (1983). Basic cations saturation ratios as a basis for fertilizing and liming agronomic crops: II. Field studies. Agron. J. 75, pp. 635-639
113. Mengel K. and Pflüger R. (1969). The release of potassium and sodium from young excised roots of *Zea mays* under various efflux conditions. Plant Physiol. 22, 840–849
114. Mengel K. i Kirkby E. A. (2001). Principles of Plant Nutrition. Kluwer Academic Publishers. London
115. Mirošević N. (2007). Razmnožavanje loze i lozno rasadničarstvo, Golden marketing – Tehnička knjiga, Zagreb
116. Mirošević N., Karoglan Kontić J. (2008). Vinogradarstvo, Nakladni zavod Globus, Zagreb
117. Morlat R., Jacquet A. (1993). The Soil Effects on the Grapevine Root System in Several vineyards of the Loire Valley (France). Vitis, 32: 35-42
118. Morris J.B., Cawthon D.L., Fleming J.W. (1980). Effects of High Rates of Potassium Fertilization on Raw Products Quality and Change in pH and Acidity During Storage of Concord Grape Juice. American Journal of Enolology and Viticulture. 31 (4), pp 323-328
119. Morris J.R., Cawthon D.L. (1982). Effect of irrigation, fruit load and potassium fertilization on yield, quality, and petiole analysis of Concord *(Vitis* labrusca L.) grapes. American Journal of Enology and Viticulture, 33, 145-148
120. Morris L. R.; Sims C. A.; Cawton D. L.; (1983). Effects of excessive potassium levels on pH, acidity and color of fresh and stored grape juice. Am. J. Enol. Vitic. 34, 35-39
121. Mpelasoka B. S.; Schachtman D. P.; Treeby M. T.; Thomas M. R. (2003). A review of potassium nutrition in grapevines. Aust. J. Grape Wine Res. 9, 154-168
122. O'Geen AT, Pettygrove S, Southard R J, Minoshima H, Verdegaal PS (2008). Soil-landscape model helps predict potassium supply in vineyards. California Agriculture 62, 195-201. doi:10.3733/ca.v062n04p195
123. Ollat N., Gaudillère J.P. (1996) Investigation of assimilate import mechanisms in berries of *Vitis vinifera* Var. Cabernet Sauvignon. Acta Hort. 427, 141-149
124. Olmo P.H. (2000) The origin and Domestication of the *Vinifera* Grape. In: The Origins and Ancient History of Wine, eds. McGovern, E. Patric; Fleming, J.

Stuart; Katz, H. Salomon. Gordon and Breach Publishers, University of Pennsylvania, USA

125. Ough C.S., Cook J.A., Lider L.A. (1968). Rootstock-Scion Interactions Concerning Wine Making. I. Juice Composition Changes and Effects on Fermentation Rate with St. George and 99R Rootstock at Two Nitrogen Fertiliyer Levels, Am. J. Enol. Vitic. 213-227
126. Palčić I. (2015). Utjecaj gnojidbenih tretmana na koncentracije minerala i organskih kiselina u vinu cv. Malvazije istarske (*Vitis vinifera* L.) s različitih terroira, doktorska disertacija, Zagreb
127. PA-VIN, www.pavin.hr/proizvod/esencijalni-elementi/ - pristupljeno 07.07.2017.
128. Pavloušek P. (2008). Preliminary results of tests of grapevine rootstocks resistance to limeinduced chlorosis. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, LVI 299-302
129. Pavloušek P. (2009) Evaluation of Limeinduced Chlorosis Tolerance in New Rootstock Hybrids of Grapevine. Europ. J. Hort. Sci*.,* 74: 35–41
130. Pavloušek P. (2011) Evaluation of Drought Tolerance of New Grapevine Rootstock Hybrids. J. Environ. Biol., 32: 543–549
131. Pejić I., Maletić E. (2013) Istraživanje genetskih resursa vinove loze na području Rudine (Psunj), Radovi za znanstveni I umjetnički rad u Požegi, 2, 175-185
132. Pellegrino A., Lebon E., Simmoneau T., Wery J. (2005). Towards a Simple Indicator of Water Stress in Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Based on the Differential Sensitivities of Vegetative Growth Component. Aust. J. Grape Wine R., 11:306–315
133. Penzar I., Penzar B. (2000). Agrometeorologija. Školska knjiga, Zagreb
134. Petek M., Gluhić D., Herak Ćustić M., Čoga L., Ćosić T., Slunjski S. (2008). Leaf content of macro and microelements in *Vitis vinifera* cv. Sauvignon Blanc. VII SHS International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops. Book of Abstracts. Faro, Portugal, pp 35
135. Pettit A. D. (2015) Nutrient Management of Horticulture Crops: The Restriction of *Vitis vinifera* Growth in Acid Sandy Soil and Nitrogen Loading in Container Grown *Tilia cordata*, *Acer rubrum*, and *Cedrus deodara*. Master Thesis. Raleigh, North Carolina, USA
136. Peynaud E., Ribereau-Gayon GP. (1971). The grape. Hulme, A.C. (ed.) The Biochemistry of Fruits and their Products, Vol 2. London, Academic Press, pp 179-205

137. Poni, S., Quartieri, M., and Tagliavini, M. (2003). Potassium nutrition of Cabernet Sauvignon grapevines (*Vitis vinifera* L.) as affected by shoot trimming. Plant and Soil. 253, pp. 341-351

138. Possner, D. R. E. i Kliewer, W. M. (1985). The localisation of acids, sugars, potassium and calcium in developing grape berries. Vitis. 24**,** 229-240

139. Pouget R. and Delas J. (1989). Le choix des porte-greffes de la vigne pour une production de qualité. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, Hors série, 27

140. Pradubsuk S. i Davenport J.R. (2010) Seasonal Uptake and Partitioning of Macronutrients in Mature 'Concord' Grape, J. AMER. SOC. HORT. SCI. 135(5):474–483

141. Pulko B., Vršic S., Valdhuber J. (2012). Influence of Various Rootstocks on the Yield and Grape Composition of Sauvignon Blanc. Czech J. Food Sci*.,* 30: 467-473

142. Raath, P. J. (2012). Effect of varying levels of nitrogen, potassium and calcium nutrition on table grape vine physiology and berry quality. Doc. Thesis, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa

143. Ribereau-Gayon P., Dubourdieu D., Doneche B., Lonvaud A. (2000). Handbook of Enology. Volume 1. The microbiology of Wine and Vinifications. John Wiley and Sons, LTD, England

144. Robinson, J.B. (2005). Critical plant tissue values and application of nutritional standards for practical use in vineyards. Proceedings of the soil environment and vine mineral nutrition symposium, San Diego, (American Society for Enology and Viticulture: Davis, CA.) 61-68

145. Rogiers S.Y., Greer D.H., Hatfield J.M., Orchard, B.A., Keller M. (2006). Mineral sinks within ripening grape berries (*Vitis vinifera* L.). Vitis 45, 115-123.

146. Rout, G.R., Samantaray, S., Das, P. (2001). Aluminium toxicity in plants: a review. Agronomie 21: 3-21. 2

147. Ruhl E.H., Clingeleffer P.R., Kerridge G.H. (1990). Potassium uptake of roostock varieties and hybrids – implication for wine qualitiy. Vitis 42, 158

148. Ruhl, E.H. (1989a). Effect of potassium and nitrogen supply on the distribution on minerals and organic acids and the composition of grape juice of Sultana vines Australian Journal of Experimental Agriculture. 29, 133-137

149. Ruhl, E.H. (1989b). Uptake and distribution of potassium by grapevine rootstocks and its implication for grape juice pH of scion varieties. Australian Journal of Experimental Agriculture. 29, pp. 707-712

150. Ruhl, E.H., Fuba, A.P., and Treeby, M.T. (1992) Effects of potassium, magnesium and nitrogen supply on grape juice composition of Riesling, Chardonnay and Cabernet Sauvignon vines. Australian Journal of Experimental Agriculture. 32, pp 645-649
151. Ryser, J.P. (1982). Vers l“ utilisation pratique du diagnostic foliaire en viticulture et en arboriculture. Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic. 14: 49-54
152. Salisbury F.B., Ross C.W. (1992). Plant Physiology 4th Edition. Wadsworth Publishing Company, USA
153. Samac, D.A., Tesfaye, M. (2003). Plant improvement for tolerance to aluminum in acid soils-a review. Plant Cell Tisue and Organ Culture 75: 189-207
154. SAS Institute Inc. (2007). SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC
155. Schachtman D. P., Treeby M., Thomas M. R., Mpelasoka B. S. (2003). A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on bery accumulation, Australian journal of grape and wine research, Vol. 9, N 3, 154-168
156. Schreiner R.P., Scagel C.F. (2006): Nutrient Upateke and Distribution in a Mature „Pinot noir“ Vineyard, HortScience 41 (2): 336-345
157. Shaaban S.H.A i El-Fouly M.M. (2012). Impact of the Nutritional Status on Yield of Some Grape (*Vitis vinifera* L.) Cultivars Fertilized Through Drip Irrigation and Grown on Sandy soil, Journal of American Science, 8(7): 156-163
158. Shaulis N., Kimball K. (1956). The association of nutrient composition of Concord grape petioles with deficiency symptoms, growth and yield, American Society of Horticultural Science, 68, 141-156
159. Skinner P.W., Matthews M.A. (1990). A novel interaction of magnesium translocation with the supply of phosphorus to roots of grapevine (*Vitis vinifera* L.), Plant, Cell and Environment, 13, 821-826
160. Škorić, A. (1982). Priručnik za pedološka istraživanja, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb
161. Slunjski S.; Čoga L.; Pavlović I.; Jurkić V.; Herak Ćustić M.; Petek M.; Ćosić T. (2011). Dinamika kalija u lišću vinove loze na kiselim i karbonatnim tlima, Zbornik radova 46. hrvatskog i 6. međunarodnog simpozija agronoma, 165-168
162. Smolarz, K. and Mercik, S. (1997). Growth and Yield of Grape in Response to Long. Term (since 1923) Different Mineral Fertilization. Acta Horticulturae 448:42-432

163. Sommers T.C. (1977). A connection between potassuim levels in the harvest and relative quality in Australian red wines. Australian Wine, Brewing and Spirit Rev. 24, 32-34

164. Storey, R., Jones, R.G.W., Schachtman, D.P., Treeby, M.T. (2003). Calcium-accumulating cells in the meristematic region of grapevines root apices. Functional Pl. Biol. 30, 719-727

165. Szoke L., Vanek G., Szabo T., (1992). Nutrient Uptake Dynamics of Grapevine During the Vegetation, Proc.4th Int. Symp. Of Grapevine Physiol., Torino, Italy, 165-170

166. Tagliavini M.; Scandellari F. (2013). Methodologies and concepts in the study of nutrient uptake requirements and partitioning in fruit trees. Proceedings of the Seventh International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops.Acta Horticulturae, The Hague, v.984, p.47-56

167. Toumi M., Nedjimi B., Halit A.I.M., Garcia M. (2016). Effects of K-Mg ratio on growth and cation nutrition of *Vitis vinifera* L.cv. “Dattier de Beiruth” grafted on SO4 rootstock, Journal of Plant Nutrition, Vol. 39, No. 7, 904-911

168. Treeby M.T., Golspink B.H., Nicholas P. R. (2004). Nutrients in the soil. In 'Soil, irrigation and nutrition'. Grape Production Series, No. 2. (Ed. PR Nicholas) (South Australian Research and Development Institute: Adelaide, S. Aust.)

169. Usha K., Singh B. (2002). Effect of macro and micro-nutrient spray on fruit yield and quality of grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Perlette, Acta Horticulturae**,** 594, 197-202

170. Vercesi A., Bozzola L., Fregoni M. (1993). Diagnostica fogliare in viticoltora. 20 anni di esperienze. Vignevini, 3: 30-36

171. Vitorello, V.A., Capaldi, F.R., Stefanuto, V.A. (2005). Recent Advances in Aluminium Toxicity and Resistance in Higher Plants. Brazilian Journal of Plant Physiology 17(1):129-1435

172. Volpe B., Boselli M. (1990). The effect of roostock on the mineral nutrition and on certain qualitative and quantitative parameters of the grapevine Croatina. Vignevini 17, 51-55

173. Vukadinović V., Vukadinović V. (2011). Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek

174. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998). Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku

175. Walker R.R., Blackmore D.H. (2012). Potassium concentration and pH interrelationships in grape juice and wine of Chardonnay and Shiraz from a range of rootstocks in different environments. Australian Journal of Grape and Wine Research, Glen Osmond, v.18, p.183-193

176. White, P. J., Broadley M. R. (2003). Calcium in plants. Annals of Botany 92: 487–511

177. Williams, L.E. i Biscay, P.J. (1991). Partitioning of Dry Weight, Nitrogen, and Potassium in Cabernet Sauvignon Grapevines From Anthesis Until Harvest. American Journal of Enolology and Viticulture. 42 (2), pp. 113-116

178. Winkler A.J., Cook J.A., Kliewer W.M. (1974). General viticulture, University of California Press, Berkley (USA)

179. Wolf T. K., Haeselar C.W., Bergman E.L. (1983). Growth and foliar elemental composition of Seyval Blanc grapevines as affected by four nutrient solution concentrations of nitrogen, potassium and magnesium, American Journal of Enology and Viticulture, 34, 271-277

180. Wooldridge, J., P.J. Louw, W.J. Conradie. (2010). Effects of Rootstock on Grapevine Performance, Petiole and Must Composition, and Overall Wine Score of *Vitis vinifera* cv. Chardonnay and Pinot noir, South Africa J. of Enology and Viticulture. 31(1):45-48

181. Wooldridge, J., P.J. Louw, W.J. Conradie. 2010. Effects of liming to near-neutral pH on *Vitis vinifera L.* South Africa J. of Enology and Viticulture. 31(1):34-37

182. Zatloukalová A., Lošák T., Hlušek J., Pavloušek P., Sedláček M., Filipčík R. (2011). The effect of soil and foliar applications of magnesium fertilisers on yields and quality of vine (*Vitis vinifera*, L.) grapes. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 59: 221–226

183. Zlámalová T., Elbl J., Baroň M., Bělíková H., Lampíř L., Hlušek J., Lošák T. (2015). Using foliar applications of magnesium and potassiumto improve yields and some qualitative parameters of vine grapes (*Vitis vinifera* L.), Plant Soil Environ. Vol. 61, No. 10: 451–457

184. Zocchi G., Mignani I. (1995). Calcium physiology and metabolism in fruit trees. Acta Hort. 383, 15-23

ŽIVOTOPIS

Vesna Jurkić rođena je u Sisku 17.01.1961. godine. Po završetku Srednje škole u Sisku, 1980. godine upisuje Agronomski fakultet u Zagrebu. Tijekom studija radi u Zavodu za ishranu bilja gdje se i zapošljava po završetku studija 1985. godine. Kao stručni savjetnik radi u Laboratoriju Zavoda za ishranu bilja na analitici tla. Poslijediplomski doktorski studij „Poljoprivredne znanosti" upisuje 2010. godine.
Voditelj je kvalitete u akreditiranom laboratoriju prema normi HRN ISO 17025:2005 i član HMD-a (Hrvatsko mjeriteljsko društvo), a također i član HTD-a (Hrvatsko tloznanstveno društvo). Sudjeluje u pripremi praktičnog dijela nastave na modulima u okviru Zavoda. Objavila je kao autor ili koautor 12 znanstvenih radova te tridesetak sažetaka, a sudjelovala je u izradi preko stotinjak studija i elaborata u okviru stručne suradnje Zavoda za ishranu bilja. Usmenim izlaganjima ili poster prezentacijama bila je sudionik znanstvenih skupova u zemlji i inozemstvu. Živi u Zagrebu, udana je i majka je troje djece.

Popis objavljenih radova:

1. Horvat, Tea; Majić, Adrijana; Svečnjak, Zlatko; **Jurkić, Vesna**.
Effects of foliar fertilization and water stress on yield and physiological characteristics of potato. // Cereal Research Communications. 36 (2008); 1659-1662 (članak, znanstveni)

2. Rengel, Zed; **Jurkić, Vesna**.
Evaluation of Triticum aestivum germplasm from Croatia and Yugoslavia for aluminium tolerance. // Euphytica. 66 (1993), 1-2; 111-116 (članak, znanstveni)

3. Rengel, Zed; **Jurkić**, **Vesna.**
Genotypic differences in wheat Al tolerance. // Euphytica. 62 (1992), 2; 111-117 (članak, znanstveni)

4. Čoga, L., Herak Ćustić, M., Ćosić, T., Šimunić, I**., Jurkić, V**., Slunjski, S., Poljak, M., Petek, M., Radman, D. (2006). Biljno hranidbeni kapacitet tala Vranskog Polja. Agronomski glasnik 4:335-351

5. Čoga, Lepomir; Herak Ćustić, Mirjana; Ćosić, Tomislav; Vršek, Ines; Pavlović, Ivan; **Jurkić, Vesna**; Poljak, Milan; Potočić, Lidija; Petek, Marko.
Uloga pripreme supstrata u rasadničarskoj proizvodnji. // Agronomski glasnik, glasilo Hrvatskog agronomskog društva. 67 (2005), 2-4; 255-265 (članak, znanstveni)

6. Herak Ćustić, Mirjana; Čoga, Lepomir; Ćosić, Tomislav; Petek, Marko; Poljak, Milan; **Jurkić, Vesna**; Pavlović, Ivan; Ljubičić, Martina; Ćustić, Srećko.
Reakcija tla-bitan preduvjet za odabir bilja u hortikulturi. // Agronomski glasnik, glasilo Hrvatskog agronomskog društva. 67 (2005), 2-4; 235-253 (članak, znanstveni)

7. Čoga, L., Slunjski, S., Pavlović, I., **Jurkić, V.,** Benčić, Đ. (2011). Leaf Zn Concentrations of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) on Acid and Calcareous Soils. Proceedings of the 11th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements

8. Čoga, Lepomir; Slunjski, Sanja; Pavlović, Ivan; **Jurkić, Vesna**; Benčić, Đani.
Leaf Zn concentrations of grapevine (*Vitis vinifera* L.) on acid and calcareous soils // Proceedings of the 11th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements. 2011. (poster, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni)

9. Karažija, Tomislav; Ćosić, Tomislav; Petek, Marko; Herak Ćustić, Mirjana; Horvat, Tea; **Jurkić, Vesna**. Effects of organic fertilization on manganese content and dynamics in grapevine leaf (*Vitis vinifera* L.) on calcareous soil // Proceedings of the 11th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements. 2011. (poster, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni)

10. Petek, Marko; Herak Ćustić, Mirjana; Majdek, Andrea; Pecina, Marija; Lazarević, Boris; **Jurkić, Vesna**; Karažija Tomislav.
Optimalna gnojidba i dubina korijena utječu na kvalitetu travnog busena // Zbornik radova 46. hrvatskog i 6. međunarodnog simpozija agronoma / Pospišil M. (ur.), Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 2011. 139-142 (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni)

11. Slunjski, S., Čoga, L., Pavlović, I., **Jurkić, V.,** Herak Ćustić, M., Petek, M., Ćosić, T. (2011). Dinamika kalija u lišću vinove loze na kiselim i karbonatnim tlima. Zbornik radova 46. hrvatskog i 6. međunarodnog simpozija agronoma. Pospišil, M. (ur.). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. 165-168

12. Biško, Ante; Milinović, Bernardica; Savić, Zvonimir; Čoga, Lepomir; **Jurkić, Vesna**; Slunjski, Sanja Sadržaj humusa u tlima RH namijenjenim za podizanje trajnih nasada. // Zbornik radova znanstveno stručnog skupa 'Tehnologije zbrinjavanja otpada i zaštite tla'. Zadar, 2009. 61-66 (predavanje, domaća recenzija, objavljeni rad, stručni)

13. Čoga, Lepomir; Slunjski, Sanja; **Jurkić, Vesna**; Pavlović, Ivan; Kolda, Nataša. Utjecaj gnojidbe rasolom i mineralnim gnojivima na kemijska svojstva tla // Zbornik sažetaka 51. hrvatskog i 11. međunarodnog simpozija agronoma / Pospišil, Milan; Vnučec, Ivan (ur.), Zagreb: MOTIV d.o.o., Zagreb, 2016. 16-17 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

14. Čoga, Lepomir; Slunjski, Sanja; Pavlović, Ivan; **Jurkić, Vesna**.
Utjecaj ekoloških čimbenika na mineralni sastav lišća i ploda višnje Maraske // Zbornik sažetaka 51. hrvatskog i 11. međunarodnog simpozija agronoma / Pospišil, Milan; Vnučec, Ivan (ur.), Zagreb: MOTIV d.o.o., Zagreb, 2016. 203-204 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

15. Slunjski, Sanja; Čoga, Lepomir; **Jurkić, Vesna**; Herak Ćustić, Mirjana; Palčić, Igor; Pavlović, Martina.
Odnos dušika i fosfora u lišću, peteljkovini i tropu vinove loze (*Vitis vinifera* L.) na različitim tlima // Zbornik sažetaka 50. hrvatskog i 10. međunarodnog simpozija agronoma / Milan Pospišil (ur.), Zagreb: MOTIV d.o.o., Zagreb, 2015. 246-247 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

16. Čoga, Lepomir; Slunjski, Sanja; **Jurkić, Vesna**; Pavlović, Ivan; Kolda, Nataša. Possibilities of applying brine in fertilization of cabbage // Book of Abstracts-6th Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes Zagreb: University of Zagreb Faculty of Agriculture, 2014. Zagreb, 2014. 29-29 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

17. Lazarević, Boris; **Jurkić, Vesna**; Horvat, Tea; Poljak, Milan.
Effect of aluminium toxicity on concentration of photosynthetic pigments in two potato cultivars with different aluminium sensitivity // 6th Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes, Book of Abstracts / Organizing Committee of 6th Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes (ur.). Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Agriculture, 2014. 32-33 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

18. Slunjski, Sanja; Čoga, Lepomir; Pavlović, Ivan**; Jurkić, Vesna**; Herak Ćustić, Mirjana. Utjecaj reakcije tla na odnos fosfora i mangana u lišću vinove loze (*Vitis vinifera* L.) // Održivo gospodarenje tlom za sigurnost hrane i okoliša (Sustainable soil management for food and environment safety), Knjiga sažetaka (Book of Abstracts) / Milan Poljak (ur.). Zagreb: MOTIV-Obrt za grafičke usluge i strojni vez, 2014. 43-44 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

19**. Vesna Jurkić**, Sanja Slunjski, Lepomir Čoga, Ivan Pavlović, Boris Lazarević. Utjecaj reakcije tla na kationski odnos u lišću vinove loze i količinu šećera i ukupnih kiselina u moštu // Održivo gospodarenje tlom za sigurnost hrane i okoliša (Sustainable soil management for food and environment safety), Knjiga sažetaka (Book of Abstracts) / Milan Poljak (ur.) Zagreb: MOTIV-Obrt za grafičke usluge i strojni vez, 2014. 35-36 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

20. **Jurkić, Vesna**; Slunjski, Sanja; Čoga, Lepomir; Pavlović, Ivan; Herak Ćustić, Mirjana; Karažija, Tomislav.
Dinamika kalija u lišću vinove loze (*Vitis vinifera* L.) i količina šećera u moštu na kiselom i karbonatnom tlu // Zbornik sažetaka 47. hrvatskog i 7. međunarodnog simpozija agronoma, 2012. 224-225 (poster, domaća recenzija, sažetak, znanstveni)

21. Slunjski, Sanja; Čoga, Lepomir; **Jurkić, Vesna**; Pavlović, Ivan; Herak Ćustić, Mirjana. Utjecaj reakcije tla na koncentraciju i dinamiku dušika u lišću vinove loze (*Vitis vinifera* L.) // Zbornik sažetaka 47. hrvatskog i 7. međunarodnog simpozija agronoma.
2012. 239-240 (poster, domaća recenzija, sažetak, znanstveni)

22. Čoga, Lepomir; Slunjski, Sanja; Benčić, Đani; Pavlović, Ivan; **Jurkić, Vesna**. Phosphorus, Manganese and Iron Ratios in Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) Leaves on Acid and Calcareous Soils // Lisabon: International Society for Horticultural Science, 2010. 250-250 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

23. Čoga, Lepomir; Slunjski, Sanja; Gluhić, David; Šimunić, Ivan; **Jurkić, Vesna**; Pavlović, Ivan. Dinamika željeza u lišću vinove loze (*Vitis vinifera* L.) na kiselim i karbonatnim tlima // Zbornik sažetaka, 45. Hrvatski i 5. Međunarodni simpozij agronoma, Opatija, Hrvatska / Marić, S.; Lončarić, Z. (ur.) Osijek: Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2010. 266-267 (poster, sažetak)

24. Slunjski, Sanja; Čoga, Lepomir; Pavlović, Ivan; **Jurkić, Vesna**; Petek, Marko; Herak Ćustić, Mirjana; Karažija, Tomislav.
Utjecaj zamjenjivog aluminija na količinu i dinamiku fosfora u lišću vinove loze // Perspektive gospofarenja tlom u budućnosti / Husnjak, Stjepan (ur.) Zagreb: Hrvatsko tloznanstveno društvo, 2010. 171-171

25. Petek, Marko; Herak Ćustić, Mirjana; Toth, Nina; Slunjski, Sanja; **Jurkić, Vesna**; Karažija, Tomislav.
Količina kalija u tlu i cikli obzirom na organsku i mineralnu gnojidbu // Perspektive gospodarenja tlom u budućnosti / Husnjak, Stjepan (ur.) Zagreb: Hrvatsko tloznanstveno društvo, 2010. 94-94 (predavanje, domaća recenzija, sažetak, znanstveni)