

Rezultatele Etapei 4

Rezultate Pr. 1

Rezultatele proiectului component 1, în cadrul etapei 4 sunt sintetizate în prezentările atașate în cele ce urmează.

[Prezentare Proiect complex in cadrul Conferintei din 30 Martie 2021](#)

[Demonstrarea utilitatii și funcționalității echipamentului inteligent pentru scanarea proprietatilor solului](#)

Rezultate Pr. 2

1. Rezultatele măsurătorilor cu senzorii platformei

S-au efectuat experimentări în laborator și în teren verificând senzorii platformei astfel:

- 1) Pentru spectrometru miniaturizat în domeniul vizibil (VIS), pentru $\lambda = 340-1000$ nm, Ocean Optics FLAME și pentru $\lambda = 900-2500$, infraroșu apropiat (NIR) respectiv Ocean Optics NIRQuest 512-2.5, informația optică de la proba de sol este capturată folosind capul de probă TC-DR probe head. Lumina este transmisă prin fibra optică la cele două spectrometre. Pentru interacțiunea cu spectrometrele am identificat un driver industrial pentru sistemele de operare Windows și Linux, denumit Sea Breeze, mai potrivit pentru acest tip de aplicație. Sea Breeze are integrat software de achiziție.
- 2) Senzorii analogici au fost conectați cu unitatea de comandă control via convertorul analog-digital (ADC) de tipul AD7705.
- 3) Pentru GNSS (GPS) am selectat o soluție conformă cu specificația produsului, dar și compatibilă cu microcontrollerul de tip Raspberry Pi 4, sub forma unui modul L80-39 împreună cu antena SMA (utilizată pentru semnalele de la sateliți).
- 4) Datele de la probe preluate de la senzori sunt stocate local înainte de a fi accesibile utilizatorului final (via Ethernet, Wi-Fi) sau în timpul dezvoltării proiectului prin USB. O vedere a conexiunilor între senzorii de achiziție și microcontrollerul de tip Raspberry Pi 4, pentru controlul sistemului este arătat în Figura 2.
- 5) S-a verificat funcționarea servomecanismului electrohidraulic al platformei în laborator, în condiții simulate de sarcină progresivă (de tip elastic) și pe platformă, în teren funcționarea.
- 6) S-au continuat modelarea, simularea și identificarea experimentală a servomecanismelor electrohidraulice hibride de reglare a adâncimi de prelevarea probelor de sol. Cercetările au fost orientate spre sistemele electrohidraulice numerice integrate la nivel de actuator. S-a identificat experimental performanțele servovalvelor moderne prevăzute cu interfață de comandă numerică pe un stand propriu, dezvoltat special pentru comparația cu servovalvele clasice, susceptibile la perturbații electromagnetice. Totodată rezultatele experimentale au fost folosite la validarea modelelor matematice analitice și simulate cu

limbaje specializate. Acestea au fost folosite și ca referință pentru controlerul digital dezvoltat la proiect.



Figura 1. Conxiunea dintre senzorii de achiziție și microcontrollerul de tip

Raspberry Pi 4 în laborator.

În arhitectura proiectului și alegerea software, conexiunile temporare au fost asigurate în timpul dezvoltării software în procesul de depanare cu USB tastatură + mouse, respectiv interfață de stocare pe termen lung (sistem de operare, aplicații de achiziții și de colectare a datelor). O placă prototip a fost proiectată pentru a alimenta și interfața microcontrollerului de tip Raspberry Pi cu periferice analogice. Sunt oferite convertoare ADC pentru interfața cu senzorii analogici și de putere pentru spectrometrul NIRQuest (pentru coolerul TEC integrat), respectiv pentru for the microcontrollerului de tip Raspberry Pi.

Senzorul de temperatură, thermoMETER CSmicro este proiectat pentru uz industrial și pentru laboratoare. El este utilizat măsurării non-contact a temperaturii. Sistemul poate may only be opera

numai limitele specificate în caracteristicile tehnice [15]. Noi folosim acest senzor pe o aplicație pe platforma mobilă în vederea măsurării non-contact a temperaturii. În laborator am stabilit cu probe de sol că, distanța de măsură a temperaturii solului D depinde de dimensiunea spotului S pe probă. Astfel S se stabilește la 90 % din energia radiată. Distanța este întotdeauna măsurată de la marginea frontală a carcasei senzorului/ suportul lentilei CF/ purjarea aerului. Dimensiunea de măsurare a probei de sol și rezoluția optică a termometrului în infraroșu determină distanța maximă între senzor și probă. În ordine pentru a prevenii erori de măsură a probei de sol aceasta trebuie să fie în câmpul vizual al opticii senzorului complet. În consecință, pata trebuie să aibă aceeași dimensiune ca proba de sol sau mai mică decât aceasta, iar raportul D/S este valabil pentru punctul de focalizare.

Senzorii platformei au fost verificați în laborator și pe teren la nivelul solului înainte de a fi montați pe platformă, pentru a valida achiziția de date. Citirile brute au fost convertite la măsurarea fizică corespunzătoare în conformitate cu ecuațiile date în manualele lor de utilizare respective. Rezultatele măsurate cu sistemul au fost afișate utilizatorului final cu ajutorul unei aplicații web scrise în `node.js` care, pe de o parte, se conectează la aplicația încorporată și, pe de altă parte, la un server web. Atât aplicația web, cât și serverul rulează pe microcontrollerul de tip Raspberry Pi 4.

2. Platforma mecatronică cu senzori

Pentru determinarea caracteristicilor solului, senzorii (spectrometre miniaturizate în intervalul vizibil și domeniul infraroșu, senzorul de pH, senzorul de umiditate al solului, senzorul de temperatură a solului, senzorul GNSS și modulul DC-DC cu izolator galvanic) sunt montate pe o platformă remorcată. Electrozii senzorilor sunt în contact cu solul. De asemenea, este montat sistemul servo electrohidraulic pentru controlul poziției platformei și prelevarea probelor de sol pentru senzorul de pH.

Un detaliu al amenajării cu senzori ai platformei tractate este prezentat în această lucrare. Carcasa cu senzori și sistemul servo electrohidraulic pentru controlul poziției cupei sondelor de sol este văzută în Figura 2.



Figura 2. Dispunerea senzorilor și a sistemului electrohidraulic pe platforma tractată

Platforma tractată pentru montarea modulelor a fost realizată împreună cu Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mașini și Instalații destinate Agriculturii și Industriei Alimentare (INMA) având în vedere cerințele proiectului, cât și experiența acestui institut în realizarea echipamentelor pentru agricultură. S-a elaborat documentația de execuție pentru modelul experimental al platformei de cartografiere a proprietăților solului. Autorii proiectului – I.N.M.A. și U.P.B.-C.C.O. au propus două soluții constructive: platformă cu module inteligente dotată cu secție cu disc drept, cod VG-0A (a) respectiv cu discuri sferice (b) - cod VG-0B. Ambele variante de modele integrează datele obținute de la senzorii amplasați la nivelul solului pentru temperatură, umiditate, PH, spectrometre în domeniul lungimilor de undă 200 – 2500 nm și sistem GPS într-un sistem colaborativ bazat pe fuziunea datelor. Modulele sunt montate pe o platformă remorcată de un tractor în vederea determinării compoziției solului, necesarului de nutrienți, orientat pe parcele cu suprafețe mici, pentru cultivarea soiurilor de plante cu randamente mari.

3. Sistemul de achiziție și procesare a datelor;

În urma studiilor și proiectelor elaborate în prima etapă a proiectului “Eco-nano-tehnologii și echipamente inteligente pentru cartografierea proprietăților solului și evaluarea în dinamica plantei, în vederea eficientizării producției agricole și protecției mediului (ENI)” au fost identificată următoarea arhitectură, pentru realizarea “Modulelor inteligente de achiziție și de control ale proceselor de cartare a proprietăților solului”, figura 3:

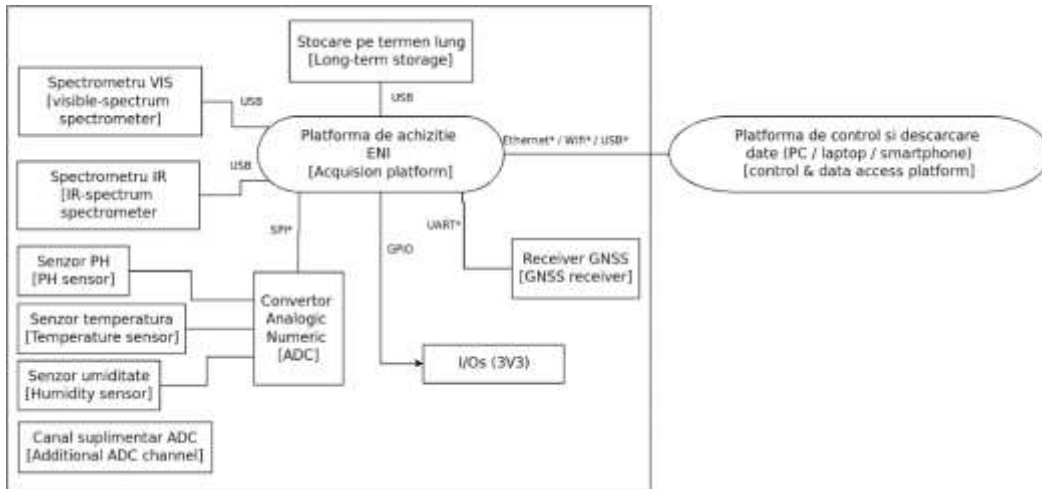


Figura 3 Arhitectura sistemului de comandă și control bazat pe Raspberry Pi 4

Pe timpul experimentărilor Placa Raspberry Pi 4 s-a comportat ca un hotspot wireless. În urma conectării la WiFi-ul acesteia "RpiHotspot", cu parola "proiecteni" (conform cu ServiceManual), se pornește un browser (pe PC sau telefonul mobil). Din browser folosind URL-ul 92.168.42.1:8080 este disponibilă o fereastră prin care sunt accesibile log-urile pentru fiecare periferic, cu times stamp (data, ora) pentru a recunoaște între diferite înregistrări.



Figura 4 Carrier – board pentru Raspberry Pi 4



Figura 5 Placa Raspberry Pi 4 (detaliu legături)

Pentru alimentarea și interfațarea plăcii Raspberry Pi cu perifericele analogice a fost proiectată o placă prototip. Aceasta oferă: convertoare ADC pentru interfațare cu senzori analogici și alimentare pentru spectrometrul NIRQuest (pentru dispozitivul de răcire TEC integrat), respectiv pentru placa Raspberry Pi. Alimentarea modulului este izolată galvanic de domeniul de electronică de putere (hidraulică, restul tractorului) pentru a reduce instabilitatea în funcționare și riscul defectării sistemului de comandă (cu Raspberry Pi) în timpul funcționării datorită de exemplu, unor cuplaje parazite. Izolarea galvanică se realizează printr-un convertor DC-DC cu izolație galvanică (modelul ales fiind JTL6024S05 - Isolated Board Mount DC/DC Converter, ITE, 1 Output, 60 W, 5 VDC, 12 A).

4. Implementarea software-ului de procesare a datelor și cartarea.

În arhitectura proiectului și alegerea software -lui au fost prevăzute conexiuni temporare pe durata procesului de dezvoltare software pentru depanare cu tastatura+mouse USB, respectiv interfață de stocare pe termen lung (a sistemului de operare, a aplicației de achiziție și a datelor colectate). Dezvoltarea unui sistem software modular pentru achiziția semnalelor produse de diverși senzori (dintre care unii se impun de către beneficiar, iar alții sunt lasăți la latitudinea designer-ului de sistem). Sistemul oferă interfețele necesare pentru configurarea dispozitivelor sursă și pentru interfațarea cu senzori. Ca urmare s-au realizat următoarele programe:

În concluzie am implementat cu succes un sistem încorporat bazat pe senzori, care poate, fără recompilare, să fie reconfigurat și care are GUI și suport pentru câțiva senzori obișnuiți: PH, temperatură, umiditate, poziție GPS, fotospectrometre.

Rezultate Pr. 3

Descrierea științifică și tehnică și gradul de realizarea obiectivelor

Activitatea 4-3-1 Stabilirea dozelor optime de aplicare a îngrășămintelor utilizând metoda clasică de elaborare a studiilor agrochimice

Rezultate așteptate: Bază de date

Indicatori de realizare: Hărți georeferențiate. Indicatorii de realizare au fost atinși în proporție de 100 %.

Pentru calculul dozelor de îngrășămintă ce urmează a fi aplicate pe terenul agricol sunt utilizați anumiți indicatori agrochimici (pH, humus, suma bazelor de schimb – SB, aciditatea hidrolitică – AH, fosforul mobil – P_{AL} , potasiul mobil – K_{AL} , indicele de azot – IN). În continuare prezentăm pentru fiecare areal luat în studiu clasele de variație a acestor indicatori, cartogramele acestora, dozele optime economice și dozele optime tehnice.

În toate cazurile studiate doza optimă economică (DOE) asigură un profit total mare, ca răspuns al culturii la fertilizare.

DOE are în vedere prețul îngrășămintelor minerale și prețul produselor, în acord cu indicii agrochimici ai solului, cerințele culturii pentru elemente nutritive, capacitatea solului de a asigura o parte din necesarul de elemente nutritive, conjunctura economică, în condițiile unei tehnologii normale de cultură.

Dacă dotarea fermei este la un nivel tehnologic ridicat armonizat cu factorii de vegetație care conduc la realizarea recoltei, răspunsul final poate fi concretizat prin recolte mai mari decât cele apreciate a fi realizate prin doza optimă economică, dar nu pot depăși un anumit nivel de recoltă care se situează de regulă sub recolta scontată de fermier care cu siguranță pe lângă dotarea cu echipamente de ultimă generație are în cultură și soiuri/hibridi de plante cu potențial ridicat de producție. În aceste situații planul de fertilizare conține și doze optime din punct de vedere tehnic (DOT), care reprezintă necesarul de elemente nutritive pentru realizarea producției corespunzătoare potențialului de producție al speciei/soiului în anumite condiții pedoclimatice.

Activitatea 4-3-2 Evaluarea economică a beneficiilor aduse de eco-nano-tehnologii și echipamentele inteligente

Rezultate așteptate: Bază de date

Indicatori de realizare: Model economic. Indicatorii de realizare au fost atinși în proporție de 100 %.

Au fost folosite în evaluarea economică a beneficiilor aduse de eco-nano-tehnologii și echipamentele inteligente costurile estimate cu necesarul de resurse tehnice, umane, consumabile (de teren și laborator), cheltuieli de transport, costurile indirecte (utilitățile) în cazul aplicării metodologiei clasice de realizare a studiilor agrochimice pentru diferite areale studiate în

cadrul proiectului. A fost stabilit un cost mediu pe hectar. Acesta a fost apoi comparat cu costul mediu pe hectar în cazul utilizării echipamentului inteligent. Acesta a fost estimat ținând cont de consumul de carburant, manopera operatorului și a specialistului în IT care se ocupă cu preluarea și prelucrarea datelor, costurile cu mentenanța echipamentului (verificare și/sau înlocuire senzori). Utilizarea echipamentelor inteligente aduce beneficii economice în comparative cu metodologia clasică de elaborare a studiilor agrochimice determinate de costurile mai reduse. Metoda echipamentelor inteligente este mai rapidă, evitându-se astfel riscul întârzierilor în aplicarea îngrășămintelor pe teren. Cu toate acestea totuși metodologia clasică este mai sigură, analizele de laborator sunt efectuate în condiții standard, astfel că se evită fluctuația unor factori variabili în teren cum ar fi, temperatura, condiții de umiditate etc., care pot influența precizia datelor.

Prezentarea structurii ofertei de servicii de cercetare și tehnologice cu indicarea link-ului din platforma Erris:

ICPA București, ca partener în proiect, furnizează următoarele servicii destinate fermierilor individuali, asociațiilor de producători, companiilor private din sectorul agricol, autorităților administrative naționale centrale și locale și instituțiilor/organizațiilor europene:

- Analize de sol pentru nutrienți și/sau diverși poluanți;
- Cartare pedologică și elaborarea de hărți de sol, atât în zonele agricole cât și în zonele urbane;
- Cartare agrochimică a solurilor pentru stabilirea nivelului de fertilitate;
- Bonitatea solurilor pentru analiza productivității și favorabilității culturilor;
- Testarea agrochimică a îngrășămintelor în vederea autorizării pentru folosirea în agricultură în România;
- Studii de impact și evaluări de risc mediu pentru reziduuri din agricultură (gunoi de grajd, ape uzate, nămol etc) sau din alte domenii (petrol, deșeuri urbane etc.);
- Restaurarea și refacerea ecologică a solurilor contaminate și terenurilor degradate;
- Soluții practice (planuri de management al nutrienților) pentru conformarea cu Directiva Europeană a Nitraților;
- Aplicarea actelor normative pentru conformitatea cu cerințele de protecția mediului (eco-condiționalitate) la plata subvențiilor europene de suprafață (APIA);
- Evaluări ale diferitelor amenințări asupra solului (compactare, eroziune, salinizare);
- Fundamentarea măsurilor de agro-mediu și climă (HNV, practici agricole tradiționale etc.) din programele de dezvoltare rurală.

Rezultate Pr. 4

Indicatori de realizare: 1 Articol BDI

1 Articole *in curs de publicare* in reviste indexate in baze de date internationale“

Titlu articol: Responses of some new Romanian potato varieties to the *in vitro* hidric stress

Autori: Hermeziu Manuela, Tican Andreea, Iamandei Maria

Nr. autori din echipa proiectului: 2

Status: in evaluare (trimis in data de 17.03.2021)

Tip articol : BDI

Titlu revistă: Agricultura (<https://journals.usamvcluj.ro/index.php/agricultura>)

Print ISSN 1221-5317

The journal is indexed in the following International Databases:

- [AGRICOLA](#)
- [Centre for Agriculture and Biosciences International \(CABI\)](#)
- [CAB Abstracts](#)
- [Directory of Open Access Journals \(DOAJ\)](#)
- [Russian Scientific and Technical Information Institute \(VINITI\)](#)
- [Elton B Stephens Company \(EBSCO\)](#)
- [Google Scholar](#)
- [CiteFactor](#)

Indicatori de realizare: ECO-NANOTEHNOLOGIE

Eco-Nanotehnologia de monitorizare non-invaziva a componentei biotice cu rol in acumularea materiei organice din sol

Participanti : INSTITUTUL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU PROTECTIA PLANTELOR, ICDPP București; Echipa : Maria IAMANDEI, Madalina Radulea, Andrei CHIRILOAIE-PALADE;

P6 - INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE DEZVOLTARE PENTRU CARTOF SI SFECLA DE ZAHAR Brasov; Echipa: Manuela HERMEZIU, Carmen Chelmea

Numar autori din echipa de proiect : 5

Nivel de interes : National

Anul si luna obtinerii : Aprilie 2021

Nr. Proiecte finant. Din surse nationale care au contribuit la obt. Rez : 1

Indicatori de realizare: Aplicatie software de uz intern

Participanti : INSTITUTUL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU PROTECTIA PLANTELOR, ICDPP București; Echipa : Maria IAMANDEI, Madalina Radulea, Andrei CHIRILOAIE-PALADE;

Numar autori din echipa de proiect : 3

Nivel de interes : National

Anul si luna obtinerii : Aprilie 2021

Nr. Proiecte finant. Din surse nationale care au contribuit la obt. Rez : 1

Indicatori de realizare: Cerere de brevet

„Procedeu de estimare a continutului de materie organică din solul ecosistemelor agricole”

Participanti : INSTITUTUL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU PROTECTIA PLANTELOR, ICDPP București; Echipa : Maria IAMANDEI, Andrei CHIRILOAIE-PALADE;

Numar autori din echipa de proiect : 2

Nivel de interes : National

Anul si luna obtinerii : Aprilie 2021

Nr. Proiecte finant. Din surse nationale care au contribuit la obt. Rez : 1

In plus fata de indicatorii din plan avem

Indicatori de realizare: Participari conferinte-

Conferinta Proiectului Complex PNIII 41 PCCDI din 30.03.2021

Prezentarea lucrării *“Influenta diferitelor tipuri de fertilizare asupra reflectantei culturii de cartof”*

Participanti : INSTITUTUL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU PROTECTIA PLANTELOR, ICDPP București; Echipa : Maria IAMANDEI, Madalina Radulea, Andrei CHIRILOAIE-PALADE;

P6 - INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE DEZVOLTARE PENTRU CARTOF SI SFECLA DE ZAHAR Brasov; Echipa: Manuela HERMEZIU

Numar autori din echipa de proiect : 4

Nivel de interes : National

Anul si luna obtinerii : Martie 2021

Nr. Proiecte finant. Din surse nationale care au contribuit la obt. Rez : 1

Rezultate Pr. 5

Rezumatul etapei

În cercetările prezente am introdus o nouă abordare asupra cercetărilor curentului electric generat de fluxul de ioni prin xilemul plantelor de tomate cultivate în condiții de cultura pentru a măsura consumul de nutrienți al plantei. Studiul s-a realizat, în condiții controlate de mediu, prin monitorizarea parametrilor de creștere și dezvoltare la plante de tomate cultivate în fitotron.

În urma cercetărilor am stabilit că valoarea curentului electric generat în plantă este direct proporțional cu mecanismele metabolice ale acesteia. Caracteristicile semnalului electric al fiecărei plante în funcție de consumul nutritiv și de factorii de mediu sunt utilizate de către instalația de biosenzor pentru a determina carența macro și microelementelor din plante.

Funcționalitatea instalației biosenzorului se bazează pe monitorizarea potențialului bioelectric al necesarului metabolic al plantei, drept urmare datele obținute sunt folosite ca date de intrare pentru sistemul de automatizat de gestionare a procesului de creștere al plantelor. Controlul nutrienților se realizează cu ajutorul softului de calculator care analizează semnalele de intrare.

Biosenzorul realizat prezintă avantaje economice prin reducerea consumului de nutrienți și ecologice prin faptul că furnizează doar macroelementele de care planta are nevoie evitând contaminarea solului sau a substratului de cultură.

1.1.Rezultatele experimentale obținute

Plecând de la ipotezele de mai sus, s-au analizat semnalele electrice generate de către nutrienți în cele trei fenofaze ale culturile de tomate. S-a observat că mărimea semnalelor electrice măsurate în tulpina plantelor depinde de consumul de substanțe nutritive și de ritmul circadian al plantelor. În general, magnitudinea semnalelor electrice ale fluxurilor de ioni din xileme crește pe durata zilei și scade pe timpul nopții, atunci când consumul de nutrienți scade. În prima jumătate de oră de la implantarea electrozilor în plantă, semnalele variază foarte mult datorită modificărilor electrochimice din jurul celor doi electrozi (figura 3).

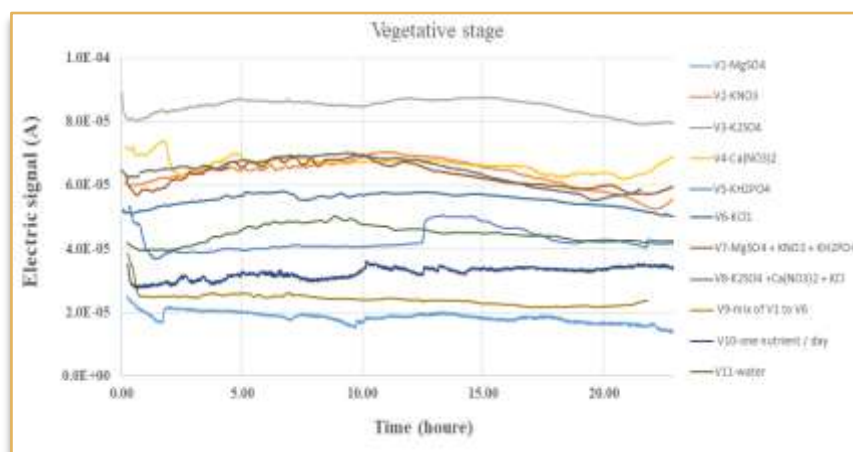


Figura 3. Semnalele electrice ale celor 11 variante de tratament în stadiu de vegetație

Fenofaza de creștere

Magnitudinile și forma semnalelor electrice depind de cantitățile de anioni și cationi din fiecare soluție de macroelemente. În starea de vegetație, semnalele electrice înregistrate, pentru toate variantele de tratament, prezintă valori mult mai ridicate decât în celelalte fenofaze, deoarece necesarul de nutrienți este foarte ridicat. Însă în această fenofază plantele au nevoie, în

special, de azot. O sursă importantă de azot este tratamentul cu soluție de azotatul de potasiu ($V2-KNO_3$).

Azotul este responsabil pentru vigurozitatea plantei influențând direct înălțimea, aria frunzelor și numărul de flori. La maturitate, excesul de azot are efecte inhibitoare, precum diminuarea mărimilor fructelor sau întârzierea coacerii. Conținutul optim de azot din turbă este de 40 mg/l. Plantele absorb azotul din sol, care poate proveni din azot mineral sau din denitrificare. În figura 4 este reprezentat graficul pentru semnalele electrice a azotatului de potasiu, în diferite fenofaze.

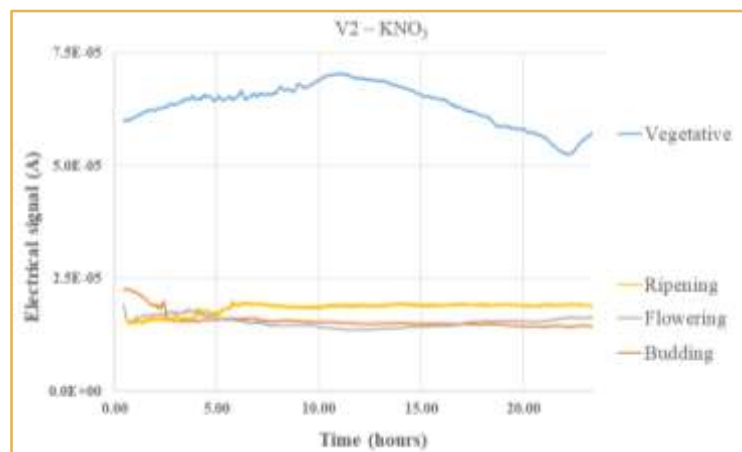


Figura 4. Semnalele electrice a azotatului de potasiu în diferite fenofaze

Magnitudinea semnalului electric a azotatului de potasiu în starea de vegetație este mult mai ridicată decât în celelalte fenofaze analizate. Consumul de azot este în creștere pe durata zilei, atingând un maxim atunci când lumina scade, apoi acesta descrește până la creșterea intensității luminoase (figura 12). Caracteristicile semnalului confirmă ipoteza că în această fenofază planta consumă o cantitate mare de azot. Consumul ridicat de azot este confirmat și de forma semnalului azotatului de calciu ($V4-Ca(NO_3)_2$), așa cum este prezentat în figura 5 (MSUEB, 2015).

Tratamentele cu azotatului de calciu furnizează plantei calciu (Ca) și nitrat (NO_3) care este o sursă importantă de azot. Semnalul pentru acest tratament este mult mai mare decât celelalte fenofaze, la fel ca în cazul precedent.

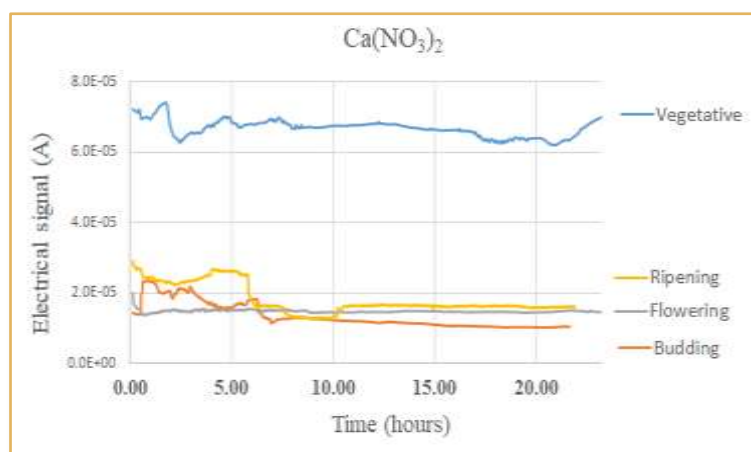


Figura 5. Semnalele electrice a azotatului de calciu în diferite fenofaze

Calciul este responsabil pentru înălțimea plantelor și a numărului de frunze. Concentrațiile de calciu mai mari de 40 mg/l din soluția de nutrient dau un conținutul optim de calciu în plantă. Proprietățile solului și factorii de mediu cauzează deficit de calciu în plantele de tomate și induce tulburarea fiziologică denumită *Blossom End Rot*. Deficitul de calciu este dat de textura fină și grosieră a solului, compacitatea puternică a solului, conținutul ridicat de săruri solubile și substanțe nutritive specifice (azot, mangan, potasiu, cupru), aciditate ridicată a solului în asociere cu umiditate relativă scăzută a aerului, temperatură ridicată, stresul de secetă sau fluctuații mari ale umidității solului.

Fenofaza de înflorire

În stadiul de înflorire, semnalul electric este mai crescut pentru nutrienții care conțin potasiu (K) - V6 KCl. Creșterea nivelului de potasiu are un mic efect asupra numărului de flori, însă proporția de flori care ajung la maturitate și producția de fructe cu aspect comercial este mai ridicată cu 30% (Clarek, 1944) dacă potasiu se află la un nivel optim. Nivelul optim de potasiu în substratul de turbă este de 120-200mg/l.

Valoarea semnalului pentru nutrientul care conține potasiu crește foarte mult în fenofaza de înflorire (figura 6), chiar dacă valoarea semnalului pentru macroelementele care conțin potasiu este mai scăzut decât în stadiu de vegetație.

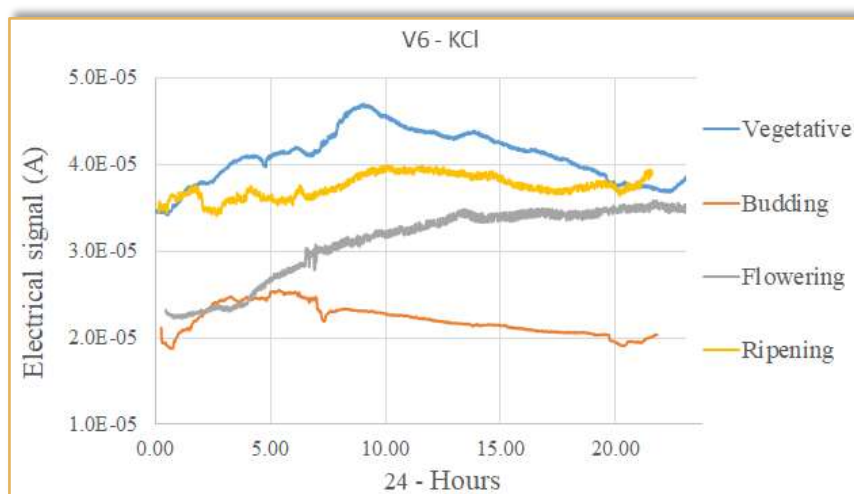


Figura 6. Semnalele electrice a clorurii de potasiu în diferite fenofaze

Etapa de maturare

Utilizând tehnica propusă de noi, am analizat consumul de apă de către plantă în toate fenofazele studiate. Din figura 8 se observă că consumul de apă este foarte ridicat în fenofaza de vegetație, urmat de cel din fenofaza de maturare a fructelor. Variantele de plante tratate doar cu apă prezintă o valoare mai ridicată a semnalului electric în fenofaza de maturare a fructelor față de fenofazele de înmugurire și înflorire (figura 7).

Rezultatele obținute sunt utile pentru a calibra biosenzorul astfel încât consumul de nutrienți să fie adaptat fiecărei fenofaze de creștere sau dezvoltare al plantei.

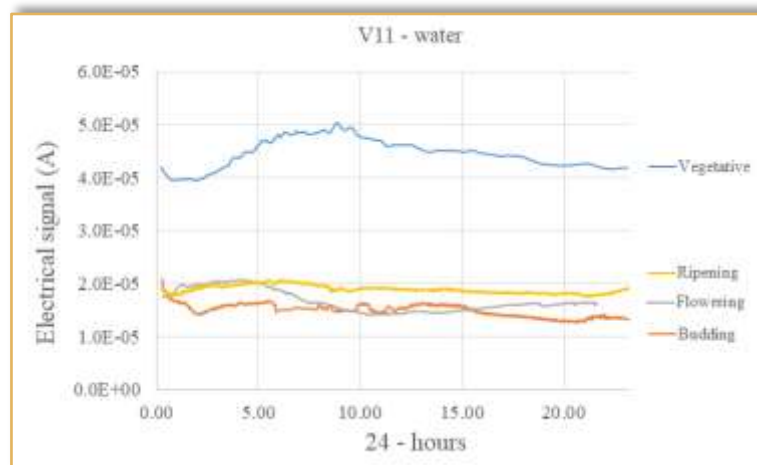


Figura 7. Semnalele electrice pentru consumul de apă în diferite fenofaze

1.2.Rezultate și discuții privind indicatorii biometrici și agroproductivi

Suprafața foliară și înălțimea plantelor de tomate sunt indicatori al caracteristicilor ecofiziologice cum ar fi rata relativă de creștere și longevitatea frunzelor (Weiher și colab. 1999; Wright și Westoby, 2002). Dimensiunea frunzelor poate crește cu creșterea temperaturii aerului și frunzele funcționale mari au straturi de aer mai groase în jurul suprafețelor lor, care izolează și scad pierderea de apă prin transpirație (Hopkins și colab., 2008).

În tabelul 3 sunt prezentate valorile înălțimii plantelor de tomate la 16.05, 24.05, 31.05, 07.06, 14.06, 20.06, 28.06 și 04.07.

Tabelul 3. Dinamica înălțimii plantelor de tomate (cm)

Data măsurătorilor								
Varianta	16.05.	24.05	31.05	07.06	14.06	20.06	28.06	04.07
V1	111.00	115.00	123.67	138.00	147.33	152.33	154.33	157.33
V2	108.00	114.00	123.67	140.00	150.67	168.33	173.33	178.33
V3	106.00	112.00	119.67	135.00	146.00	154.00	156.67	158.67
V4	111.67	118.67	129.33	141.33	149.33	166.67	176.00	179.00
V5	108.00	114.00	119.67	138.33	151.00	159.33	164.00	167.00
V6	113.33	119.67	125.33	139.00	142.67	145.00	146.67	148.33
V7	114.00	119.67	131.00	153.33	163.33	181.00	188.00	190.33
V8	110.67	118.67	128.67	150.67	158.00	172.33	184.00	187.33
V9	119.67	124.67	130.33	145.33	159.00	176.67	185.33	189.33
V10	106.33	111.67	117.00	139.00	141.33	154.67	160.00	162.33
V11	108.33	114.00	124.00	140.67	144.33	151.67	154.00	159.00

În figura 12 se regăsește reprezentarea grafică a dinamicii înălțimii plantelor de tomate.

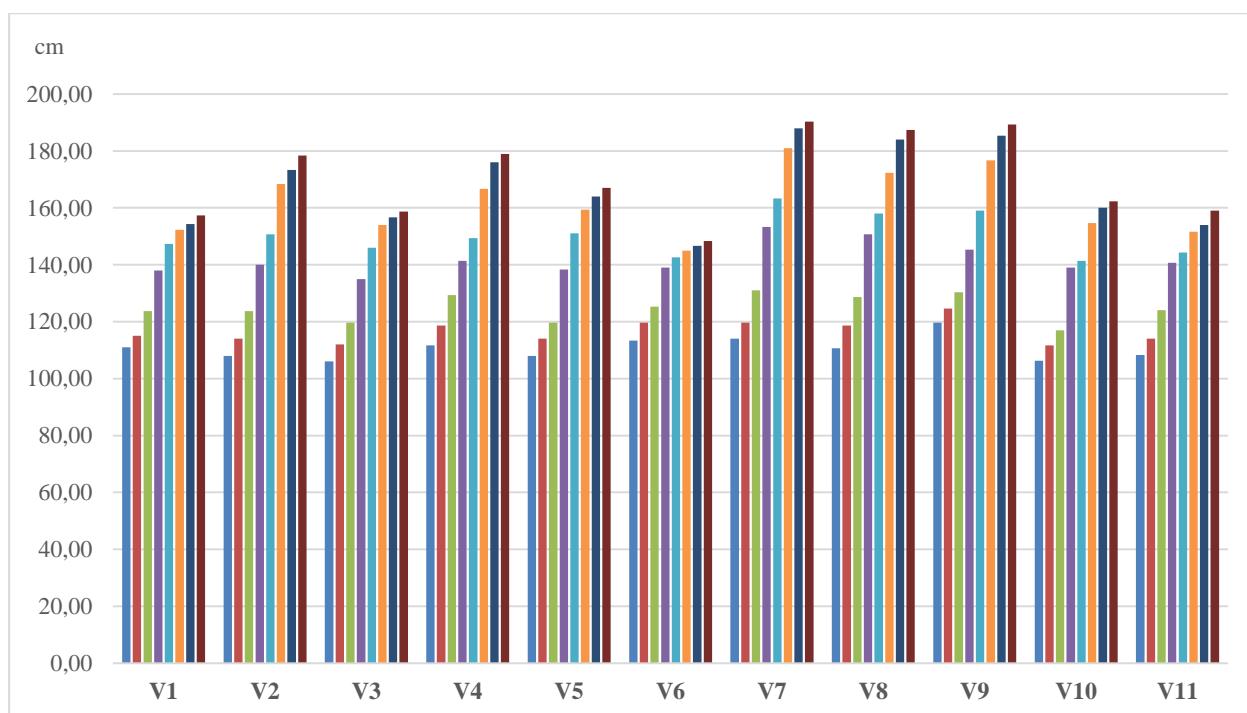


Figura 12 – Reprezentarea grafică a dinamicii înălțimei plantelor de tomate

În tabelul 4 sunt prezentate rezultatele conținutului de clorofilă din plantele de tomate și suprafața foliară.

Tabelul 4. Conținutul de clorofilă din plantele de tomate și suprafața foliară

Varianta	Conținutul de clorofilă (CCI)	Suprafața foliară (mm ²)
V1	62.74 ± 0.61 ns	244.24 ± 69.41 c
V2	57.95 ± 1.25 ns	3602.62 ± 998.37 a
V3	56.47 ± 5.46 ns	574.77 ± 76.93 bc
V4	59.45 ± 0.45 ns	2822.46 ± 343.27 ab
V5	54.65 ± 3.75 ns	561.1 ± 225.06 bc
V6	53.27 ± 2.24 ns	667.36 ± 101.45 bc
V7	50.57 ± 4.78 ns	3509.27 ± 800.07 a
V8	55.11 ± 1.53 ns	2293.97 ± 136.33 abc
V9	60.17 ± 1.16 ns	2708 ± 661.48 ab
V10	50.53 ± 4.53 ns	2521.03 ± 186.87 abc
V11	55.26 ± 2.67 ns	535.78 ± 202.39 bc

În figura 13 se regăsește reprezentarea grafică a conținutului de clorofilă din plantele de tomate.

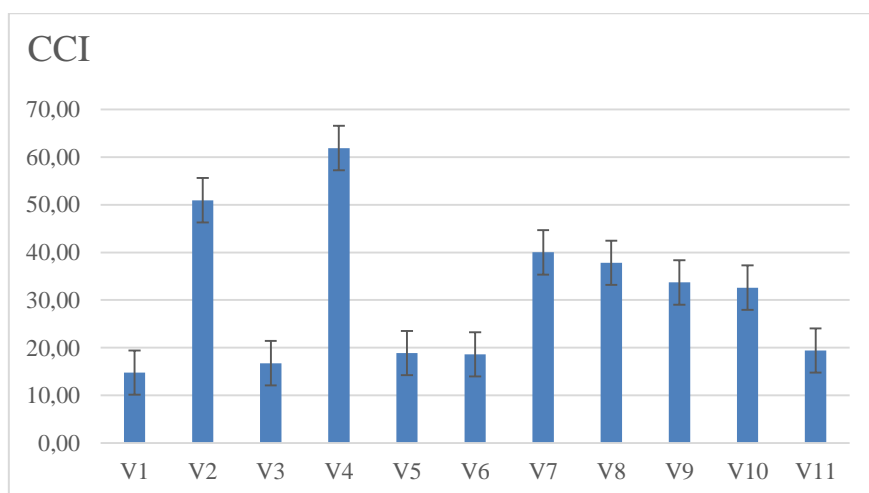


Figura 13 – Reprezentarea grafică a conținutului de clorofilă

În figura 14 regăsim reprezentarea grafică a suprafeței foliare la plantele de tomate.

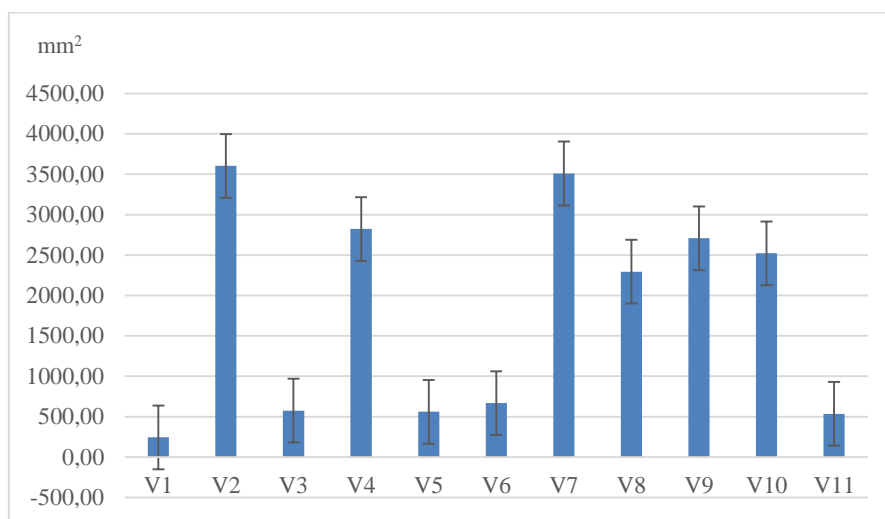


Figura 14 – Reprezentarea grafică a suprafeței foliare la plantele de tomate

În tabelul 5 regăsim rezultate în dinamică cu privire la numărul de fructe de tomate recoltate pe plantă.

Tabelul 5. Dinamica numărului de fructe de tomate recoltate pe plantă (buc)

Varianta	Data măsurătorilor							
	16.05.	24.05	31.05	07.06	14.06	20.06	28.06	04.07
V1	5.33	10.00	16.33	16.00	16.67	20.33	24.33	29.33
V2	4.67	9.33	17.33	21.00	22.00	30.33	39.33	43.67
V3	4.67	8.33	15.33	20.00	21.00	22.33	22.33	20.33
V4	5.67	10.67	14.33	21.33	21.67	33.67	34.67	43.33
V5	6.00	10.33	18.00	23.67	19.33	28.00	23.33	29.67
V6	5.33	10.33	18.00	18.67	24.33	24.00	19.33	23.67
V7	5.33	8.67	17.67	24.00	24.33	27.67	35.00	40.33
V8	7.00	12.67	17.33	19.33	24.67	29.67	28.00	34.33

V9	5.00	8.67	13.33	21.67	20.33	28.67	29.00	34.33
V10	5.67	9.33	15.67	22.33	24.00	29.67	31.00	36.67
V11	6.00	10.67	13.00	20.67	24.00	28.33	28.00	29.00

În figura 15 se regăsește reprezentarea grafică a dinamicii numărului de fructe recoltate de la plantele de tomate.

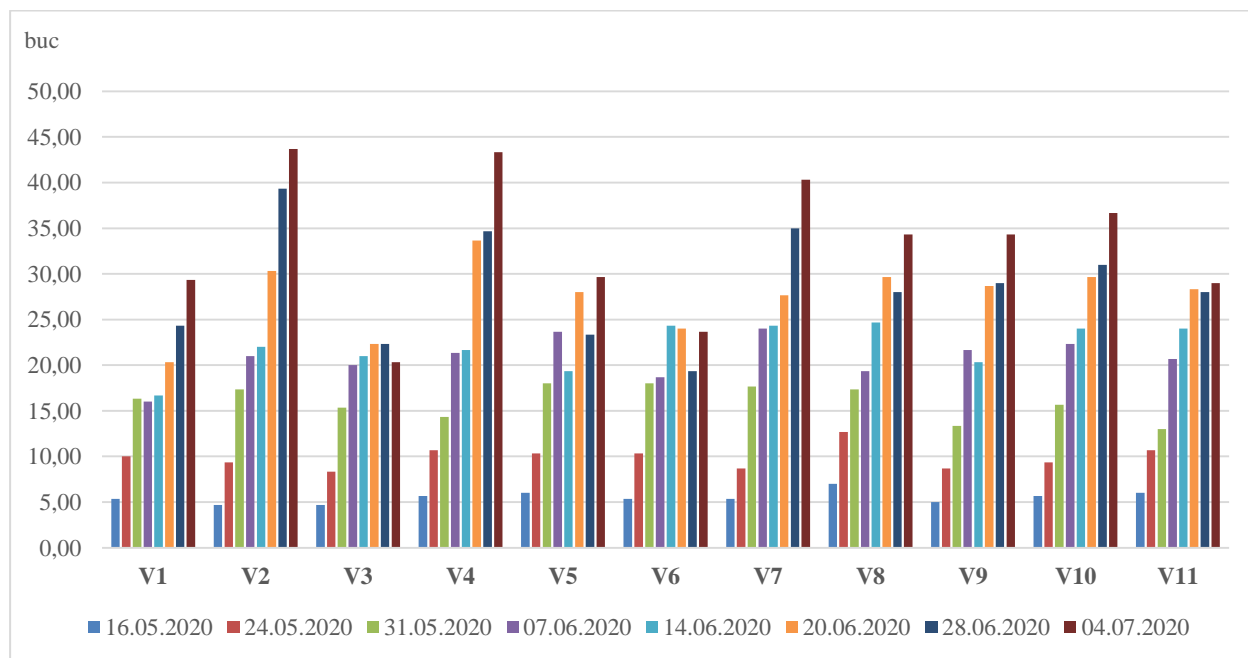


Figura 15 – Reprezentarea grafică a dinamicii numărului de fructe recoltate de la plantele de tomate

În tabelul 6 sunt prezentate rezultatele cu privire la numărul de fructe recoltate de la plantele de tomate și masa acestora.

Tabelul 6. Numărul de fructe recoltate de la plantele de tomate și masa acestora

Varianta	Număr fructe	Masa fructelor (g)
V1	29.33 ± 0.88 bcd	154.92 ± 9.15 ns
V2	43.67 ± 2.73 a	199.57 ± 28.1 ns
V3	20.33 ± 2.85 d	225.72 ± 16.68 ns
V4	43.33 ± 0.67 a	146.18 ± 27.19 ns
V5	29.67 ± 0.88 bcd	196.29 ± 1.99 ns
V6	23.67 ± 5.21 cd	155.53 ± 19.25 ns
V7	40.33 ± 1.45 ab	137.87 ± 17.44 ns
V8	34.33 ± 2.33 abc	182.37 ± 38.37 ns
V9	34.33 ± 0.88 abc	174.81 ± 35.32 ns
V10	36.67 ± 2.4 ab	156.01 ± 9.09 ns
V11	29 ± 2.08 bcd	

În figura 16 regăsim reprezentarea grafică a numărului de fructe recoltate la cultura de tomate.

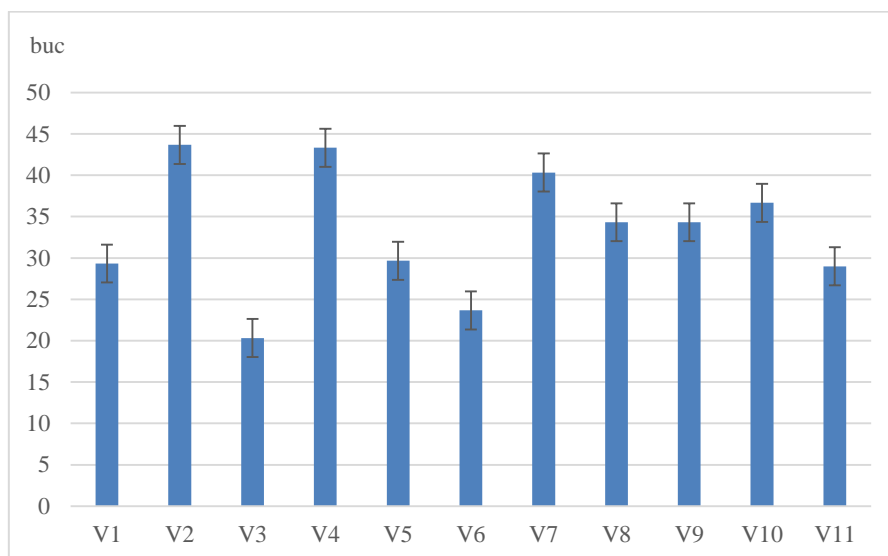


Figura 16 – Reprezentarea grafică a numărului de fructe recoltate la cultura de tomate

În figura 17 regăsim reprezentarea grafică a masei plantelor de tomate.

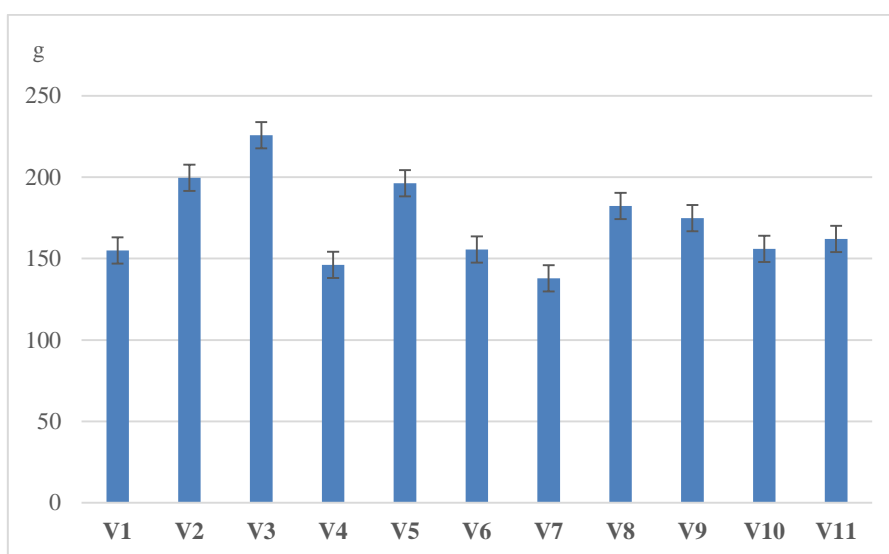


Figura 17 – Reprezentarea grafică a masei plantelor de tomate

În tabelul 7 sunt prezentate rezultatele cu privire la diametru și înălțimea fructelor de tomate.

Tabelul 7. Diametru și înălțimea fructelor (mm)

Varianta	Diametru	Înălțimea fructelor
V1	62.74 ± 0.61 ns	52.67 ± 1.2 ns
V2	57.95 ± 1.25 ns	49.34 ± 1.94 ns
V3	56.47 ± 5.46 ns	45.94 ± 3.86 ns
V4	59.45 ± 0.45 ns	46.81 ± 0.35 ns
V5	54.65 ± 3.75 ns	47.52 ± 3.7 ns

V6	53.27 ± 2.24 ns	47.09 ± 1.74 ns
V7	50.57 ± 4.78 ns	41.62 ± 4.61 ns
V8	55.11 ± 1.53 ns	47.36 ± 1.4 ns
V9	60.17 ± 1.16 ns	50.97 ± 0.71 ns
V10	50.53 ± 4.53 ns	41.04 ± 7.06 ns
V11	55.26 ± 2.67 ns	46.45 ± 2.78 ns

În figura 18 se regăsește reprezentarea grafică a diametrului și înălțimei fructelor de tomate.

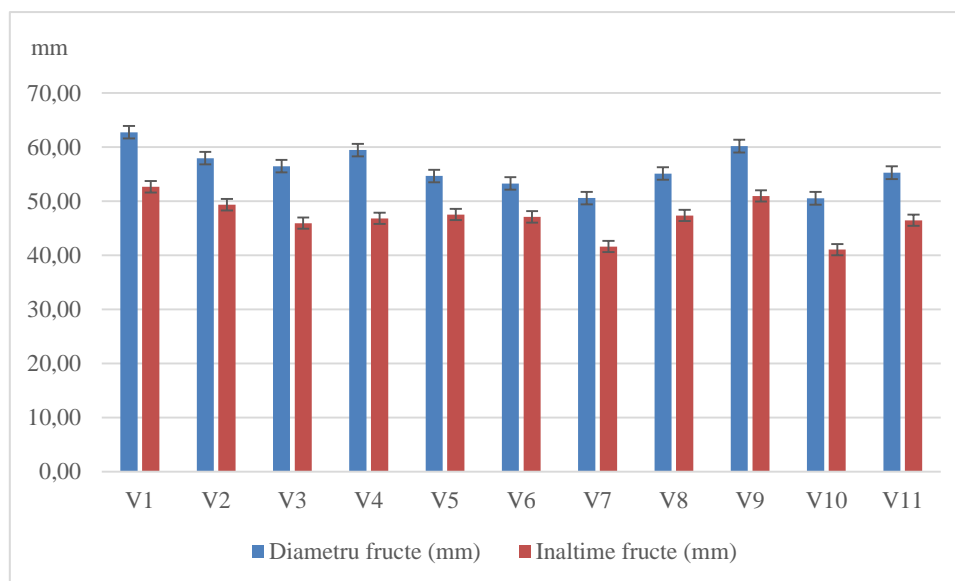


Figura 18 – Reprezentarea grafică a diametrului și înălțimei fructelor de tomate

În tabelul 8 sunt prezentate datele de producție pe fiecare variantă obținute la cultura de tomate.

Tabelul 8. Producția totală la cultura de tomate (t/ha)

Varianta	Producția totală
V1	129.38 ± 7.33 ab
V2	245.33 ± 27.08 a
V3	132.13 ± 25.18 ab
V4	181.55 ± 35.83 ab
V5	166.02 ± 6.15 ab
V6	103.26 ± 20.82 b
V7	159.13 ± 23.69 ab
V8	183.32 ± 51.47 ab
V9	172.76 ± 38.85 ab
V10	164.08 ± 18.77 ab
V11	132.88 ± 7.2 ab

În figura 19 se regăsește graficul cu producția totală obținută la cele 11 variante.

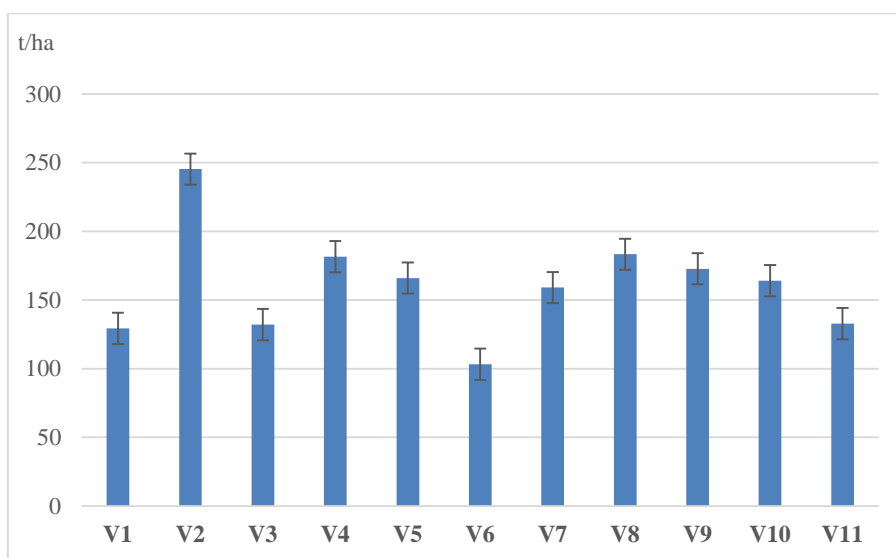


Figura 19 – Reprezentarea producției totale la cultura de tomate

În figura 20 se regăsește graficul cu influența fertilizării minerale diferențiate asupra fotosintezei.

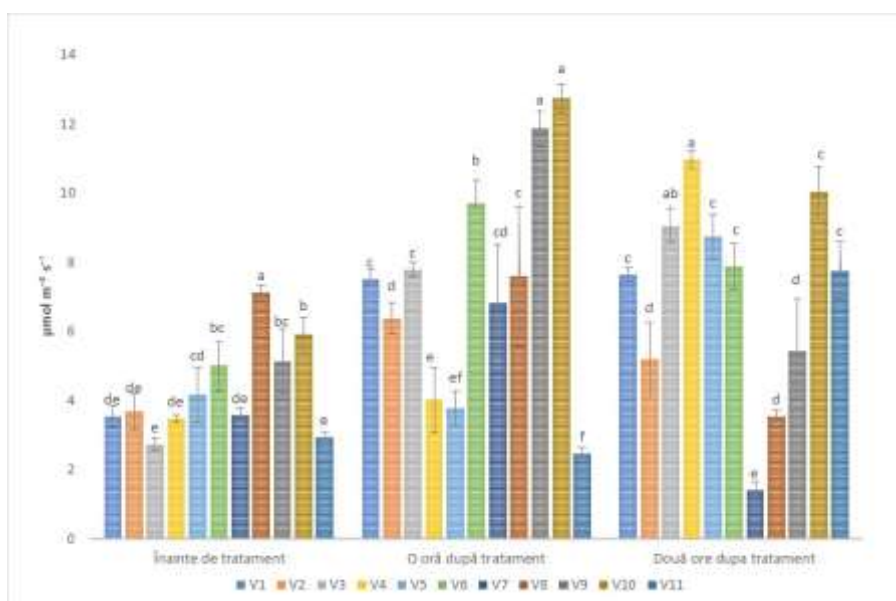


Figura 20 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra fotosintezei.

(V1 – $MgSO_4$, V2 – KNO_3 , V3 – K_2SO_4 , V4 – $Ca(NO_3)_2$, V5 – KH_2PO_4 , V6 – KCl , V7 – $MgSO_4+KNO_3+KH_2PO_4$, V8 - $K_2SO_4+ Ca(NO_3)_2+ KCl$, V9 - $MgSO_4+KNO_3+ KH_2PO_4+ K_2SO_4+ Ca(NO_3)_2+ KCl$, V10 – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V1-V6, V11 – martor).). Literele diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

În figura 21 se regăsește graficul cu influența fertilizării minerale diferențiate asupra ratei de transpirație.

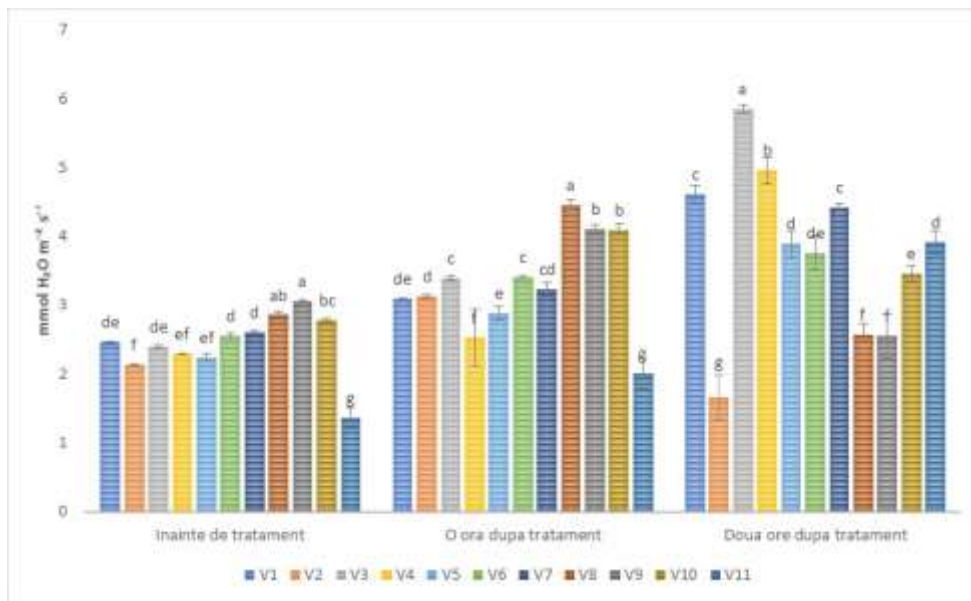


Figura 21 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra ratei de transpirație.

(V1 – MgSO₄, V2 – KNO₃, V3 – K₂SO₄, V4 – Ca(NO₃)₂, V5 – KH₂PO₄, V6 – KCl, V7 – MgSO₄+KNO₃+KH₂PO₄, V8 - K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V9 - MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl , V10 – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V1-V6, V11 – martor).). Literele diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

În figura 22 se regăsește graficul cu influența fertilizării minerale diferențiate asupra ratei de transpirație.

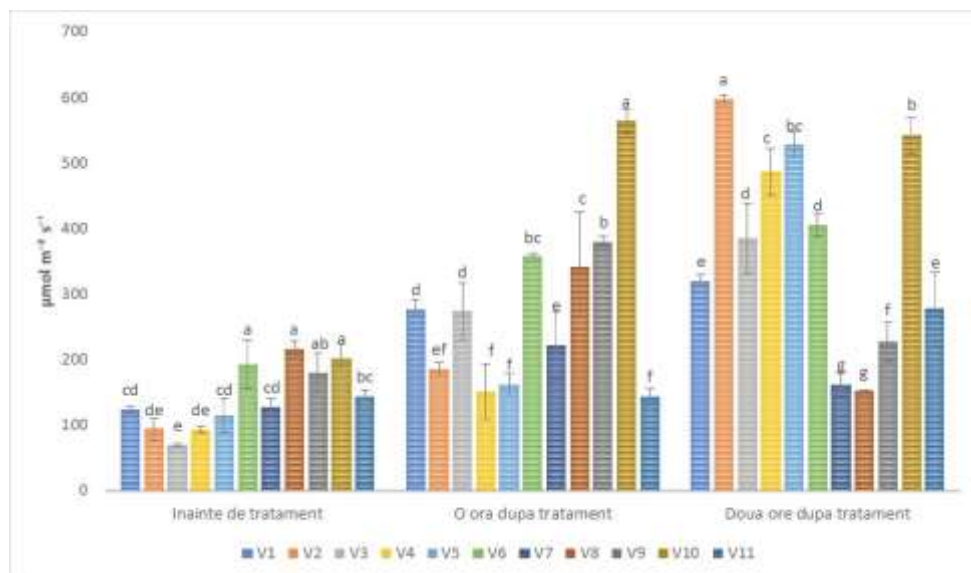


Figura 22 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra radiației active fotosintetice.

(V1 – MgSO₄, V2 – KNO₃, V3 – K₂SO₄, V4 – Ca(NO₃)₂, V5 – KH₂PO₄, V6 – KCl, V7 – MgSO₄+KNO₃+KH₂PO₄, V8 - K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V9 - MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl , V10 – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V1-V6, V11 – martor).). Literele diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

În figura 23 se regăsește graficul cu influența fertilizării minerale diferențiate asupra conductanței stomatale.

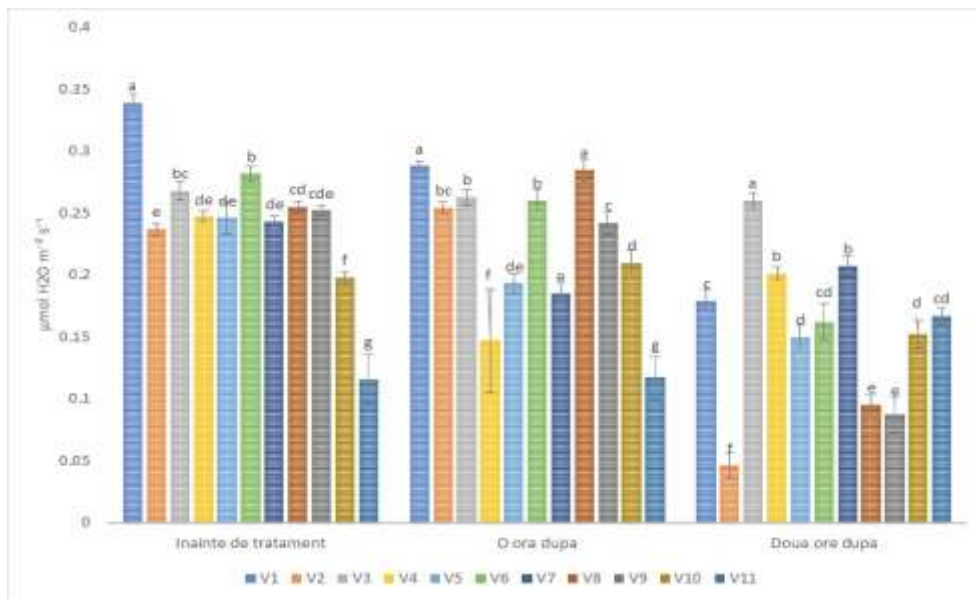


Figura 23 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra conductanței stomatale. (V1 – MgSO₄, V2 – KNO₃, V3 – K₂SO₄, V4 – Ca(NO₃)₂, V5 – KH₂PO₄, V6 – KCl, V7 – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄, V8 - K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V9 - MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl , V10 – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V1-V6, V11 – martor).). Literele diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

În figura 24 se regăsește graficul cu influența fertilizării minerale asupra concentrației de CO₂ substomatal.

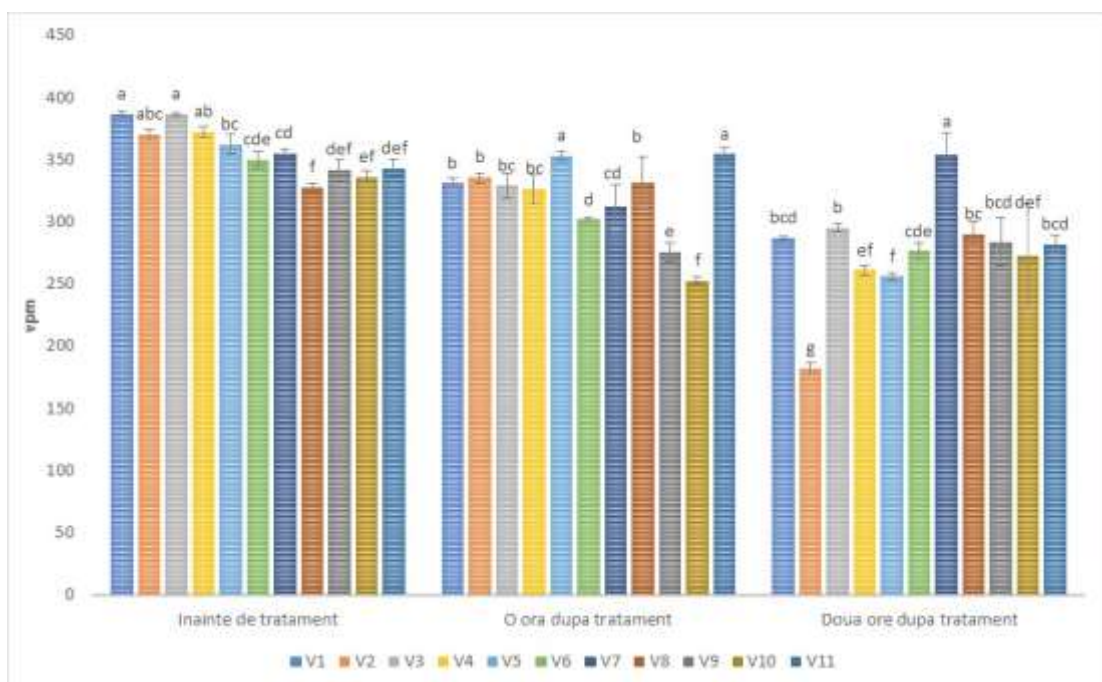


Figura 24 - Influența fertilizării minerale asupra concentrației de CO₂ substomatal.

(V1 – MgSO₄, V2 – KNO₃, V3 – K₂SO₄, V4 – Ca(NO₃)₂, V5 – KH₂PO₄, V6 – KCl, V7 – MgSO₄+KNO₃+KH₂PO₄, V8 - K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V9 - MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl , V10 – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V1-V6, V11 – martor).). Literele diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey (p ≤ 0,5).

Efectul fertilizării minerale asupra conținutului total de clorofile

Conținutul total de clorofile al plantelor de tomate cv. Brillante F1 a variat în funcție de tipul de fertilizare minerală administrat între 14,99 CCI și 60,14 CCI. Cel mai mare conținut de clorofilă a fost înregistrat pentru varianta fertilizată cu Ca(NO₃)₂ – V4 (60,14 CCI), urmată de varianta fertilizată cu KNO₃ – V2 (47,39 CCI), între care s-au înregistrat diferențe semnificative. Variantele fertilizate cu mixuri de câte trei minerale (V7, V8) sau șase minerale (V9) și varianta căruia i s-a aplicat un tratament ciclic zilnic cu câte un macroelement (V10) au înregistrat valori care au fost semnificativ mai mici decât cele ale variantelor V4 și V2. Pentru acestea (V7, V8, V9, V10), conținutul total de clorofile a variat între 32,31 CCI și 39,45 CCI, diferențele dintre variante fiind ne semnificative. Cele mai mici valori ale conținutului total de clorofile au fost înregistrate pentru variantele fertilizate cu MgSO₄ - V1 (14,99 CCI), K₂SO₄ - V3 (16,99 CCI), KH₂PO₄ - V5 (18,06 CCI), KCl - V6 (17,96 CCI) și martor - V11 (19,41 CCI), între care nu au fost observate diferențe semnificative.

În figura 25 se regăsește graficul cu influența fertilizării minerale asupra conținutului total de clorofile.

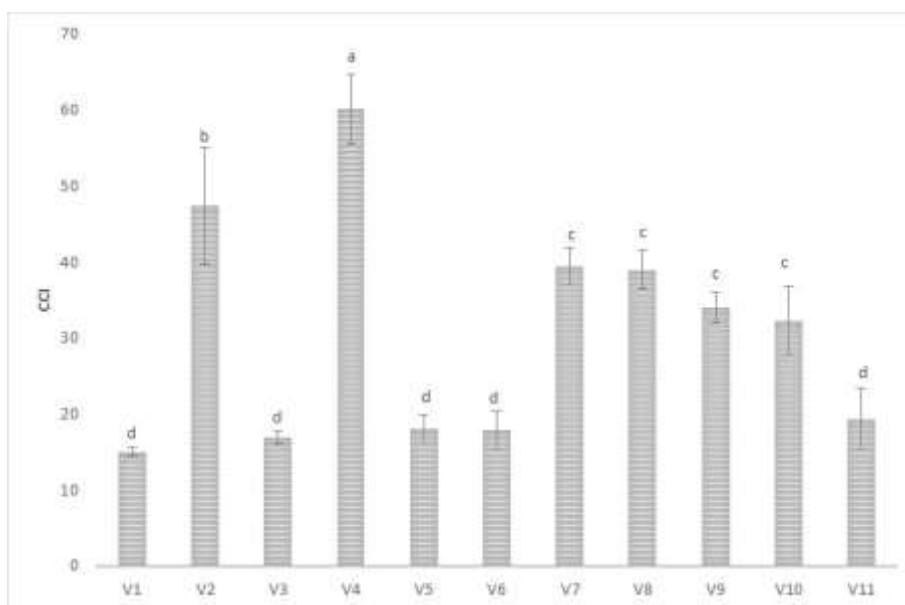


Figura 25 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra conținutului total de clorofile.

(V1 – MgSO₄, V2 – KNO₃, V3 – K₂SO₄, V4 – Ca(NO₃)₂, V5 – KH₂PO₄, V6 – KCl, V7 – MgSO₄+KNO₃+KH₂PO₄, V8 - K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V9 - MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl , V10 – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V1-V6, V11 – martor).). Literele diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey (p ≤ 0,5).

Rezultatele obținute confirmă faptul că sinteza clorofilei este dependentă de nutriția minerală (). Astfel, cele mai mari conținuturi totale de clorofilă au fost obținute pentru plantele care au fost supuse fertilizării cu un singur macroelement ce a avut în compoziție azotatul (KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$). Se cunoaște faptul că dintre toți nutrienții necesari plantelor pentru creștere și dezvoltare, azotul favorizează cel mai mult formarea cloroplastelor (). De asemenea, azotul este implicat în creșterea suprafeței frunzelor, biosinteza substanțelor proteice, a clorofilei și indirect în fotosinteză.

Efectul fertilizării minerale asupra substanței uscate solubile (SUS)

Rezultatele analizei substanței uscate solubile (SUS) de tomate au arătat că aceasta poate varia în funcție de tratamentul aplicat. Astfel, cea mai mare vâscozitate a fost înregistrată pentru SUS de tomate obținută din fructele recoltate de la plantele care au fost tratate cu mixul de macroelemente format din MgSO_4 , KNO_3 și KH_2PO_4 (V7) – $7,3^0$ Bx. Valori apropiate, ce nu au diferit semnificativ, au fost înregistrate pentru SUS de tomate din fructele obținute de la plantele tratate cu KNO_3 (V2) – $7,23^0$ Bx și mixul format din K_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ și KCl (V8) – $7,2^0$ Bx. La polul opus, vâscozitatea cea mai mică a fost înregistrată la SUS de tomate obținută din fructele de la plantele tratate cu MgSO_4 (V1) – $5,1^0$ Bx.

În figura 26 se regăsește graficul cu influența fertilizării minerale diferențiate asupra vâscozității.

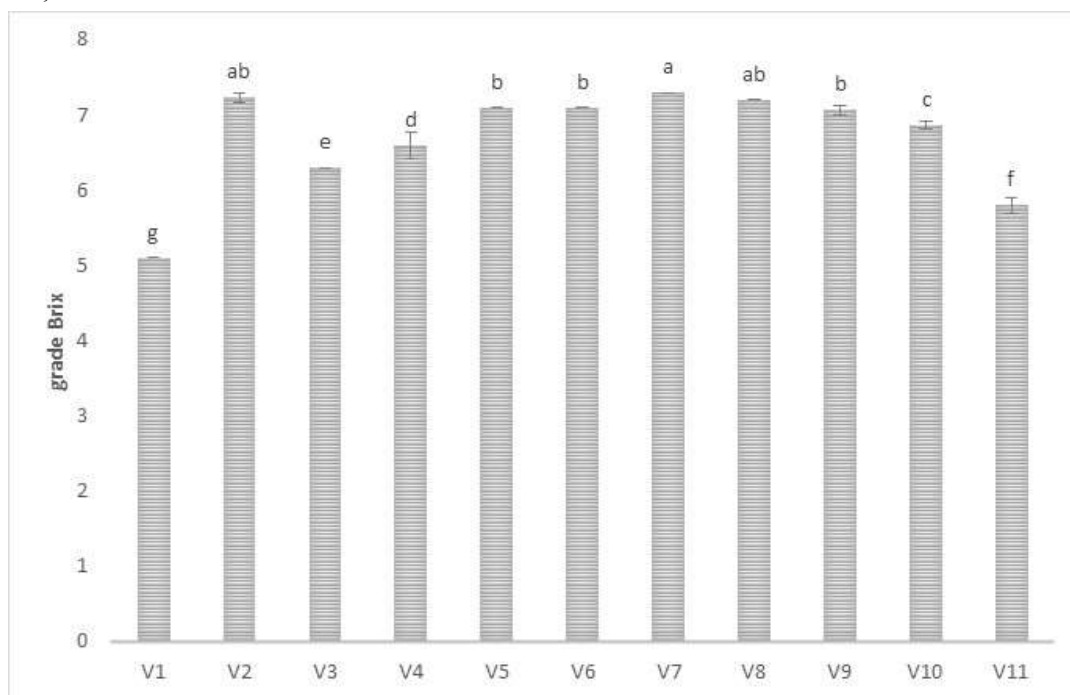


Figura 26 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra vâscozității .

(V1 – MgSO_4 , V2 – KNO_3 , V3 – K_2SO_4 , V4 – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, V5 – KH_2PO_4 , V6 – KCl , V7 – $\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4$, V8 - $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$, V9 - $\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$, V10 – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V1-V6, V11 – martor)
 Literele diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

Efectul fertilizării minerale asupra fermității fructelor (capacității de penetrare)

În figura 27 se regăsește graficul cu influența fertilizării minerale diferențiate asupra fermității fructelor.

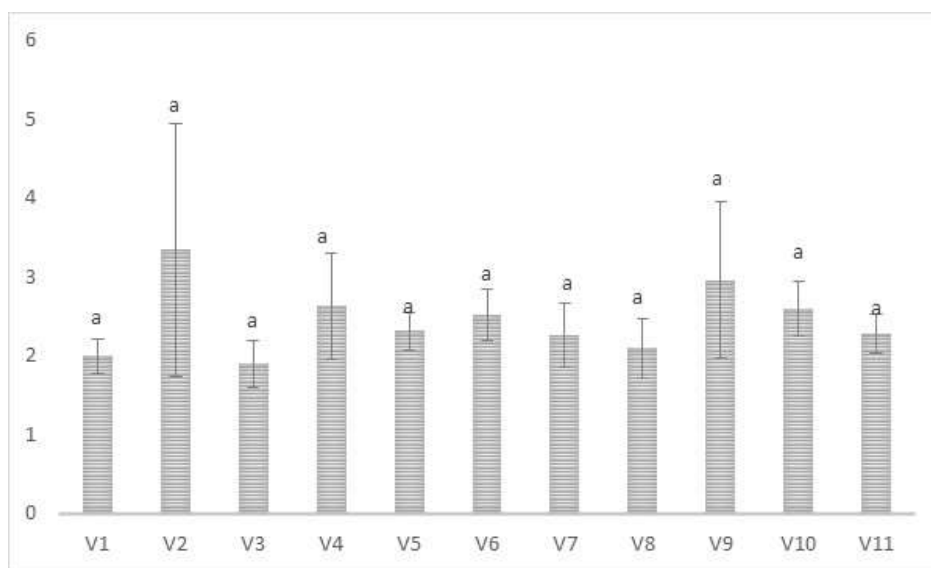


Figura 27 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra fermității fructelor

(V1 – $MgSO_4$, V2 – KNO_3 , V3 – K_2SO_4 , V4 – $Ca(NO_3)_2$, V5 – KH_2PO_4 , V6 – KCl , V7 – $MgSO_4+KNO_3+KH_2PO_4$, V8 - $K_2SO_4+Ca(NO_3)_2+KCl$, V9 - $MgSO_4+KNO_3+KH_2PO_4+K_2SO_4+Ca(NO_3)_2+KCl$, V10 – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V1-V6, V11 – martor)

Literele diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

În ceea ce privește conținutul de apă a fructelor de tomate, s-a observat faptul că cel mai mare conținut a fost înregistrat pentru varianta V9 ($\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$) – 93,62%, urmată de varianta V2 (KNO_3) – 93,58% și varianta V5 (KH_2PO_4) – 93,51% (Tabel 7). Valoarea minimă a fost înregistrată pentru varianta V3 (K_2SO_4) – 92,33%. Conținutul de apă al fructelor de tomate tratate cu: mixul format din MgSO_4 , KNO_3 , KH_2PO_4 , K_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ și KCl (V9), KNO_3 (V2), KH_2PO_4 (V5), mixul $\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4$ (V7), tratamentul ciclic zilnic pentru fiecare macroelement (V10) și $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (V4) a fost semnificativ mai mare față de conținutul de apă al fructelor plantelor mator (V11). În cazul celorlalte variante (V1, V3, V6, V8), conținutul de apă al fructelor a fost semnificativ mai mic în comparație cu cel al fructelor plantelor mator (Figura 28).

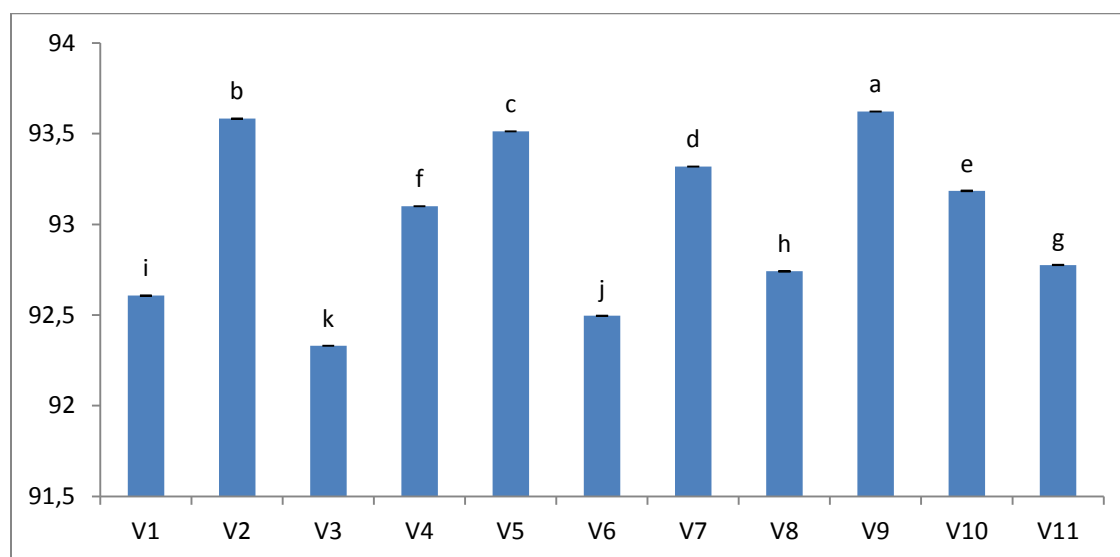


Figura 28 - Conținutul de apă la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare (V1 – MgSO_4 , V2 – KNO_3 , V3 – K_2SO_4 , V4 – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, V5 – KH_2PO_4 , V6 – KCl , V7 – $\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4$, V8 – $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$, V9 – $\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$, V10 – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V1-V6, V11 – mator). Literele diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).