

**UNIVERSITATEA PENTRU ȘTIINȚELE VIEȚII
„ION IONESCU DE LA BRAD” IAȘI
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL DE DOCTORAT: HORTICULTURĂ
SPECIALIZAREA: LEGUMICULTURĂ**

TEZĂ DE DOCTORAT

**Doctorand,
Ing. Vlăduț ACHIȚEI**

**Conducător Științific,
Prof. univ. Dr. Vasile STOLERU**

**Iași
2022**

**„ION IONESCU DE LA BRAD”
IAȘI UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES
DOCTORAL SCHOOL OF ENGINEERING SCIENCES
DOCTORAL FIELD: HORTICULTURE
SPECIALIZATION: VEGETABLE GROWING**

PhD THESIS

**PhD Student,
Eng. Vlăduț ACHIȚEI**

**PhD Coordinator,
Prof. Vasile STOLERU, PhD**

**Iași
2022**

**UNIVERSITATEA PENTRU ȘTIINȚELE VIEȚII
„ION IONESCU DE LA BRAD” IAȘI
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL DE DOCTORAT: HORTICULTURĂ
SPECIALIZAREA: LEGUMICULTURĂ**

TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND UTILIZAREA PLANTELOR DE TOMATE
CA BIOSENZOR ÎN CADRUL SISTEMELOR DE FERTIRIGARE**

**Doctorand,
Ing. Vlăduț ACHIȚEI**

**Conducător Științific,
Prof. univ. Dr. Vasile STOLERU**

**Iași
2022**

**„ION IONESCU DE LA BRAD”
IAȘI UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES
DOCTORAL SCHOOL OF ENGINEERING SCIENCES
DOCTORAL FIELD: HORTICULTURE
SPECIALIZATION: VEGETABLE GROWING**

PhD THESIS

**RESEARCH ON THE USE OF TOMATO PLANTS AS A
BIOSENSOR IN FERTIRIGATION SYSTEMS**

**PhD Student,
Eng. Vlăduț ACHIȚEI**

**PhD Coordinator,
Prof. Vasile STOLERU, PhD**

**Iași
2022**

CUPRINS

Introducere	15
REZUMAT	21
PARTEA I – STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRIILOR PRIVIND OPTIMIZAREA FERTILIZĂRII ȘI IRIGĂRII LA CULTURA DE TOMATE	31
CAPITOLUL 1 - CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND CULTURA TOMATELOR	32
1.1. Importanța culturii de tomate	32
1.2. Particularități botanice și biologice ale plantelor de tomate	33
1.3. Relațiile plantelor de tomate cu factorii de mediu	33
CAPITOLUL 2 - CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND FERTILIZAREA ȘI IRIGAREA PLANTELOR LEGUMICOLE.....	39
2.1. Importanța irigației în creșterea și dezvoltarea plantelor legumicole	39
2.1.1. Scopul și obiectivele irigației plantelor legumicole	39
2.1.2. Consumul de apă al plantelor legumicole	40
2.1.3. Elementele regimului de irigare	41
2.1.4. Metode de irigare în spații protejate.....	42
2.2. Importanța nutriției în creșterea și dezvoltarea plantelor legumicole	45
2.2.1. Rolul elementelor nutritive	45
2.2.2. Consumul specific al plantelor legumicole.....	48
2.2.3. Posibilități practice de asigurare a cerințelor plantelor legumicole față de elementele nutritive	50
CAPITOLUL 3 – CULTURA LEGUMELOR FĂRĂ SOL	54
3.1. Hidrocultura	55
3.1.1. Hidrocultură pe strat adânc de soluție nutritivă statică	55
3.1.2. Hidrocultură pe strat semiadânc de soluție nutritivă cu suport plutitor	56
3.1.3. Hidrocultură pe strat semiadânc de soluție nutritivă circulantă.....	56
3.1.4. Hidrocultură pe strat subțire (film) de soluție nutritivă circulantă (sistemul NFT)	58
3.2. Culturi aeroponice.....	58
3.3. Culturi pe substraturi	58
3.3.1. Culturi pe substraturi minerale naturale inerte	59
3.3.2. Culturi pe substraturi minerale inerte realizate prin prelucrare industrială.	60
CAPITOLUL 4 – UTILIZAREA TEHNICILOR TERMICE ȘI ALE CURENTULUI ELECTRIC PENTRU DETERMINAREA GRADULUI DE APROVIZIONARE CU APĂ ȘI ELEMENTE NUTRITIVE.....	62
4.1 Utilizarea tehnicilor electrice pentru determinarea fluxului de sevă	63
4.2 Utilizarea tehnicilor termice pentru determinarea fluxului de sevă	64

PARTEA A II-A – REZULTATELE CERCETĂRILOR PROPRII	66
CAPITOLUL 5 – SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRILOR, MATERIALE FOLOSITE ȘI METODOLOGIA DE LUCRU.....	67
5.1. Motivația, scopul și obiectivele cercetării	67
5.1.1. Motivația cercetărilor	67
5.1.2. Scopul cercetărilor.....	67
5.1.3. Obiectivele specifice	67
5.2. Materialul biologic utilizat.....	68
5.3 Materiale biotehnice	68
5.4. Metodologia generală de lucru.....	68
5.4.1. Staționarul experimental	68
5.4.2. Design-ul experimental	70
5.4.3. Descrierea variantelor experimentale.....	71
5.5. Măsurarea semnalului electric generat de nutrienți în plantele de tomate ...	72
5.5.1. Experimente înființate în condiții de cultură	72
5.5.2. Validarea conceptului în condiții de cultură	75
5.5.3. Etapele tehnice în realizarea instalației de tip biosenzor.....	77
5.6. Determinări asupra indicatorilor biometrici, fiziologici și biochimici	79
5.6.1. Determinarea indicatorilor biometrici.....	79
5.6.2. Determinarea indicatorilor fiziologici.....	79
5.6.3. Determinarea indicatorilor biochimici	81
5.7 Analiza statistică.....	82
CAPITOLUL 6 – REZULTATE ȘI DISCUȚII	83
6.1. Influența tratamentelor utilizate asupra indicatorilor biometrici ai culturii de tomate	83
6.1.1. Influența fertilizării minerale asupra înălțimii plantelor	83
6.1.2. Influența fertilizării minerale asupra suprafeței foliare	84
6.1.3. Influența fertilizării minerale asupra numărului de fructe	85
6.1.4. Influența fertilizării minerale asupra masei fructelor de tomate.....	87
6.1.5. Influența fertilizării minerale asupra diametrului și înălțimii fructelor de tomate	88
6.1.6. Influența fertilizării minerale asupra producției totale	89
6.2. Influența tratamentelor utilizate asupra indicatorilor fiziologici ai culturii de tomate	90
6.2.1. Influența fertilizării minerale asupra activității fotosintetice	90
6.2.2. Influența fertilizării minerale asupra ratei fotosintetice	91
6.2.3. Influența fertilizării minerale asupra ratei de evapotranspirație	92
6.2.4. Influența fertilizării minerale asupra radiației fotosintetice active	92
6.2.5. Influența fertilizării minerale asupra conductanței stomatale.....	93
6.2.6. Influența fertilizării minerale asupra concentrației de CO ₂ substomatal	95

6.2.7. Influența fertilizării minerale asupra conținutului total de pigmenți clorofilieni	95
6.3. Influența tratamentelor utilizate asupra indicatorilor biochimici	97
6.3.1. Influența fertilizării minerale asupra substanței uscate solubile	97
6.3.2. Influența fertilizării minerale asupra fermității fructelor	97
6.3.3. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de apă	98
6.3.4. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de proteine	99
6.3.5. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de fibre	100
6.3.6. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de extract neazotat	101
6.3.7. Influența fertilizării minerale asupra valorii energetice a fructelor de tomate	102
6.4. Conținutul de compuși minerali din tomate	103
6.4.1. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de fier	103
6.4.2. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de calciu	104
6.4.3. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de magneziu	104
6.4.4. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de zinc	105
6.4.5. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de potasiu	106
6.4.6. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de sodiu	106
6.5. Analiza semnalului electric	107
6.6. Corelarea rezultatelor cu procesul de fotosinteză	111
6.7 Corelarea rezultatelor cu schimbul de gaze	114
CAPITOLUL 7. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI	115
Bibliografie	121
ANEXE	131
LISTA FIGURILOR	132
LISTA TABELELOR	138
LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE PUBLICATE	140

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION	18
ABSTRACT.....	26
PART I - CURRENT STATE OF THE ART ON OPTIMIZING FERTILIZATION AND IRRIGATION IN TOMATO CROP	31
CHAPTER 1 - GENERAL CONSIDERATIONS REGARDING TOMATO CROP	332
1.1. The importance of tomato crops	32
1.2. Botanical and biological peculiarities of tomato plants	33
1.3. Relationships of tomato plants with environmental factors.....	33
CHAPTER 2 - GENERAL CONSIDERATIONS REGARDING FERTILIZATION AND IRRIGATION OF VEGETABLE PLANTS.....	39
2.1. The importance of irrigation in the growth and development of vegetable plants	39
2.1.1. The purpose and objectives of plant irrigation	39
2.1.2. Water consumption of vegetable plants	40
2.1.3. Elements of the irrigation regime	41
2.1.4. Irrigation methods in protected crops.....	42
2.2. The importance of nutrition in the growth and development of vegetable plants	45
2.2.1. The role of nutrients	45
2.2.2. Specific consumption of vegetable plants	48
2.2.3. Practical possibilities to ensure the requirements of vegetable plants for nutrients	50
CHAPTER 3 - CULTIVATION OF SOILLESS VEGETABLES	54
3.1. Hidroculture	55
3.1.1. Hidroculture on a deep layer of static nutrient solution	55
3.1.2. Hidroculture on a semi-deep layer of nutrient solution with floating support	56
3.1.3. Hidroculture on a semi-deep layer of circulating nutrient solution.....	56
3.1.4. Thin layer hidroculture (film) of circulating nutrient solution (NFT system).....	58
3.2. Aeroponic crops.....	58
3.3. Crop substrate	58
3.3.1. Cultures on inert natural mineral substrates	59
3.3.2. Cultures on inert mineral substrates made by industrial processing	60
CHAPTER 4 - USE OF THERMAL AND ELECTRIC CURRENT TECHNIQUES FOR DETERMINING THE DEGREE OF WATER SUPPLY AND NUTRIENTS	62

4.1 Use of electrical techniques to determine sap flow.....	63
4.2 Use of thermal techniques to determine the flow of sap.....	64
PART II - OWN RESEARCH RESULTS	66
CHAPTER 5 - AIM AND OBJECTIVES OF THE RESEARCH, MATERIAL USED AND WORK METHODOLOGY	67
5.1. Motivation, purpose and objectives of the research.....	67
5.1.1. Research motivation.....	67
5.1.2. Research purpose.....	67
5.1.3. Specific objectives.....	67
5.2. The biological material used.....	68
5.3 Biotechnical materials.....	68
5.4. General working methodology	68
5.4.1. The experimental stationary	68
5.4.2. Experimental design.....	70
5.4.3. Experimental variants.....	71
5.5. Measurement of the electrical signal generated by nutrients in tomato plants	72
5.5.1. Experiments set up under crop conditions.....	72
5.5.2. Validation of the concept in crop conditions	75
5.5.3. Technical steps in the installation of the biosensor installation.....	77
5.6. Determinations on biometric, physiological and biochemical indicators	79
5.6.1. Determination of biometric indicators	79
5.6.2. Determination of physiological indicators.....	79
5.6.3. Determination of biochemical indicators.....	81
5.7 Statistical analysis.....	82
CHAPTER 6 - RESULTS AND DISCUSSIONS.....	83
6.1. The influence of the treatments used on the biometric indicators of tomato culture	83
6.1.1. The influence of mineral fertilization on plant height.....	83
6.1.2. The influence of mineral fertilization on the leaf surface	84
6.1.3. The influence of mineral fertilization on the number of fruits	85
6.1.4. The influence of mineral fertilization on the mass of tomato fruits	87
6.1.5. The influence of mineral fertilization on the diameter and height of tomato fruits.....	88
6.1.6. The influence of mineral fertilization on the total production.....	89
6.2. The influence of the treatments used on the physiological indicators of the tomato culture	90
6.2.1. The influence of mineral fertilization on photosynthetic activity	90
6.2.2. The influence of mineral fertilization on the photosynthetic rate	91
6.2.3. The influence of mineral fertilization on the evapotranspiration rate	92

6.2.4. The influence of mineral fertilization on active photosynthetic radiation ..	92
6.2.5. The influence of mineral fertilization on stomatal conductance	93
6.2.6. The influence of mineral fertilization on the concentration of substomatal CO ₂	95
6.2.7. The influence of mineral fertilization on the total chlorophyll content	95
6.3. The influence of the treatments used on the biochemical indicators	97
6.3.1. The influence of mineral fertilization on soluble dry matter	97
6.3.2. The influence of mineral fertilization on fruit firmness (penetration capacity)	97
6.3.3. The influence of mineral fertilization on the water content.....	98
6.3.4. The influence of mineral fertilization on the protein content	99
6.3.5. The influence of mineral fertilization on the fiber content	100
6.3.6. The influence of mineral fertilization on the nitrogen extract content.....	101
6.3.7. The influence of mineral fertilization on the energy value of tomato fruits.....	102
6.4. The content of mineral compounds in tomatoes	103
6.4.1. The influence of mineral fertilization on the iron content	103
6.4.2. The influence of mineral fertilization on the calcium content.....	104
6.4.3. The influence of mineral fertilization on the magnesium content.....	104
6.4.4. The influence of mineral fertilization on the zinc content	105
6.4.5. The influence of mineral fertilization on the potassium content	106
6.4.6. The influence of mineral fertilization on the sodium content.....	106
6.5. Electrical signal analysis.....	107
6.6. Correlation of results with the process of photosynthesis.....	111
6.7 Correlation of results with gas exchange	115
CHAPTER 7. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	118
BIBLIOGRAPHY	121
ANNEXES.....	130
LIST OF FIGURES	135
LIST OF TABLES	139
LIST OF PUBLISHED SCIENTIFIC PAPERS.....	140

INTRODUCERE

Cultura legumelor reprezintă una dintre ocupațiile de bază ale omului. Pe măsura avansării societății, omul a dezvoltat continuu modul de cultivare al diferitelor specii de plante legumicole, având la bază studiul rețelei de relații biologice și ecosistemice ale acestora, pentru întrunirea unor condiții corespunzătoare, astfel încât să fie valorificat în măsură cât mai mare potențialul biologic (Stoleru și colab., 2013, Reganold și Watcher, 2016).

Cunoașterea factorilor ecologici, și mai ales influențele directe și indirecte pe care aceștia le au asupra particularităților fiziologice ale plantelor, precum și variația acestora de-a lungul perioadei de vegetație, permit realizarea de modele sistematice ecologice, în direcția realizării unei relații optime al întregului complex de factori pedo-climatici (Stan, 2010).

“În scopul realizării multiplelor obiective ce-i revin, legumicultura are relații strânse cu numeroase alte domenii științifice, bazându-se pe bogatele cunoștințe dobândite, pe care le include în sintezele tehnologiilor practicate la cultivarea fiecărei specii legumicole” (Stan, 2010).

De asemenea, îngrijorarea pentru încălzirea globală duce la cercetări intensive pentru conceperea de noi metode și tehnologii de producție, care pot asigura că emisiile viitoare din industria de cultură în seră se încadrează în intervalele stabilite de politica de mediu, pentru a reduce emisia totală de CO₂. În întreaga Europă, s-au depus eforturi majore pentru construirea de sisteme pentru minimizarea consumului de energie.

În exercitarea rolurilor sale în fiziologia plantelor, apa reprezintă mediul ideal pentru îndeplinirea tuturor proceselor anabolice de sinteză, participă la procesele de elongație celulară, are un rol termoregulator, asigură solubilizarea mineralelor necesare și favorizează absorbția și transportul elementelor.

Hialoplasma este componenta lichidă, care împreună cu organele citoplasmice și membranele formează citoplasma, care în funcție de conținutul de apă poate fi un hidrosol (conținut mare de apă) sau un hidrogel (conținut scăzut de apă și ridicat de substanțe dizolvate). De asemenea, este cunoscut faptul că apa pură nu acționează ca un bun conductor, ci aceasta este favorizată de prezența apei bogată în săruri.

Pe baza acestor considerente, se poate realiza cercetarea experimentală pentru a demonstra dacă plantele legumicole se pot compara cu un semiconductor organic.

În activitatea de cercetare-dezvoltare-inovare se definesc următoarele scopuri strategice: dezvoltarea capacității de inovare, prin împletirea metodelor curente de exploatare a culturilor cu tehnici și tehnologii care reduc impactul antropic asupra mediului înconjurător, precum și creșterea performanței sistemelor de irigație prin modernizarea infrastructurii de cercetare existente.

Folosind metodele de cercetare inductivă, lucrarea de față își propune să determine relația dintre intensitatea unui curent electric și gradul de saturație al plantei în apă și elemente nutritive.

Dacă două sau mai multe cazuri în care se produce fenomenul au o singură circumstanță comună, acea unică circumstanță prin care toate cazurile concordă este cauza (sau efectul) fenomenului dat.

Folosind metoda variațiilor concomitente, sunt comparate două cazuri în care fenomenul variază cantitativ, în relație de directă proporționalitate cu cauza.

Lucrarea poziționează plantele ca element de coordonare în ansamblul de irigare, unde acestea pot furniza date cu privire la umiditate și pot concretiza la nivel numeric limitele la care sistemele biologice ale acestora funcționează optim.

Răspunsul plantelor la stimuli externi se manifestă prin diferite modificări fiziologice și morfologice. Rezultatele urmărite în această lucrare țin de “neurofiziologia plantelor” și cuantifică comportamentul plantelor la stimuli externi, respectiv disponibilitatea apei și a substanțelor nutritive, comportament exprimat prin modificări cantitative ale potențialului electric.

Realizarea și conceperea acestei teze de doctorat a fost posibilă sub îndrumarea și ajutorul necondiționat al domnului Prof. univ. Dr. Vasile Stoleru. Doresc să îi adresez sincere mulțumiri nu numai pentru îndrumarea științifică pe care mi-a oferit-o pe perioada întregului program de pregătire doctorală, ci și pentru încrederea acordată și a sfaturilor de dezvoltare profesională și academică oferite. Atât dăruirea și pasiunea pentru Legumicultură și cercetare cât și suportul oferit tinerilor generații, îi oferă domnului Prof. univ. Dr. Vasile Stoleru statutul de mentor și îndrumător de excepție.

Adresez mulțumiri conducerii Universității pentru Științele Vieții „Ion Ionescu de la Brad” din Iași, Facultății de Horticultură și Școlii Doctorale de Științe Inginerești pentru asigurarea condițiilor de cercetare și de studiu. De asemenea, doresc să mulțumesc colegilor de la Institutul de Cercetări pentru Agricultură și Mediu din cadrul U.S.V. Iași pentru îndrumarea și ajutorul oferit în realizarea analizelor de sol.

Cu deosebit respect, doresc să mulțumesc comisiei de analiză a tezei de doctorat, pentru observațiile, recomandările și aprecierile făcute.

Sincere mulțumiri ofer cadrelor didactice care au făcut parte din comisiile de îndrumare din perioada studiilor de cercetare: Prof. univ. Dr. Neculai Munteanu, Conf. univ. Dr. Teodor Stan, Conf. Dr. Ana Cazacu.

Alese mulțumiri doresc să adresez cadrelor didactice, cercetătorilor și tehnicienilor de la disciplina de Legumicultură pentru tot ajutorul oferit, sincere mulțumiri ofer domnilor Șef lucr. univ. dr. Gabriel-Ciprian Teliban și Asist. univ. dr. Alexandru Cojocaru pentru sfaturile, ajutorul și îndrumarea oferite.

În încheiere, doresc să mulțumesc tuturor celor care m-au ajutat și au contribuit, direct sau indirect, la elaborarea acestei teze de doctorat, și nu în ultimul rând, doresc să mulțumesc familiei pentru tot sprijinul și ajutorul moral oferit în perioadele de cumpănă în acești ani de dezvoltare academică.

Autorul

INTRODUCTION

Vegetable cultivation is one of the basic occupations of man. As society progressed, man continuously developed the way of cultivating different species of vegetable plants, based on the study of their network of biological and ecosystem relations, to meet appropriate conditions, so as to capitalize on the biological potential. (Stoleru et al., 2013, Reganold and Watcher, 2016).

The knowledge of ecological factors, and especially the direct and indirect influences they have on the physiological particularities of plants, as well as their variation during the vegetation period, allow the realization of systematic ecological models, in the direction of achieving an optimal relationship of the whole complex. of pedo-climatic factors (Stan, 2010).

"In order to achieve its multiple objectives, vegetable growing has close relationships with many other scientific fields, based on the rich knowledge gained, which includes in the synthesis of technologies practiced in the cultivation of each vegetable species" (Stan, 2010).

Concerns about global warming are also leading to intensive research into new production methods and technologies, which can ensure that future emissions from the greenhouse industry fall within the range set by environmental policy to reduce total CO₂ emissions. Across Europe, major efforts have been made to build systems to minimize energy consumption.

In its role in plant physiology, water is the ideal environment for fulfilling all anabolic synthesis processes, participates in cell elongation processes, has a thermoregulatory role, ensures the solubilization of necessary minerals and promotes the absorption and transport of elements.

Hyaloplasm is the liquid component, which together with cytoplasmic organs and membranes form the cytoplasm, which depending on the water content can be a hydrosol (high water content) or a hydrogel (low water content and high dissolved substances). It is also known that pure water does not act as a good conductor, but it is favored by the presence of salt-rich water.

Based on these considerations, experimental research can be performed to demonstrate whether vegetable plant organisms can be compared to an organic semiconductor.

The research-development-innovation activity defines the following strategic goals: development of innovation capacity, by intertwining current methods of crop exploitation with techniques and technologies that reduce anthropogenic

impact on the environment, as well as increasing the performance of irrigation systems by modernizing the infrastructure. existing research.

Using inductive research methods, the present paper aims to determine the relationship between the intensity of an electric current and the degree of saturation of the plant in water and nutrients.

If two or more cases in which the phenomenon occurs have one common circumstance, the only circumstance by which all cases agree is the cause (or effect) of the given phenomenon.

Using the method of concomitant variations, two cases are compared in which the phenomenon varies quantitatively, in relation of direct proportionality with the cause.

The paper positions the plants as a coordinating element in the irrigation system, where they can provide data on humidity and can concretize at the numerical level the limits at which their biological systems function optimally.

The response of plants to external stimuli is manifested by various physiological and morphological changes. The results pursued in this paper are related to "plant neurophysiology" and quantify the behavior of plants to external stimuli, respectively the availability of water and nutrients, behavior expressed by quantitative changes in electrical potential.

The realization and conception of this doctoral thesis was possible under the guidance and unconditional help of Mr. Prof. Dr. Vasile Stoleru, PhD. I would like to express my sincere thanks not only for the scientific guidance he offered me during the entire doctoral training program, but also for the trust given and the professional and academic development advice offered. Both the dedication and passion for vegetable growing and research and the support offered to the young generations are offered to Prof. Vasile Stoleru PhD the status of exceptional mentor and mentor.

I would like to thank the management of the "Ion Ionescu de la Brad" University of Life Sciences in Iași, the Faculty of Horticulture and the Doctoral School of Engineering Sciences for ensuring the research and study conditions. I would also like to thank colleagues at the U.S.V. Institute for Agricultural and Environmental Research. Iași for the guidance and help offered in performing soil analyzes.

With special respect, I would like to thank the committee for the analysis of the doctoral thesis, for the observations, recommendations and assessments made.

Sincere thanks to the teachers who were part of the guidance commissions during the research studies: Prof. Neculai Munteanu PhD, As. Prof. Teodor Stan PhD, Head of Work. Ana Cazacu PhD.

I would like to thank the teachers, researchers and technicians from the discipline of Vegetable Culture for all the help offered, sincere thanks to the Chief of Staff. Gabriel-Ciprian Teliban PhD and As. Prof. Alexandru Cojocaru PhD for the advice, help and guidance offered.

In conclusion, I would like to thank all those who helped me and contributed, directly or indirectly, to the elaboration of this doctoral thesis, and last but not least, I would like to thank the family for all the support and moral help offered during the summer. these years of academic development.

The Author

REZUMAT

Cuvinte cheie: irigații, fertilizare, biosenzor, *Solanaceae*

Studiile și cercetările efectuate pentru realizarea tezei de doctorat cu titlul *Cercetări privind utilizarea plantelor de tomate ca biosenzor în cadrul sistemelor de fertirigare* s-au realizat în perioada 2019-2021, în sera din cadrul Institutului de Cercetări pentru Agricultură și Mediu și în laboratorul disciplinei de Legumicultură de la facultatea de Horticultură din Iași.

Teza de doctorat este structurată în două părți și cuprinde șapte capitole.

Partea I – Stadiul actual al cercetărilor privind optimizarea fertilizării și irigării la cultura de tomate;

Capitolul 1 - Considerații generale privind cultura tomatelor;

Capitolul 2 - Considerații generale privind fertilizarea și irigarea plantelor legumicole;

Capitolul 3 – Cultura legumelor fără sol;

Capitolul 4 – Utilizarea tehnicilor termice și ale curentului electric pentru determinarea gradului de aprovizionare cu apă și elemente nutritive;

Partea a II-a – Rezultatele cercetărilor proprii;

Capitolul 5 – Scopul și obiectivele cercetărilor, materialul folosit și metodologia de lucru;

Capitolul 6 – Rezultate și discuții;

Capitolul 7 – Concluzii și recomandări.

La finalul tezei sunt prezentate bibliografia, ce cuprinde un număr de 138 referințe bibliografice, atât din România, cât și din străinătate, și anexele ce cuprind lista figurilor, lista tabelor, precum și lista lucrărilor științifice publicate.

Prima parte a tezei de doctorat, stadiul actual al cercetărilor privind optimizarea fertilizării și irigării la cultura de tomate, este alcătuită din patru capitole și cuprinde informații generale din literatura de specialitate.

Capitolul 1 - Considerații generale privind cultura tomatelor

Acest capitol este structurat în trei subcapitole și cuprinde informații despre importanța culturii de tomate, particularitățile botanice și biologice ale plantelor de tomate, precum și informații despre relațiile plantelor cu factorii de mediu, respectiv cerințele acestora cu privire la temperatură, lumină, umiditate, sol, aer și elemente nutritive.

Capitolul 2 - Considerații generale privind fertilizarea și irigarea plantelor legumicole

Următorul capitol cuprinde două subcapitole, în care sunt expuse informații cu privire la importanța pe care irigarea o are în creșterea și dezvoltarea culturilor legumicole. Datele din literatura științifică de specialitate au contribuit la stabilirea unui sistem optim pentru acoperi consumul specific al culturilor alese, în funcție de scopul și obiectivele irigației. Pe baza elementelor regimului de irigare, s-a realizat o clasificare a sistemelor de irigație din spațiile protejate (udarea pe rigole, irigarea prin aspersiune și irigarea prin picurare), luând în calcul și posibilitatea aplicării elementelor nutritive prin intermediul acestora. În continuare, acesta descrie importanța nutriției în creșterea și dezvoltarea plantelor, prin evidențierea rolurilor pe care micro și macroelementele le au, stabilind totodată și consumul specific al plantelor legumicole, dar și posibilitatea de automatizare a proceselor de aplicare ale acestora.

Aceste informații ajută la elaborarea conceptului de irigare și fertilizare concomitentă, fiind un element cheie în dezvoltarea instalației de irigare cu biosenzor.

Capitolul 3 – Cultura legumelor fără sol

Capitolul este structurat în trei subcapitole și prezintă avantajele și dezavantajele pentru utilizarea unor tehnici diferite de cultura convențională (culturi pe sol). Astfel, după un studiu amănunțit în domeniul culturilor hidroponice, aeroponice și al culturilor pe substraturi, luând în calcul și modul de administrare și culegere a datelor, pentru experiment s-a optat la un sistem de cultură pe substrat organic (amestec din turbă, compost, perlit și Orgevit).

Capitolul 4 – Utilizarea tehnicilor termice și ale curentului electric pentru determinarea gradului de aprovizionare cu apă și elemente nutritive

Capitolul este format din două subcapitole și aduce în prim plan contribuțiile altor cercetători cu privire la utilizarea semnalelor electrice sau ale celor de natură termică pentru a studia reacțiile de natură morfologică și fiziologică determinate de stimulii externi.

Studiile realizate pe plante au scos în evidență modificări la nivelul semnalelor electrice, cât și ale celor hidraulice. Valorile semnalelor electrice au cunoscut scăderi atunci când plantele au fost supuse la stres hidric sau la alternanța zi-noapte. Studii asemănătoare s-au realizat și pe plantele de viță de vie, cu creșteri semnificative ale amplitudinii semnalelor electrice în momentul irigației.

Tehnicile termice au fost folosite pentru a determina viteza de curgere a sevei prin tulpina plantei, măsurându-se în principal efectul asupra sevei în momentul încălzirii sau disiparea energiei termice pe o porțiune de tulpină încălzită, sau propagarea unui impuls de căldură.

A doua parte a tezei de doctorat, rezultatele cercetărilor proprii, este cea mai amplă și împărțită în trei capitole.

Capitolul 5 – Scopul și obiectivele cercetărilor. Materialele utilizate și metodologia de lucru

Capitolul este structurat în șase subcapitole.

Scopul cercetărilor a fost acela de a evalua răspunsul plantelor de tomate la stimulii externi și interpretarea acestora prin prisma intensității semnalelor electrice.

Pentru realizarea scopului propus al cercetărilor au fost elaborate următoarele obiective specifice:

- Studiu documentar, cercetări în țară și în străinătate cu privire la tema de doctorat, și anume, studii privind tehnologia actuală de cultivare a tomatelor, considerații privind fertilizarea și irigarea culturilor, precum și realizarea culturilor legumicole fără sol;
- Stabilirea variantelor experimentale în funcție de macro și microelementele necesare creșterii și dezvoltării plantelor de tomate;
- Măsurarea semnalelor electrice generate de prezența sau absența nutrienților;
- Analiza și interpretarea datelor cu privire la influența tratamentelor asupra unor indicatori biometrici, fiziologici și biochimici ai culturii de tomate și corelarea acestora cu intensitatea semnalelor electrice;

Ca material biologic, în cadrul experimentului s-a utilizat cultivarul de tomate Brilliant F1, un hibrid de tomate productiv, cu creștere nedeterminată, pretabil în culturile din sere.

Experiențele s-au realizat în cadrul serei din staționarul experimental Ferma ”V. Adamachi”. De asemenea, acest capitol cuprinde descrierea din punct de vedere climatic a zonei precum și condițiile de mediu asigurate în cadrul serei pentru perioada de cercetare.

Cultura de tomate s-a realizat pe substrat organic, plantele fiind crescute în recipiente din plastic, cu un volum de 12 l, utilizându-se ca substrat un amestec de turbă (cu un diametru de 0-25 mm), compost, perlit și Orgevit.

În cadrul experimentului au fost utilizate zece tratamente de fertilizare cu macroelemente, fiind aplicată o cantitate de 30 ml soluție/zi/plantă, comparate cu o variantă martor.

Sistemul cu biosenzor presupune utilizarea semnalelor electrice de monitorizare ca date de intrare, ce au rolul de a ghida sistemul de fertilizare, și nu numai, ci și a sistemului de reglare a întregului complex de factori de mediu.

Gradul de alimentare a plantelor cu elemente nutritive s-a realizat prin determinarea intensității semnalului electric, prin intermediul unui sistem format dintr-o sursă generatoare de curent electric continuu de 9V, doi electrozi instalați pe tulpina plantei, instrumentul de măsură și unitatea de înregistrare.

Măsurătorile s-au realizat pe perioade de 24 de ore, de la ora 10:00 AM până la 9:59 AM ziua următoare. Distanța dintre electrozi a fost stabilită la 40 de cm, electrodul inferior fiind introdus în plantă la distanța de 25 cm de suprafața substratului. Electrozii au fost introduși în așa fel încât să intersecteze xilemul plantelor. Pentru monitorizarea intensității curentului electric s-a folosit o unitate sensibilă, capabilă să măsoare valori cuprinse în intervalul 0.01 fA – 20 mA, produs de Keysight, model B2981A Femto/Picoammeter.

Din punct de vedere tehnic, pentru realizarea instalației sunt necesare următoarele etape:

- Întocmirea bazei de date;
- Realizarea de măsurători și monitorizarea semnalelor electrice;
- Filtrarea semnalelor electrice;
- Deconvoluția semnalelor electrice;
- Analiza semnalelor electrice;
- Stabilirea unui protocol de lucru;
- Corelarea citirilor cu ritmul circadian al proceselor biochimice și fiziologice ale plantelor;
- Furnizarea de elemente nutritive;

Capitolul 6 – Rezultate și discuții

Acest capitol este structurat în șase subcapitole și urmărește modul în care tratamentele nutritive au influențat indicatorii biometrici ai plantelor din cultura de tomate, cultivarul Brilliant F1, determinate prin măsurători asupra înălțimii plantelor, suprafeței foliare, numărului de fructe, masei fructelor, a indicelui de calitate a fructelor și a producției totale.

Influențele tratamentelor nutritive aplicate asupra indicatorilor fiziologici au fost evaluate prin determinări asupra indicatorilor fiziologici precum: intensitatea proceselor de fotosinteză, transpirație, conductanța stomatală a apei, concentrația CO₂ substomatal și conținutul de clorofilă.

În cazul indicatorilor biochimici s-a urmărit conținutul de apă, conținutul de cenușă, conținutul de fibră brută și fibră dietetică, conținutul de azot și proteină brută, precum și conținutul de minerale.

Semnalele electrice primite de la plante au fost analizate cu ajutorul unui sistem de calcul, format dintr-un computer și un soft specializat, ce se bazează pe principiul că tip de nutrient, factor de mediu, ritm circadian al proceselor biochimice și fiziologice ale plantei, are o semnătură electrică specifică.

Acestea au avut valori unice pentru fiecare tip de tratament (V₁-V₁₁), indici care se diferențiază prin valori numerice și forme diferite.

Pentru a putea asocia semnalele electrice cu ritmul circadian al proceselor biochimice și fiziologice ale plantelor, precum și variațiile acestora în funcție de consumul de nutrienți, s-au realizat măsurători asupra parametrilor specifici

procesului de fotosinteză (rata de fotosinteză, rata de evapotranspirație, conținutul de dioxid de carbon, cantitatea de lumină, temperatura frunzei, presiunea aerului) pe întreaga durată a zilei.

Variațiile obținute au fost analizate, raportate la factorul timp și s-au corelat cu rezultatele semnalului electric.

Capitolul 7 – Concluzii și recomandări

În ultimul capitol sunt prezentate concluzii privind indicatorii morfologici, concluzii privind indicatorii fiziologici, concluzii privind indicatorii biochimici, precum și concluzii privind semnalele electrice înregistrate.

ABSTRACT

Keywords: irrigation, fertilization, biosensor, *Solanaceae*

The studies and researches carried out for the realization of the doctoral thesis entitled Research on the use of tomato plants as a biosensor in fertigation systems were carried out during 2019-2021, in the greenhouse in the experimental field Farm "V. Adamachi "and in the laboratory of the Vegetable Culture discipline at the Faculty of Horticulture in Iași.

The doctoral thesis is structured in two parts and includes seven chapters.

Part I - Current state of the art on optimizing fertilization and irrigation of tomato crops;

Chapter 1 - General considerations regarding tomato cultivation;

Chapter 2 - General considerations on fertilization and irrigation of vegetable plants;

Chapter 3 - Cultivation of vegetables without soil;

Chapter 4 - Use of thermal and electric techniques to determine the degree of water supply and nutrients;

Part II - Results of own research;

Chapter 5 - The purpose and objectives of the research, the material used and the working methodology;

Chapter 6 - Results and discussions;

Chapter 7 - Conclusions and recommendations.

At the end of the thesis are presented the bibliography, which includes a number of 138 bibliographic references, both in Romania and abroad, and the annexes that include the list of figures, the list of tables, as well as the list of published scientific papers.

The first part of the doctoral thesis, the current state of the art on optimizing fertilization and irrigation in tomato cultivation, consists of four chapters and contains general information from the literature.

Chapter 1 - General considerations for tomato cultivation

This chapter is structured in three subchapters and contains information on the importance of tomato cultivation, botanical and biological characteristics of tomato plants, as well as information on the relationship of plants with environmental

factors, respectively their requirements regarding temperature, light, humidity, soil, air and nutrients.

Chapter 2 - General considerations on fertilization and irrigation of vegetable plants

The next chapter contains two subchapters, which set out information on the importance of irrigation in the growth and development of vegetable crops. Data from the scientific literature have contributed to establishing an optimal system to cover the specific consumption of selected crops, depending on the purpose and objectives of irrigation. Based on the elements of the irrigation regime, a classification of irrigation systems in protected areas (irrigation by gutters, sprinkler irrigation and drip irrigation) was made, taking into account the possibility of applying nutrients through them. Next, it describes the importance of nutrition in plant growth and development, by highlighting the roles that micro and macroelements play, while establishing the specific consumption of vegetable plants, but also the possibility of automating their application processes.

This information helps to develop the concept of concurrent irrigation and fertilization, being a key element in the development of the biosensor irrigation system.

Chapter 3 - The cultivation of vegetables without soil

The chapter is structured in three subchapters and has advantages and disadvantages for the use of techniques other than conventional cultivation (soil cultivation). Thus, after a detailed study in the field of hydroponic, aeroponic and substrate crops, taking into account the administration and data collection, for the experiment we opted for an organic substrate culture system (mixture of peat, compost, perlite and Orgevit).

Chapter 4 - Use of thermal and electrical techniques to determine the degree of water and nutrient supply

The chapter consists of two subchapters and brings to the fore the contributions of other researchers on the use of electrical or thermal signals to study the reactions of a morphological and physiological nature caused by external stimuli.

Studies on corn plants have shown changes in electrical and hydraulic signals. The values of the electrical signals decreased when the plants were subjected to water stress or day-night alternation. Similar studies have been conducted on vines, with significant increases in the amplitude of electrical signals at the time of irrigation.

Thermal techniques were used to determine the speed of sap flow through the plant stem, mainly measuring the effect on the sap at the time of heating or dissipation of thermal energy on a portion of the heated stem, or the propagation of a heat impulse.

The second part of the doctoral thesis, the results of his own research, is the most extensive and divided into three chapters.

Chapter 5 - The purpose and objectives of the research, the materials used and the working methodology

The chapter is structured in six subchapters.

The aim of the research was to evaluate the response of tomato plants to external stimuli and their interpretation in terms of the intensity of electrical signals.

In order to achieve the proposed purpose of the research, the following specific objectives were elaborated:

- Documentary study, research in the country and abroad on the doctoral topic, namely, studies on current technology of tomato cultivation, considerations on fertilization and irrigation of crops, as well as the realization of vegetable crops without soil;
- Establishing the experimental variants according to the macro and microelements necessary for the development of tomato plants;
- Measurement of electrical signals generated by the presence or absence of nutrients;
- Analysis and interpretation of data on the influence of treatments on biometric, physiological and biochemical indicators of tomato culture and their correlation with the intensity of electrical signals

As a biological material, the experiment used the Brilliant F1 tomato cultivar, a productive tomato hybrid, with undetermined growth, suitable for greenhouse crops.

The experiments were performed in the greenhouse of the experimental stationary Farm "V. Adamachi ". This chapter also includes a climatic description of the area as well as the environmental conditions provided in the greenhouse for the research period.

The tomato culture was carried out on an organic substrate, the plants being grown in plastic containers, with a volume of 12 l, using as a substrate a mixture of peat (with a caliber of 0-25 mm), compost, perlite and Orgevit.

Ten macroelement fertilization treatments were used in the experiment, applying a quantity of 30 ml solution / day / plant.

The biosensor system involves the use of electrical monitoring signals as input data, which have the role of guiding the fertilization system, and not only, but also the control system of the entire complex of environmental factors.

The degree of supply of plants with nutrients was achieved by determining the intensity of the electrical signal, through a system consisting of a source generating 9V direct current, two electrodes installed on the plant stem, the measuring instrument and the recording unit.

Measurements were made over 24-hour periods, from 10:00 AM to 9:59 AM the next day. The distance between the electrodes was set at 40 cm, the lower electrode

being inserted into the plant at a distance of 25 cm from the substrate surface. The electrodes were inserted in such a way as to intersect the xylem of the plants. To monitor the intensity of the electric current, a sensitive unit was used, capable of measuring values in the range of 0.01 fA - 20 mA, produced by Keysight, model B2981A Femto / Picoammeter.

From a technical point of view, the following steps are required to complete the installation:

- Preparation of the database;
- Carrying out measurements and monitoring electrical signals;
- Filtering electrical signals;
- Deconvolution of electrical signals;
- Analysis of electrical signals;
- Establishing a working protocol;
- Correlation of readings with the circadian rhythm of biochemical and physiological processes of plants;
- Providing nutrients;

Chapter 6 - Results and discussions

This chapter is structured in six subchapters and follows the way in which the nutritional treatments influenced the biometric indicators of the plants from the tomato culture, the Brilliant F1 cultivar, determined by measurements on the plant height, leaf area, number of fruits, fruit mass, quality index. of fruit and total production.

The influences of the nutritional treatments applied on the physiological indicators were evaluated by determinations on the physiological indicators such as: the intensity of the photosynthesis processes, perspiration, the stomatal conductance of the water, the substomatal CO₂ concentration and the chlorophyll content.

In the case of biochemical indicators, the water content, the ash content, the crude fiber and dietary fiber content, the nitrogen and crude protein content, as well as the mineral content were monitored.

The electrical signals received from plants were analyzed using a computer system, consisting of a computer and specialized software, which is based on the principle that nutrient type, environmental factor, circadian rhythm of biochemical and physiological processes of the plant, has a specific electrical signature.

They had unique values for each type of treatment (V_1 - V_{11}), which are differentiated by numerical values and forms.

In order to be able to associate electrical signals with the circadian rhythm of biochemical and physiological processes of plants, as well as their variations depending on nutrient consumption, measurements were made on specific parameters of the photosynthesis process (photosynthesis rate, evapotranspiration

rate, content of carbon dioxide, amount of light, leaf temperature, air pressure) throughout the day.

The obtained variations were analyzed, related to the time factor and were correlated with the results of the electrical signal.

Chapter 7 - Conclusions and recommendations

The last chapter contains conclusions on morphological indicators, conclusions on physiological indicators, conclusions on biochemical indicators, as well as conclusions on recorded electrical signals.

**PARTEA I – STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR
PRIVIND OPTIMIZAREA FERTILIZĂRII ȘI IRIGĂRII LA
CULTURA DE TOMATE**

**PART I - CURRENT STATE OF THE ART ON OPTIMIZING
FERTILIZATION AND IRRIGATION IN TOMATO CROP**

CAPITOLUL 1 - CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND CULTURA TOMATELOR CHAPTER 1 - GENERAL CONSIDERATIONS REGARDING TOMATO CROP

1.1. Importanța culturii de tomate

„Legumele sunt produse alimentare vegetale, succulente, constând din diferite organe ale plantelor: rădăcini sau tulpini tuberizate, bulbi, frunze, muguri, inflorescențe hipertrofiate, fructe sau semințe care, datorită bogăției în vitamine și alte substanțe bioactive, intră curent în hrana omului sub forme variate, crude (salate, sucuri) sau preparate culinare, din produse proaspete sau conservate prin procedee diferite (sterilizare, congelare, fermentare)” (Indrea și colab, 2007).

Tomatele prezintă o importanță deosebită atât din punct de vedere economic cât și alimentar, în special prin conținutul ridicat în vitamine (A, B, B2, B6, C, K, etc.), minerale (Fe, Ca, Mg, I), acizi organici (0,5-1,5%), dar și glucide (2,9-7%).

„Tomatele sunt originare din America Centrală și de Sud, Peru și Ecuador, specia de origine fiind *Lycopersicon esculentum var. cerasiforme L.*, care în Mexic încă din anul 200 î.e.n. a fost folosită ca plantă medicinală și apoi în cultură” (Butnariu și colab., 1992).

În prezent sunt cultivate numeroase soiuri și hibrizi, ce corespund unor anumite tipuri de tehnologii ori destinații.

Tomatele (*Solanum lycopersicum L.*) reprezintă una dintre cele mai importante grupe tehnologice, datorită importanței sale alimentare, pentru fructele consumate la maturitate fiziologică sau tehnologică, proaspete sau conservate, a importanței agrotehnice, economice și sociale.

Considerând faptul că tomatele valorifică excelent terenurile însorite, fertile și irigate, precum și faptul că în comparație cu alte culturi legumicole, acestea asigură venituri mari raportate la cheltuieli, acestora li se acordă cele mai bune sole de teren.

Aspecte precum soiul utilizat, zona în care este amplasată cultura, condițiile de mediu, gradul și tehnologiile de cultivare, au impact asupra compoziției chimice a tomatelor (Munteanu, 2003).

Valoarea nutritivă a tomatelor nu este dată strict de protide, glucide și lipide, ci și de vitamine și săruri minerale, substanțe care au rol de biocatalizator (Mihalache, 2003).

De asemenea, elementele minerale au impact și asupra gustului fructelor de tomate.

1.2. Particularități botanice și biologice ale plantelor de tomate

”Specia *Lycopersicum esculentum* Mill. Aparține genului *Lycopersicon*, care face parte din subfamilia Solanaceae, familia Solanaceae, ai căror membri au aceeași formulă genomică ($2n=2x=24$)” (Munteanu, 2003).

Deși în zonele de origine, tomatele se comportă ca plante perene, în condițiile de cultură din țara noastră, tomatele sunt plante anuale.

Tomatele prezintă un sistem radicular puternic dezvoltat, întins pe o suprafață medie de de 1,5 m², cu o adâncime medie de 0,25-0,30 m, ce poate ajunge până la 1 m.

În ceea ce privește dezvoltarea sistemului radicular, în condiții naturale de creștere, fără transplantare, rădăcina principală este pivotantă, după care începe să se ramifice, care începe la câteva zile de la germinare, în momentul apariției primelor frunze adevărate. Un alt model de dezvoltare a sistemului radicular presupune transplantarea răsadului, lucru ce impune ruperea vârfului rădăcinii principale, ce determină o ramificare accentuată a sistemului radicular, implicit determină o sporire a funcției de absorbție a apei și a elementelor nutritive.

1.3. Relațiile plantelor de tomate cu factorii de mediu

Tomatele sunt puțin pretențioase la factorii de mediu datorită plasticității ecologice ridicate a acestei specii. Totuși, reacționează favorabil dacă sunt asigurate condițiile optime care permit un randament ridicat de bioconversie, realizând producții ridicate.

Cerințele față de temperatură

Valorile temperaturii, măsurate atât în sol cât și în aer, au un impact semnificativ asupra dezvoltării tomatelor. Temperaturile sub 10°C au ca efect blocarea creșterii plantelor (pragul de 0 biologic), iar cele mai mari de 32°C pot avea ca rezultat o fecundare slabă a florilor. (Voican, 1984).

Germinația semințelor se realizează după depășirea pragului de 9-10°C, temperaturile optime fiind cuprinse între 20-25°C. (Petrescu, 1999).

Temperaturile măsurate în sol sau substratul de cultură au influență asupra germinației, optime fiind 16-17°C, în lunile mai reci, și 18-20°C, după luna aprilie (Ciofu și colab., 2004).

Dacă temperaturile din substratul de cultură scad sub 5-6°C, funcțiile rădăcinilor încetează, iar dacă acestea scad sub pragul de 0°C, rădăcinile sunt afectate cu caracter permanent. De asemenea, temperaturile mai mari de 30-35°C reduc funcțiile sistemului radicular, iar cele care trec de 40-50°C reduc complet activitatea acestuia, ducând chiar la degradarea lui.

Temperatura solului, împreună cu temperatura aerului influențează schema nutritivă. La temperaturi de 25-30°C în sol și 15-20°C în aer, plantele absorb un exces de N ducând la scăderea rezistenței plantelor la boli, modificări în culoarea fructelor. La pragurile de 25-30°C în aer și 15-20°C în sol, se întrunesc condiții optime de mobilizare a fosforului în procesele de respirație, dar apare o carență în absorbția acestui element (Munteanu, 2003).

Temperaturile din aer pot influența diferit procesele fiziologice ale plantei, în funcție de variația zi-noapte, precum și în funcție de fenofazele parcurse de plante. De regulă, temperaturile din timpul zilei sunt cu 5-6°C mai mari față de temperaturile înregistrate în timpul nopții. Procesele de alungire sunt mai intense la temperaturi de 25°C ziua și 15-20°C în timpul nopții.

Răsadurile de tomate sunt sensibile la schimbările de temperatură. Acestea pot fi vernalizate pentru a induce înflorirea timpurie și pentru a crește numărul de flori per inflorescență.

Comparativ cu temperaturile de 25-30°C, la 14°C se poate crește numărul de flori per inflorescență, dacă această condiție este întrunită la momentul expansiunii cotiledoanelor. Prima inflorescență apare la un număr mai mic de frunze, iar anteza are loc mai devreme (Munteanu, 2003).

Temperaturile ridicate au efect negativ asupra polenizării și dezvoltării pistilului, prin inducerea exerției stilare. Temperaturile mai scăzute din faza de răsad pot duce la un număr mai mare de muguri floriferi în inflorescențe și un număr mai scăzut de frunze până la apariția primei inflorescențe.

Temperaturile nocturne ridicate pe toată perioada vegetației pot determina creșteri vegetative luxuriante, cu număr mic de flori și fructe, ceea ce duce la un randament scăzut al culturii respective. Pentru o dezvoltare optimă, trebuie asigurat un echilibru al temperaturilor dintre zi și noapte, care să asigure un raport optim între numărul de flori și suprafața foliară a plantei.

Cerințele față de lumină

Tomatele, care au origini din zona cu specific tropical și provenind din zone cu astfel de condiții, presupun cerințe ridicate pentru insolație într-o zi relativ scurtă. Factorii cei mai importanți pentru dezvoltarea optimă a tomatelor în ce privește regimul de lumină sunt legați strâns de energia radiantă și cantitatea acesteia, durata intervalului în care acestea beneficiază de lumină, intensitatea luminoasă și, în mod special, calitatea și tipul luminii (Munteanu, 2003).

Intervalul favorit agreat de tomate pentru a se dezvolta în mod optim este în timpul unei zile lungi, cu o durată cât mai mare, respectiv de la 12 până la 14 ore. O puternică influență o au calitatea luminii și condițiile de lumină, de acești factori depinzând acumularea, creșterea și dezvoltarea masei plantelor și nu în ultimul rând, fructificarea. În acest sens, cerințele tomatelor pentru intensitatea luminoasă se ridică până la 20-25 klucși, plecând de la necesarul minim de 4-5 klucși. Există perioade ale anului în care lumina este deficitară în raport cu așteptările tomatelor, în mod

deosebit din octombrie până în martie, caz în care acestea au nevoie de suport artificial pentru dezvoltare: utilizarea de mulci reflectorizant pentru favorizarea reflecției interne, utilizarea unei folii ce asigură transparența maximă, minimalizarea fenomenului de reflecție externă, plantarea în regim izolat, după o schemă optimă, pentru prevenirea umbririi plantelor și identificarea și utilizarea unor tipuri constructive de plante (Popescu și Horgaș, 2004).

Ca perioadă critică pentru necesarul de iluminare puternică se consideră intervalul începând cu ziua a opta de la răsărire, până la a zecea. Dacă în această fază nu există lumină suficientă, este favorizat fenomenul de alungire al plantulelor tinere, rămânând astfel, firave și nu optim dezvoltate. Indrea și colab., 1996, enunță creșterea acumulării de substanță uscată în condiții de luminozitate ridicată, în perioada de producere a răsadului.

Fotosinteza și implicit, dezvoltarea plantei, sunt direct influențate de factorul lumină, considerând cei mai importanți parametri cu acțiune directă asupra reglării morfogenezei, respectiv durata de acțiune directă, compoziția spectrală, intensitatea, etc.. Toate aceste elemente reprezintă baza acumulării, formării și dezvoltării masei biologice a plantei.

Cerințele față de umiditate

Creșterea și dezvoltarea plantelor se bazează pe un alt suport definitoriu în care se desfășoară toate procesele biochimice, și anume apa. Deși nu joacă un rol cu implicații deosebite în toate fenofazele, cum îl are temperatura, ea este deosebit de importantă pentru contribuția la calitatea proceselor de creștere și implicit, de dezvoltare. Hoza, (2008), enunță faptul că tomatele nu emit cerințe ridicate față de umiditate, ci mai degrabă moderate, deoarece este redus coeficientul de transpirație, 306 ± 29 g. apă/g.s.u., considerând în fapt, un coeficient de valorificare a apei între 90 și 150 t apă / 1 tonă de produs. UR, umiditatea relativă a aerului trebuie să fie cuprinsă între 60 și 65% în intervalul septembrie- jumătatea lunii aprilie și în restul timpului, între 65% și 70%. Ideal este ca UR să nu depășească 75 de procente.

În ce privește tipul de cultivare al tomatelor, respectiv prin răsad, sistemul radicular este superficial, acest sistem împiedicând aprovizionarea cu necesarul de apă din straturile mai profunde ale solului, apărând astfel, nevoia de suplimentare cu apă prin irigare.

Andronicescu (1970), a analizat și a enunțat faptul că în primele faze de creștere, nivelul umidității solului este de 68-70% din capacitatea de câmp, și de 78-81% în faza de fructificare, pornind chiar din faza de creștere intensă din prima inflorescență.

În faza de coacere a fructelor, este foarte important să se considere evitarea alternanței între perioadele de umiditate abundentă cu perioadele de secetă, întrucât pot genera fenomenul de crăpare și diminuarea conținutului în substanță uscată.

O constatare foarte importantă cu privire la un indicator o face Burzo în 1999, și anume: gradul de aprovizionare cu apă a plantelor îl constituie concentrația sucului celular din frunze, care trebuie să fie de 8-9% la nivel optim.

Dacă umiditatea este ridicată, un fenomen favorizat de acest fapt este reducerea consumului de apă, iar alimentarea cu calciu a fructelor suferă, generând o predispoziție pentru necrozele apicale. Așadar, pentru a preîntâmpina și a combate boli de această natură, este recomandat ca să fie creat un ambient posibil de controlat, unde factori precum temperatura, umiditatea relativă și lumina sunt corelați, iar aprovizionarea cu apă este ideal să se realizeze prin deschiderea rigolelor, între rânduri (Docea și colab., 2012).

Altitudinea locului, regimul vânturilor și temperatura influențează precipitațiile. Cantitatea acestora, considerată la interval lunar, fluctuează relativ la climatul continental caracteristic. Lunile mai, iunie și iulie asigură aproximativ 35% din cantitatea de precipitații totală. (Munteanu și colab., 2012).

Riscul apariției bolilor este scăzut în condiții de umiditate scăzută în aer. De aceea, în cultura tomatelor, se recomandă evitarea valorilor umidității mai mari de 80% și mai ales, fenomenul formării de rouă.

Cerințele față de sol

Solurile recomandate pentru cultura tomatelor sunt solurile mijlocii; pentru cele timpurii, sunt ideale solurile ușoare, terenurile nisipoase, dar cu condiția să se asigure elementele minerale și necesarul de apă.

Cele mai evitate soluri pentru aceste culturi sunt solurile argiloase, grele, iar caracteristicile acestor soluri garantează dezvoltarea improprie a plantelor de tomate.

Cerințele pentru starea și calitatea solului prevăd un aport bogat de substanțe nutritive și fertilizate, un nivel ridicat al humusului, respectiv 5-6%, o prelucrare eficientă prin afânare, prin lucrări specifice, care să asigure permeabilitate pentru apă și aer, cu potențial de încălzire optim. Alte condiții indicate sunt expoziția sudică a terenului, pe nivel plan, ușoare, care să permită nivelarea și irigarea optimă, situată la 3-4 metri deasupra pânzei freatice și mai ales, să nu fie infestate cu boli sau dăunători sau cu buruieni; se cere un pH ușor acid, între 6 și 6,5, după Ciofu, 2004.

Dacă acest indicator, pH-ul, scade sub 5 sau crește peste 7, apare atât un fenomen de scădere bruscă în masa tulpinii, cât și de scădere atenuată a vigurozității rădăcinii, determinate de reacția solului la absorbția micro/macroelementelor; aceste reacții au o influență majoră și un efect imediat, în sensul impropriu, asupra dezvoltării masei vegetale a plantei. De asemenea, o creștere a pH-ului din substratul de sol reduce absorbția elementelor precum fosfor, bor, cupru, fier, magneziu și zinc, iar o scădere a pH-ului reduce absorbția Molibdenului, după Munteanu, 2003.

Cerințele față de aer

Cultura tomatelor are, de asemenea, cerințe importante față de aer - CO₂ se află la baza sintezei substanțelor organice, prin cunoscutul proces de fotosinteză.

Studiile și cercetările efectuate de-a lungul timpului, în mediul de seră, au dus la concluzia că plantele de tomate se dezvoltă optim și înregistrează o dezvoltare și o creștere superioară la o concentrație de CO₂ care crește de la 0,03% la intervalul 0,09%-0,14%.

Anumite rezultate arată că într-o atmosferă unde există o concentrație de 0,18% CO₂, s-a obținut un spor de recoltă de până la 22%, dar cu influență directă din partea diferitelor soiuri sau hibrizi utilizați, cu diferențele specifice.

Cele mai recente cercetări și studii au identificat că prin mărirea sau creșterea nivelului de CO₂ până la 450-500 ppm, rezultă un spor de producție de 20 de procente la tomate.

Cerințele față de elementele nutritive

Studiate îndeosebi de diverși cercetători, tomatele au generat ipoteze diverse, iar verificarea acestora în timp și sub examinare minuțioasă a proceselor, a dus la concluzia că asimilarea nutrienților se face în mod diferit, pe tot parcursul dezvoltării acestor plante de tomate. Anume: în cazul potasiului și al azotului, în faza inițială de creștere, asimilarea este lentă, încetă, iar în perioada de înflorire, această asimilare crește brusc.

Dacă în cazul potasiului, K, se ating valori maxime pe parcursul dezvoltării fructului în privința asimilării, azotul se asimilează cu precădere după formarea primelor fructe.

În cazul elementelor fosfor și a nutrienților secundari, precum magneziu și calciu, necesarul este constant pe toată durata ciclului de viață corespunzător tomatelor.

Nivelul cel mai mare al ratei de absorbție a nutrienților se întâlnește în primele 8-14 săptămâni., fază ce coincide cu timpul de după prima recoltă. Așadar, necesarul cel mai mare de azot este în debutul perioadei de creștere și mai ales, după etapa de inițiere a fructificării. Luând în considerare necesitățile variate ale plantelor, se ține cont la aplicarea cantităților de nutrienți și de fazele creșterii și dezvoltării plantelor la momentul furnizării necesarului de elemente. (Che et al., 2018; Taiz și Zeiger, 2006; Zamfirache, 2005) (Tabelul 1.1).

Nutrientul ce se găsește în cantitatea cea mai mare în plantele de tomate și în fructe este potasiul, urmat de azot, calciu și fosfor (Lopez-Arredondo et al., 2017) (Tabelul 1.2).

Tabelul 1.1/Table 1.1

**Principalele funcții ale substanțelor nutritive din plante/
The main functions of plant nutrients
(Munteanu, 2003; Stan, 2010)**

Nutrient	Funcții
Azot (N)	Sinteza proteinelor (creștere și producție)
Fosfor (P)	Diviziunea celulară și formarea unor noi structurilor energetice
Potasiu (K)	Transportul glucidelor, controlul stomatelor, cofactorul multor enzime, reduce susceptibilitatea la boli ale plantelor
Calciu (Ca)	Asigură rezistența mecanică a țesuturilor și turgescența celulară, fiind implicat în procese fiziologice cum ar fi circuitul apei și al sărurilor prin pereții celulari. Reduce susceptibilitatea la boli
Sulf (S)	Sinteza aminoacizilor esențiali cisteină și metionină
Magneziu (Mg)	Parte centrală a moleculei de clorofilă
Fier (Fe)	Sinteza clorofilei
Mangan (Mn)	Necesar în procesul de fotosinteză
Bor (B)	Formarea pereților celulari. Germinarea și alungirea tubului de polen Participă la metabolizarea și transportul glucidelor
Zinc (Zn)	Sinteza auxinelor
Cupru (Cu)	Influențează metabolizarea azotului și a carbohidraților
Molibden (Mo)	Component al enzimelor reductazei și a enzimelor azotaze

Tabelul 1.2/Table 1.2

**Ghidul de cultură al tomatelor: totalul cerințelor nutriționale/
Tomato cultivation guide: total nutritional requirements
(Munteanu, 2003; Zamfirache, 2005)**

Fertilizare	Producție (t/ha)	N	P₂O₅	K₂O	CaO	MgO
Per total	80,00	241,00	62,00	416,00	234,00	67,00
	150,00	417,00	108,00	724,00	374,00	110,00
Procesare	60,00	196,00	50,00	336,00	203,00	56,00
	100,00	303,00	78,00	522,00	295,00	84,00
Solar	100,00	294,00	76,00	508,00	279,00	80,00
	200,00	139,00	536,00	139,00	463,00	138,00
Seră	120,00	85,00	328,00	85,00	289,00	86,00
	240,00	158,00	608,00	158,00	491,00	152,00

CAPITOLUL 2 - CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND FERTILIZAREA ȘI IRIGAREA PLANTELOR LEGUMICOLE

CHAPTER 2 - GENERAL CONSIDERATIONS REGARDING FERTILIZATION AND IRRIGATION OF VEGETABLE PLANTS

2.1. Importanța irigației în creșterea și dezvoltarea plantelor legumicole

Elementul fundamental pentru fiziologia plantelor este, așa cum se cunoaște, apa.

Referitor la extinderea suprafețelor ce au fost irigate, acestea s-au ridicat de la 8 milioane de hectare în secolul XVII, până la aproximativ 300 de milioane de hectare în cursul secolului XX. O concluzie la care s-a ajuns în urma studiilor experimentale este că randamentul operațiunilor de irigat este întâlnit nu doar în climatul arid și în arealele corespundente ci și în zone ca România, care se încadrează la zona subumedă, unde se înregistrează o creștere a producției, în urma aplicării a 2-3 operațiuni de irigat de-a lungul unui ciclu de producție.

La nivelul țării noastre, ca rezultat al analizelor climatice, s-a identificat una din cauzele ce favorizează fenomenul de secetă și anume, repartizarea neuniformă și distribuția inegală a precipitațiilor la nivel temporal și spațial.

Zonele care suferă cel mai mult în urma acestui deficit de umiditate sunt Estul și Sudul țării, din cauza tipului de relief ce se regăsește în aceste zone, respectiv relieful montan, ce acționează ca un element de barieră pentru trecerea maselor de aer purtătoare de apă.

2.1.1. Scopul și obiectivele irigației plantelor legumicole

Prin operația de irigare se vizează aprovizionarea solului cu apă suficientă pentru acoperirea în mod optim a necesarului ce corespunde nevoii fiziologice a plantelor, conducând la creșterea și sporirea atât a cantității, cât și a calității recoltelor utilizate; acest fapt constituie un avantaj, în perspectiva creșterii populației umane și a cerințelor tot mai mari pentru alimente și calitatea acestora.

2.1.2. Consumul de apă al plantelor legumicole

Poziția geografică a țării noastre și a reliefului asociat, constituie un inconvenient pentru regimul de precipitații, dar regimul hidrografic combate acest lucru, nu prin asigurarea de apă direct pentru plante, ci prin ușurința implementării unor sisteme de irigații ce pot folosi aceste resurse.

Cele mai importante funcții pe care le îndeplinesc sistemele de irigații se consideră în funcție de rolul pe care în au și anume: rolul de aprovizionare, caracterizat de capacitatea de aprovizionare cu apă a solului în toată perioada de vegetație, rolul de umectare, ce vine în completarea gradului de umiditate din sol în perioada de vegetație, rolul de spălare, care îndepărtează și elimină sărurile cu potențial și efect negativ asupra plantelor, rolul de fertilizare, prin care apa dizolvă elementele fertilizante sau se aplică îngrășăminte dizolvate în apă și rol termoregulator, pentru a apăra plantele în condiții de temperatură extremă, inclusiv încălzirea solului când acesta este prea rece.

Caracteristicile sistemelor de irigații reprezintă un criteriu care împarte aceste sisteme în:

- amenajare cu rețele deschise, precum canalele sau jgheburile;
- amenajare cu rețele închise, precum conductele îngropate.

Țesuturile plantelor sunt direct afectate de prezența sau absența apei, iar un nivel optim privind acest element condiționează turgescența, în vederea menținerii stării fiziologice și fizice a plantelor.

Pentru ca o operațiune de irigare să fie corespunzătoare, se ține cont și de nivelul de aprovizionare al solului cu apă înainte de etapa de înființare a culturii- în sere, adăposturi acoperite din timp- dar și după etapa de înființare; de asemenea, se iau în considerare și furnizarea necesarului optim de apă în funcție de fenofază, pentru susținerea ritmului de dezvoltare, consumul specific de apă al plantelor, evoluția nivelului de temperatură și fluctuațiile specifice sezoniere, gradul de iluminare și calitatea luminii, dar și caracteristicile solului folosit ca suport pentru cultură, principala caracteristică considerată fiind capacitatea de câmp pentru apă.

La stabilirea metodelor și tehnicilor de udare, se ține cont de:

- necesitatea asigurării unei distribuții uniforme a apei și a unei umectări corespunzătoare, care să asigure pătrunderea apei până la adâncimea sistemului radicular;
- eliminarea posibilității de influență negativă a irigației asupra structurii solului;
- utilizarea în integralitate a apei plecată de la sursă, de către sistemul de distribuire;
- evitarea spălării solului din momentul irigației;
- posibilitatea realizării lucrărilor de îngrijire, atât manuale cât și mecanizate.

2.1.3. Elementele regimului de irigare

Regimul de irigare al sistemului adoptat trebuie să asigure un rang de $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ sau $\frac{3}{4}$ din IUA, care trebuie să fie cât mai apropiată de valoarea capacității de câmp. O valoare minimă critică, sub care nu trebuie să scadă umiditatea, este redată de coeficientul de ofilire, plus $\frac{1}{2}$ din IUA, care valoare înseamnă 75 % din CC (capacitatea de câmp).

Norma de udare se referă la cantitatea totală de apă ce se aplică pe o suprafață cultivată, care nu trebuie să depășească CC.

Se calculează pe baza următoarei relații:

$$Nu = 110 H Gv (C - P) \quad (\text{m}^3/\text{ha})$$

unde:

- Nu - este norma de udare (m^3/ha);
- H - este adâncimea de udare, raportat la pătrunderea rădăcinilor (0,45 – 0,55 m la tomate);
- Gv - este greutatea volumetrică a stratului de udare (t/m^3);
- C - este capacitatea de câmp pentru apă a solului (%);
- P - este provizia momentană pentru apă a solului (%).

Norma de irigare - se definește drept întreaga cantitate de apă ce se aplică pentru o cultură, în întregul interval al perioadei de vegetație, care se calculează după formula:

$$Ni = \sum(E + T) + Rf - Ri \quad (\text{m}^3/\text{ha})$$

unde:

- Ni - este norma de irigare (m^3/ha);
- E - este consumul de apă din sol, prin evaporație (m^3/ha);
- T - este consumul de apă din sol, prin transpirație (m^3/ha);
- Rf - este rezerva finală de apă din sol, la sfârșitul perioadei de vegetație (m^3/ha);
- Ri - este rezerva inițială de apă din sol, la începutul perioadei de vegetație (m^3/ha).

Numărul de udări ce trebuie aplicat este un rezultat între raportul dintre Norma de irigare și Norma de udare, după relația:

$$n = Ni / Nu$$

Intervalul de udare - se definește ca perioada sau intervalul de timp cuprins între două udări consecutive și este în direct raport cu Norma de udare anterioară, precipitațiile implicate, capacitatea solului în cauză de a menține apa, temperatura aerului, umiditatea aerului, circulația aerului, transpirația și intensitatea fenomenului, aportul furnizării de apă a pânzei freatice, etc.

2.1.4. Metode de irigare în spații protejate

Irigarea în spații protejate se poate realiza prin rigole, prin utilizarea sistemelor de irigare prin aspersiune sau irigare prin picurare.

Udarea pe rigole (brazde)

Este aplicabilă la culturile din sere și solarii, dar și la cele protejate în forma tunelelor joase, dacă nivelarea terenului a fost realizată corespunzător, generând o pantă care ce favorizează scurgerea apei, pe rigole.

Durata procesului de udare se estimează după timpul de stagnare a apei la nivelul rigolelor și de asemenea, se ia în considerare viteza de infiltrație a apei în sol, care este relativă la textura solului, după cum urmează:

- Soluri nisipoase - 20 mm/h;
- Soluri nisipo-lutoase - 15 mm/h;
- Soluri luto nisipoase - 12 mm/h;
- Soluri lutoase - 10 mm/h;
- Soluri argiloase - 8 mm/h.

Foarte important este să se evite udarea în norme foarte mari, în funcție de situație, întrucât poate avea efecte negative asupra plantei, prin asfixiere la nivel de sistem radicular; tot astfel, efecte negative pot apărea și la udarea cu norme mici, întrucât nu se asigură necesarul de apă.

Udarea prin aspersiune

Modalitatea de udare prin aspersiune poate lua mai multe forme la culturile protejate, implicând atât instalații speciale pentru aspersiune - în seră și solar - dar și dispersare prin sită, ce se atașează la furtun dacă apa se pompează, sau la stropitoare, când este vorba de răsadnițe, solarii, adăposturi joase. Un aspect relevant este faptul că se poate automatiza distribuția apei, ceea ce reprezintă un mare avantaj.

Modalitatea de irigare prin aspersie implică utilizarea aspersoarelor pop-up, telescopice, așa-zisele „sprinklere”, sau simplu-stropitorile - ce se dispun la diverse înălțimi de la sol.

Aspersoarele rotative

Acest tip se caracterizează printr-un jet de apă, care se rotește în funcție de un unghi stabilit în momentul proiectării și de reglajul aspersorului. În funcție de modelul adoptat, se pot acoperi pentru irigare suprafețe între 5 și 15 metri.

Aspersoare spray

Acest tip se caracterizează prin faptul că formează o perdea de apă, uniformă, distribuită pe un unghi sau pe o rază prestabilită și reglabilă. În general, implică un corp de aspersor, la care se atașează o duză, achiziționată separat, care duză nu face parte din corp, dar se achiziționează separat și care ajută la stabilirea unghiului, a formei și a razei de udare. Se pretează pentru suprafețe între 0.6 și 5.5 metri.

Irigarea prin picurare

Acest tip de irigare este cea mai potrivită metodă pentru irigarea la culturile protejate. Prezintă numeroase avantaje, printre care:

- automatizarea distribuției apei;
- distribuția apei doar la rădăcină și simultan, pentru a se bucura toate plantele de resursa de apă;
- se reduce cantitatea de apă folosită pentru irigare, existând randament mare cu resurse puține;
- se atinge un nivel optim pentru gradul aerației solului;
- se combate tasarea solului și implicit, se diminuează distrugerea structurii superficiale a solului, prin circulație;
- se preîntâmpină răcirea solului în urma udării și se generează optimizarea bilanțului termic;
- se elimină riscul de atac al bolilor și dăunătorilor, care apar frecvent în condiții de umiditate ridicată la nivel de sol și aer;
- se poate administra simultan apa de irigare cu elementele minerale, sub forma unei soluții apoase - fertigare.

Cele mai mari dezavantaje demne de menționat vizează obligativitatea filtrării apei, care dacă este ignorat, conduce la înfundarea duzelor, iar astfel nu se mai distribuie uniform apa cu elementele minerale; tot astfel, un dezavantaj îl constituie necesitatea asigurării unei presiuni constante a apei, iar utilizarea picurătoarelor presupune un control permanent al acestora și al concentrațiilor substanțelor ce alcătuiesc soluția fertilizantă.

Realizarea unui sistem de irigare implică niște costuri ridicate.

Sursa de apă

Aceasta trebuie să aibă întotdeauna alimentarea de la o sursă sub presiune: rețeaua locală, foraj-fântână cu pompă, hidrofor, rezervor cu pompă, etc. Sunt cazuri în care alimentarea se realizează și prin cădere liberă, pe fondul gravitației, la sistemele mici de irigare cu picurare, însă aceste sisteme presupun o atenție sporită pe partea de filtrare, automatizare și alte elemente care implică presiuni mici sau produc pierderi ale presiunii care să conducă la afectarea funcționalității sistemului în parametri optimi.

Tipul culturii

Se recomandă realizarea rândurilor pentru plantare, cu o distanță uniformă și egală între plante și rânduri, pentru a se facilita accesul și ușurința realizării lucrărilor solului-săpare, cultivare, fertilizare, plivit, etc., dar și pentru a ușura proiectarea sistemului. Există anumite culturi ce nu se pretează pentru plantarea pe sistem în rânduri, sau care se cultivă la distanțe foarte mici între plante, ca grâul, spre exemplu și care se bucură mai mult la sistemul de irigare prin aspersie.

Sursa de curent

Aceasta este necesară, în funcție de tipul automatizării: programator 220V, programator cu baterii de 9V, 12V și 24V; în unele cazuri această sursă nu este necesară.

Tipurile de furtun de irigare prin picurare

Furtunul de picurare mai poartă și denumirea de picurător. Grosimea acestuia poate fi variabilă, între 0.8 și 1.3 mm, relativ la producător și model, iar durata de viață a acestora este aproximată la 5-10 ani.

Banda de picurare mai poartă și denumirea de panglică de picurare, care este tot un furtun cu un perete mult mai subțire, cu o grosime relativ mică și în mod implicit, durata de viață este mult mai redusă, până la maxim două sezoane.

Tubul de picurare se împarte în :

a) Tub ce conține picurătoare inserată, preinstalată;

Aceasta este varianta comună, clasică, caracterizată cu picurătoare cu debit fix, deja montate pe interior, la o distanță relativ egală. Cele mai obișnuite distanțe între picurători sunt de 20, 30, 33, 40 sau 50 de cm. Evident, aceste distanțe pot fi mai mari, dar pentru cantități mari și specificații diferite se realizează pe comandă, pentru orice parametru diferit solicitat: debitul, diametrul și grosimea tubului, tipul picurătoarelor și distanța dintre ele, etc.

b) Tub fără picurătoare, așa-numitul „tub orb”.

Este un furtun fără perforații, utilizat în cazul în care distanța dintre plante este mai mare sau este neuniformă, iar folosirea acestui tip impune montarea picurătoarelor în câteva puncte specifice. Se poate conecta la furtunul cu picurare, pentru a se putea întrerupe udarea pe un anumit areal.

În privința irigației, se mai pot utiliza împreună cu picurătoare, care mai sunt recunoscute după denumiri generice precum ciuperci, duze, sau duze picurătoare, în anumite momente. Montarea acestora se face perforând tubul la locul dorit. În mod obișnuit, se dispune imediat lângă plantă.

Picurătoarele

Duzele de picurare pot fi de mai multe feluri:

1. Picurătoare simple - acestea sunt picurătoarele clasice, care au un debit fix, ce nu se pot regla și nici desface pentru curățare.

2. Picurătoare inspectabile - acestea permit desfacerea pentru curățare periodică. Se pot înfunda frecvent cu impurități purtate pe instalație sau din cauza depunerilor de calcar, îngrășămintă, etc. Pentru a preîntâmpina această problemă, se recomandă atașarea unui filtru montat, reducând astfel necesitatea desfacerii pentru curățare.

3. Picurătoare cu compensare de presiune - sunt acele picurătoare cu o construcție aparte, ce are rolul de a asigura un debit constant de apă pentru un interval mai mare de presiune: de exemplu, pentru un debit menținut la valori barice cuprinse între 0.5 și 4.5; acestea se recomandă la utilizarea în cazul rândurilor lungi, unde pot apărea pierderi de presiune de-a lungul furtunului sau la liniile cu diferență de nivel.

4. Picurători reglabile - acestea conțin duze de udare cu posibilitatea de a regla debitul de apă, la anumite intervale. Sunt favorite în cazul fluctuațiilor cantității

de apă necesară, sau când se dorește obținerea unui debit de apă mai mare decât în cazul picurătoarelor cu debit fix.

2.2. Importanța nutriției în creșterea și dezvoltarea plantelor legumicole

2.2.1. Rolul elementelor nutritive

Azotul (N). Este un element esențial pentru plante, constituind factorul cheie al proteinelor, al aminoacizilor, al clorofilei și al acizilor nucleici. Însă pentru a avea un randament maxim, trebuie să se acorde atenție maximă modului și formei în care acest element se aplică în culturile de tomate, fiind decisiv în obținerea unei producții sănătoase și satisfăcătoare. În acest sens, se consideră că cel puțin jumătate din azotul aplicat, este necesar să fie sub forma nitrului- NO_3^- . Totuși, un raport optim între nitrat și amoniu este în directă relație cu stadiul creșterii plantelor și, în mod deosebit, cu pH-ul mediului de cultură. S-a constatat faptul că un mediu suplimentat cu NH_4^+ , în care se cresc plantele de tomate, generează plantule mai mici și simptome caracteristice stresului biologic: cloroză la frunzele bătrâne, răsucirea frunzelor, etc.; rezultat deosebit de cel al plantelor crescute doar cu NO_3^- . Tot astfel, dacă crește raportul dintre amoniu și nitrat, crește și EC și implicit, producția scade.

Dacă în procesul de creștere se întâmpină deficit de azot, apare cloroza în formă de V, deoarece biosinteza clorofilelor se blochează; acest fenomen debutează de la vârf și continuă către baza frunzei, în primă instanță la frunzele mature, de la baza tulpinii și mai apoi, afectează și frunzele tinere, încetinind creșterea plantelor, marcată prin sinteza foarte redusă a proteinelor. Dacă acest deficit de azot ia amploare, acele frunze mature întâmpină procesul de îngălbenire totală și cad. Frunzulițele nou apărute vor fi mai mici ca dimensiune și vor avea o culoare de verde pal, iar rădăcinile vor crește viguros (Weissert and Kehr, 2017).

Dacă există un surplus excesiv de azot, frunzele vor dobândi o culoare verde puternic închis, cu o arie foliculară foarte mare, iar limbul de gofrează puternic, înmulțindu-se excesiv, dar sistemul radicular va fi slab dezvoltat, ceea ce conduce la diminuarea funcției suport, cu un raport între rădăcină și tulpină mic, la încetinirea fazelor de înflorire și dezvoltare a semințelor; la creșterea vegetativă prelungită și la fructificare în volum. (Zamfirache, 2005; Pandey 2015).

Fosforul (P). Cantitățile de fosfor prezente în frunzele de tomate pot varia între 0,25% și 0,50% din conținutul total de substanță uscată. Fosforul este un element esențial, ce intră în componența structurală a moleculelor organice precum acizii nucleici, ATP, fosfolipide, enzime sau coenzime. De asemenea, prezintă importanță în procese precum înflorirea, fructificarea, depozitarea substanțelor de rezervă și maturarea fructelor (Zamfirache, 2005; Taiz and Zeiger, 2006; Cui 2012).

Concentrația recomandată de fosfor în soluțiile de fertirigare variază între 30 și 50 mg/L, dar unii autori recomandă să fie redusă până la 10-20mg/L.

Disponibilitatea fosforului este redusă pentru mare parte din formele de fosfați din sol, și este dependentă de rizosfera ce se formează la nivelul sistemului radicular (Zamfirache, 2005; Gamalero and Glick, 2011, Rodriguez and Fraga, 1999; Gyaneshwar et al., 2002; Fageria, 2009).

Deficiențele de fosfor se manifestă inițial la nivelul sistemului radicular (creșterea excesivă a rădăcinii principale și a perișorilor radiculari), după care se manifestă la nivelul organelor supratereane (scade numărul de frunze și prezintă un colorit verde-închis, pețiolul devine roșiatic, precum și nervurile, efect datorat pigmentilor antocianici, plantele au o dezvoltare slabă, cu tulpini mici și fine, înflorirea este întârziată, precum și scăderea numărului de flori).

Potasiul (K). Potasiul prezintă cea mai mare pondere în plantele de tomate, comparativ cu ceilalți cationi, cu o valoare de 2,5-5% din substanța uscată. Asemănător azotului, în primele stadii de creștere potasiul prezintă cea mai mare concentrație (mai mare de 5%) și scade pe măsură ce planta se dezvoltă. Acest element este ușor absorbit de plante și se poate acumula în cantități mai mari față de cerințele optime de dezvoltare.

Potasiul asigură activarea a peste 60 de enzime, ajută la menținerea unui nivel optim al pH-ului intracelular, reglează închiderea și deschiderea stomatelor, dar și concentrația protonilor pe parcursul procesului de fotosinteză.

Totodată, are rol în menținerea presiunii osmotice și ajută la transportul substanțelor metabolice, de la frunze către fructe și rădăcini, contribuind astfel la creșterea conținutului de zahăr și substanță uscată din fructe, precum și la creșterea capacității de conservare a calităților organoleptice ale plantei.

Potasiul joacă rol și în sistemul de apărare al plantelor, prin creșterea rezistenței la boli și dăunători, iar deficiența acestui element poate duce la scăderea calității fructelor de tomate, apariția de pete între nervuri sau pe marginea frunzelor, sau chiar apariția unor pete clorotice și necrotice, bombarea spațiului dintre nervuri, răsucirea și uscarea frunzelor, încetarea diviziunii celulare și a creșterii plantelor, formarea de rădăcini lungi, gălbui, mucilaginoase, cu rădăcini laterale rare, căderea florilor, mărirea sensibilității la temperaturile scăzute, apariția pe suprafața fructelor a zonelor de țesuturi verzi sau galbene și a spațiilor cu aer în interiorul acestora etc.

Calciul (Ca). Calciul reprezintă un element cu importanță deosebită, ce intră în structura peretelui celular, cu impact semnificativ asupra fermității fructelor (Zamfirache, 2005; Toma și Jităreanu, 2007).

Acest element este vital pentru plantele de tomate, întrucât întârzie senescența frunzelor. Deficiențe de tomate se manifestă asupra fructelor de tomate, în special în perioada de creștere intensivă, prin necroza capătului apical.

Pentru majoritatea rețetelor nutritive în sistemele de fertirigare, concentrația de Ca este de 200mg/L.

Carențele de Ca pot avea ca efect oprirea creșterii plantelor, frunzele capătă o culoare verde închis, de la periferie spre centru, frunzele tinere se deformează și se

răsucesc, urmând apoi necrozarea acestora, începând de la margine, peretele celular se dezintegrează iar țesuturile afectate se rup. De asemenea, crește și susceptibilitatea la atacurile patogene.

La nivelul fructelor, deficiența se manifestă prin apariția unei zone înnegrite, care se aplatizează, urmând apariția unor leziuni majore, care permit atacul agenților patogeni.

Magneziul (Mg). În cazul magneziului, primele efecte ale deficienței se manifestă la nivelul frunzelor, prin apariția de cloroze între nervurile acestora. Ulterior, aceasta poate afecta procesele de respirație, precum și suplimentarea frunzelor cu elemente nutritive, având ca rezultat îmbătrânirea prematură a frunzelor. De asemenea, poate avea impact și asupra sistemului radicular, ce se manifestă printr-o dezvoltare slabă, acumulare de sucroză și amidon, reducerea capacității de fixare a carbonului, formarea de specii reactive la oxigen.

Sulf (S). Deficiențele de sulf se manifestă prin decolorarea frunzelor tinere, ajungând uneori la verde gălbui sau chiar galben, o dezvoltare înceată, cu nervuri și pețioluri roșiatice. Plantele rămân mici, rigide și debile, cu lăstari scurți și fragili, cu numeroase rădăcini albe foarte ramificate. Dacă deficiența de sulf este mai avansată, apar leziuni maronii sau necroze la nivelul pețiolului, iar frunzele au poziție erectă și răsucită.

Manganul (Mn). Deficiența de mangan se manifestă prin apariția de cloroze la nivelul frunzelor tinere, cu aspect mozaicat, la țesuturile dintre nervuri. Poate afecta și dezvoltarea rădăcinilor, procesele de înflorire și fructificare.

Molibdenul (Mo). În cazul deficienței de molibden, la nivelul frunzelor apar pete și zone de cloroză, asemănătoare deficienței de azot, însă fără coloritul roșiatic pe partea inferioară a frunzelor. Molibdenul are rol în reducerea nitratilor înainte ca aceștia să fie asimilați de către plantă, de aceea simptomele inițiale sunt asemănătoare deficienței de azot. În cazul unor concentrații foarte mari, cu un nivel de toxicitate ridicat, frunzele capătă o culoare portocalie strălucitoare.

Zincul (Zn). Lipsa zincului se manifestă în special la nivelul frunzelor, dezvoltate insuficient și dispuse la extremitatea ramurilor, sub formă de rozetă, precum și prin clorozarea țesuturilor dintre nervuri. De asemenea, poate încetini creșterea plantelor, are impact în metabolizarea fosforului prin creșterea permeabilității plasmatice a celulelor rădăcinii, ducând la o concentrație toxică a acestuia.

Borul (Bo). Deficiența de bor se manifestă prin uscarea mugurilor terminali și a frunzelor, acestea devenind rigide și casante. Poate provoca răsucirea, clorozarea și deformarea frunzelor și tulpinilor, afectează numărul de flori și creșterea acestora, precum și formarea semințelor.

Cupru (Cu). În cazul deficienței de Cu, frunzele au o dezvoltare slabă, acestea fiind mici și fără turgescență, cu un colorit albastru verzui și ușor răsucite,

iar țesutul dintre nervuri capătă o culoare galben deschisă, cu pete necrotice de culoare brun gălbuie, până la galben-alb.

Fierul (Fe). Deficiența de fier se manifestă în general la nivelul organelor tinere, în creștere. Frunzele tinere prezintă simptome de cloroză între nervuri, iar în cazul unei deficiențe severe, frunzele devin albe și în cele din urmă se usucă.

Aceasta se manifestă și la nivelul sistemului radicular, prin inhibarea alungirii, apariția unui colorit brun, dezvoltare excesivă a rădăcinilor laterale și a perișorilor absorbantți, precum și creșterea în diametru a regiunii apicale.

Așadar, atât carența cât și excesul macro și microelementelor este destul de dăunătoare, pentru metabolism cât mai ales pentru calitatea fructelor (Savci, 2012).

2.2.2. Consumul specific al plantelor legumicole

Legumele în general dar și tomatele în special au consumuri specifice care diferă în funcție de producția comercială planificată, producția biologică în concordanță cu fenofazele de creștere și dezvoltare (Tabelul 2.1).

În perioada de vegetatie cel mai ridicat consum de macro și microelemente are loc în perioada de fructificare, atunci când consumul nutrienților este dublu sau chiar triplu.

Pentru o creștere și o dezvoltare optimă, tomatele preiau din sol sau din substraturile de cultură cantități ridicate de macroelemente (N, P, K, Ca, Mg și S) și microelemente (Fe, Zn, Mn, Cu, B și Mo).

Tabelul 2.1/Table 2.1

Rata de nutrienți recomandată pe ha pe zi și pe faza de creștere/ Recommended nutrient rate per ha per day and per growth phase (Zamfirache, 2003; Stan, 2010; Stoleru, 2020)

Fază	Zile de la semănat/ plantat	Kg/ha/zi					Kg/ha/fază				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Plantare	1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Vegetativă	2-15	0,57	0,14	0,93	0,07	0,00	8,00	2,00	13,00	1,00	0,00
Înflorire	16-30	0,60	0,13	0,93	0,07	0,07	9,00	2,00	14,00	1,00	1,00
Fructificare	31-40	0,60	0,20	0,90	0,10	0,00	6,00	2,00	9,00	1,00	0,00
Creștere a fructului	41-60	1,20	0,30	1,90	0,10	0,05	24,00	6,00	38,00	2,00	1,00
Prima recoltare	61-65	1,20	0,40	1,80	0,20	0,00	6,00	2,00	9,00	1,00	0,00
Recoltare	66-120	2,36	0,65	3,78	0,24	0,15	130,00	36,00	208,00	13,00	8,00
Recoltare	121-170	1,78	0,48	2,84	0,18	0,10	9,00	24,00	142,00	9,00	5,00
Ultima recoltare	171-210	1,78	0,48	2,85	0,18	0,10	71,00	19,00	114,00	7,00	4,00
Total							344,00	93,00	548,00	35,00	19,00

Conținutul de nutrienți în frunzele plantelor de tomate este în strânsă legătură cu procesul de fotosinteză și de obținere a părților comestibile (Tabelul 2.2).

Tabelul 2.2/Table 2.2

**Conținutul de nutrienți în frunzele plantelor de tomate/
The content of nutrients in the leaves of tomato plants
(Munteanu, 2003; Stoleru, 2020)**

A. Macronutrienți

Nutrient	Concentrația în frunze (%)	
	Înainte de fructificare	După fructificare
N	4,00-5,00	3,50-4,00
P	0,50-0,80	0,40-0,60
K	3,50-4,50	2,80-4,00
Ca	0,90-1,80	1,00-2,00
Mg	0,50-0,80	0,40-1,00
S	0,40-0,80	0,40-0,80

B. Micronutrienți

Nutrient	Concentrația în frunze (%)	
	Înainte de fructificare	După fructificare
Fe	50,00-200,00	50,00-200,00
Zn	25,00-60,00	25,00-60,00
Mn	50,00-125,00	50,00-125,00
Cu	8,00-20,00	8,00-20,00
B	35,00-60,00	35,00-60,00
Mo	1,00-5,00	1,00-5,00

Tabelul 2.3/Table 2.3

**Formele elementelor nutritive asimilate de către planta/
The forms of nutrients assimilated by the plant
(Davidescu, 2009)**

MACROELEMENTE			
Element	Simbolul chimic	Forma preluată din sol	Concentrația elementelor % din s.u.
Carbon	C	CO ₂	45,00
Hidrogen	H	H ₂ O	6,00
Oxygen	O	H ₂ O , O ₂	45,00
Azot	N	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻	1,00-5,00
Fosfor	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	0,10-0,50
Potasiu	K	K ⁺	0,50-0,80
Calciu	Ca	Ca ²⁺	0,20-1,00
Magneziu	Mg	Mg ²⁺	0,10-0,40
Sulf	S	SO ₄ ²⁻	0,05-0,40
MICROELEMENTE			
Element	Simbolul chimic	Forma preluată din sol	Concentrația elementelor % din s.u.
Fier	Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	25,00-300,00
Mangan	Mn	Mn ²⁺	50,00
Bor	B	H ₃ BO ₃ , H ₂ BO ₃ ⁻	15,00-75,00
Zinc	Zn	Zn ²⁺ , Zn(OH) ₂	20,00
Cupru	Cu	Cu ⁺ , Cu ²⁺	4,00-30,00
Molibden	Mo	MoO ₄ ²⁻	0,10- 5,00
Clor	Cl	Cl ⁻	100,00-2000,00
Nichel	Ni	Ni ²⁺	0,50
ALTE ELEMENTE ESENȚIALE PENTRU PLANTE			
Element	Simbolul chimic	Forma preluată din sol	Concentrația elementelor % din s.u.
Siliciu	Si	Si(OH) ₄	0,10
Sodiu	Na	Na ⁺	0,01
Cobalt	Co	Co ²⁺	urme
Vanadiu	V	V ⁺	urme

2.2.3. Posibilități practice de asigurare a cerințelor plantelor legumicole față de elementele nutritive

Arealul vegetal a avut parte de o evoluție considerabilă, într-o diversitate de specii cu potențial de adaptare la medii variate și vaste și în condiții locale diferite, incluzând modificările sezoniere, atât biotice cât și abiotice. Capacitatea solului de a furniza nutrienți diferă în funcție de tipul acestuia cât și de solubilitatea nutrienților. Pentru a se atinge condițiile optime de creștere și dezvoltare a plantelor se cer condiții controlate, cum este sera. În alte condiții, necontrolate, în natură, creșterea și dezvoltarea plantelor este redusă considerând factorii limitativi, precum deficitul de

nutrienți. De-a lungul timpului, s-a constatat că plantele au nevoie, pentru o creștere optimă, de aproximativ 17 elemente diferite ce sunt preluate din sol. (Che et al., 2018, Taiz and Zeiger, 2006; Zamfirache, 2005).

Elementele nutritive ce se regăsesc în sol, se împart în micronutrienți și macronutrienți, ținând cont de cantitățile necesare. Macronutrienții cuprind P-fosfor, N - azot, K -potasiu, Ca - calciu, Mg - magneziu, S - sulf. (Nagendran, 2011). Agricultură în sistemul intensiv a afectat multe tipuri de sol, transformându-le în substratul lor, în soluri sărace care presupun fertilizare și aplicare de îngrășăminte. (Fageria, 2009). Mecanismele moleculare ce alcătuiesc baza răspunsurilor la condițiile de limitare și împiedicare a furnizării nutrienților au fost analizate de-a lungul timpului, urmărindu-se reducerea necesității față de nutrienți din culturi.

Schimbările de mediu provoacă la plantele superioare un mecanism de reglaj permanent al proceselor metabolice și fiziologice. Factorii externi afectează permanent regimul de apă, regim care este esențial pentru creșterea plantelor (intensitatea luminii, temperatură, umiditate, etc.)

În prezent, se înregistrează o creștere considerabilă în sectorul agricol, în zona proceselor de producție/recoltare/post-recoltare, ca răspuns a utilizării tehnicilor de control automat al întregului sector, în marea majoritate a aspectelor sale.

În mod clar, producția în sere este una dintre cele mai importante etape, unde este implicată o atenție sporită pentru îmbunătățirea cantității și calității fructelor. Mai mult decât atât, creșterea și dezvoltarea culturilor este direct influențată de variabilele climatice și de cantitatea de apă/ îngrășăminte ce se aplică prin procesul de irigare. Așadar, creșterea culturii impune manipularea acestor condiții într-o cât mai mare măsură, prin activități controlate. În acest sens, mediul cu cele mai controlabile condiții este sera, iar dezvoltarea ideală pentru culturi se poate realiza în acest condiții de control a anumitor parametri. Cerința actuală pentru calitate și diversitate în materie de produse, la un preț de piață competitiv din ce în ce mai pronunțat, impune imperios identificarea unor soluții tehnologice inovative, practice, care să conducă la creșterea performanței și la obținerea unui ciclu de producție cât mai ușor și scurt, cu un randament maxim.

În momentul determinării condițiilor optime pentru dezvoltarea și creșterea plantelor, se trece la proiectarea și implementarea anumitor sisteme de control ce pot genera un potențial maxim în creșterea culturilor. Automatizarea și tehnologizarea proceselor, cu capacitate de control adaptată și adecvată la cerințele culturilor, permit implementarea și executarea unor sarcini complexe și în speță, foarte utile pentru dezvoltarea și creșterea culturilor de tomate. (Rodriguez and Berenguel, 2004).

„Din acest punct de vedere, cultivatorii au de răspuns la cele patru „C-uri” distincte: Când este momentul optim? Ce îngrășământ este necesar de aplicat? Cât îngrășământ? Cum trebuie aplicat?” (Voican, 1998).

Momentul potrivit pentru fertilizare este direct influențat de momentele considerate „critice” în parcurgerea ciclului de viață al plantelor, de relația cu factorii de mediu, care pot crește sau scădea nivelul de absorbție pentru elementele nutritive. Așadar, fertilizarea se recomandă a fi făcută înaintea și în timpul dezvoltării plantelor.

Alegerea tipului de fertilizant/îngrășământ este în directă legătură cu caracteristicile solului, atât agrofizice cât și chimice, în legătură cu momentul aplicării fertilizării, tehnica adoptată, etc. Stabilirea cantității de îngrășământ reprezintă o alegere sensibilă, constituind o adevărată problemă cu care se confruntă producătorii, din cauza imposibilității de a stabili cu exactitate fertilitatea solului sau a stării de nutriție corespunzătoare plantelor în momentul aplicării fertilizării, din cauza efectelor climei, agenților patogeni și a dăunătorilor, etc.

În momentul în care este posibilă o analiză a solului, se poate identifica prin calcul și necesarul de substanțe active pentru fiecare interval temporal, care se pot calcula cu ajutorul unor programe speciale.

PLC - Programmable Logic Controller - sunt sisteme utilizate în genere, pentru sistemele de automatizare aplicabile proceselor caracterizate de o evoluție secvențială. Acest lucru este generat de arhitectura modulară a PLC-urilor, ce se bazează pe microprocesoare/microcontrolere, ce pot fi programate, planificate să controleze variabilele alese în timp real. Acestea sunt concepute pentru a rezista și a preîntâmpina cerințele mediilor industriale ce furnizează periferice standardizate (Porras and Montanero, 1994).

În zona activității agricole, se întâlnesc diverse procese ce prezintă o dinamică secvențială-discretă- sau mixtă- continuă și discretă- care presupun control.

Spre exemplificare, în sistemul de fertilizare nu este imperios necesar doar să se mențină anumite variabile sub control-cum ar fi nivelul rezervorului de alimentare- ci și efectuarea unor secvențe ordonate pentru funcționarea și deschiderea subpapei, activarea mixerelor, aprinderea motorului, etc. Sistemele și mecanismele de control asupra fertilizării sunt niște factori esențiali pentru a furniza apă și îngrășămintă pentru cultura specifică, în cantități și frecvențe specifice. Așadar, utilizarea și valorificarea acestor sisteme se pot optimiza, prin evitarea situațiilor și a factorilor de stres ce pot afecta cu implicații majore negative, producția. Aceste caracteristici permit eficientizarea utilizării apei, îngrășământului și energiei necesare. În consecință, obiectivul principal este de reducere a costurilor de producție și a consumului de apă. În primă instanță, modul de a controla irigațiile presupuneau cronometrarea simplă, dar de-a lungul timpului, au evoluat până la sisteme complexe ce implică computere ce controlează fertilizarea bazată pe evoluția schimbărilor de mediu și stadiul de dezvoltare.

Nivelul adecvat de automatizare relativ la cazuri specifice se selectează considerând anumite criterii-tehnice și economice- determinate de preferințele actorului. Nivelul minim de automatizare este caracterizat de deschiderea sau

închiderea supapei, care se poate extinde prin controlul asupra altor factori, pentru a se monitoriza întregul sistem.

Furnizarea de elemente nutritive către plante folosind sisteme de irigare se numește fertirigare.

Această metodă agrotehnică, modernă, contribuie considerabil la creșterea producției plantelor cultivate dar și la scăderea poluării, ca urmare a nivelului ridicat al eficienței de utilizare pentru îngrășăminte; acest aspect, însă, impune niște cerințe:

Echipament. Luând în calcul presiunea necesară pentru injectarea soluției, ce se impune să fie mai mare decât presiunea internă, se folosește un filtru pentru prevenirea înfundării picurătoarelor și se montează o valvă pentru evitarea refulării soluției.

Fertilizanți. Se ia în considerare faptul că apa impură poate reacționa cu fertilizanții folosiți pentru irigare. În acest sens, componentele sistemului de irigare se impune să fie rezistente la eventuala aciditate a soluției fertilizante.

Echipamente de fertigare. Alegerea tipului de echipament se face în raport cu cerințele culturii considerate, dar și în raport cu capacitatea sistemului de irigat. (Kafkafi, 2011).

CAPITOLUL 3 – CULTURA LEGUMELOR FĂRĂ SOL

CHAPTER 3 - CULTIVATION OF SOILLESS VEGETABLES

La nivel global, culturile care nu presupun sol sunt de un interes crescând pentru cercetători, întrucât acest model permite dirijarea exactă și controlul factorilor de vegetație, având ca rezultat o producție cu o calitate ridicată și fără poluanți (Atanasiu, 2009; Van Os and Benoit, 1999; Hussain et al., 2014; FAO, 2017; Gul, 2018; Tuzel and Ozlekin, 2018).

Culturile fără sol sunt favorite în special în zonele sau arealele în care condițiile naturale nu permit aplicarea tehnologiilor și tehnicilor convenționale. Acest sistem are, bineînțeles, avantaje, dar și dezavantaje, iar decizia orientării spre un anumit sistem depinde de mai mulți factori de apreciere. În mod obișnuit, principalul element de opțiune urmărit este, totuși, nivelul ce se poate obține când vine vorba de producție. În funcție de acest element, se consideră că cel mai eficient suport și sistem este cel ce conține vată minerală, pentru înrădăcinare. Dar luând în calcul faptul că este greu de procurat și un material scump, este mai puțin folosit în culturile neconvenționale neperformante sau puțin performante, caz în care se optează pentru utilizarea, ca fond de substrat, a unor elemente locale, ușor de procurat și posibil de preparat, generând astfel, o diversitate a sistemelor de cultură alcătuite din diferite materiale care să constituie suporturi forte pentru înrădăcinare.

Întâlnit ca element comun în obținerea de performanțe în producție și în creșterea calității culturilor clasice la sol, dirijarea și controlul precis și operativ al nutriției minerale este posibilitatea cea mai adoptată, prin monitorizarea și influențarea controlată a temperaturii, reacției, concentrației și stării fitosanitare a soluțiilor nutritive. (Atanasiu, 2009).

Între avantajele unui sistem neconvențional de cultură la sol, în comparație cu sistemele clasice pe sol, (Benoit, 1994), se menționează:

- standardizarea și clasicizarea tehnologiilor de cultură și a mediului de înrădăcinare furnizat plantelor;
- existența dezinfecției solului și îndepărtarea pericolului potențial de poluare al acestuia cu anumite reziduuri implicate în această lucrare;
- minimizarea consumului energetic necesar lucrărilor pentru pregătirea anuală a terenului pentru culturile clasice pe sol;
- minimizarea consumului de apă;
- eficientizarea utilizării îngrășămintelor;

- posibilitatea controlului și dirijării dezvoltării plantelor și a fructificării acestora;

- independența producției culturii față de fertilitatea solului;

- maximizarea producției;

- zorierea timpurietății recoltărilor de debut;

- eliminarea potențialului pericol de poluare cu Azot, ce generează o creștere a calității producției;

- existența posibilității de creștere a gradului de mecanizare și robotizare a tehnologiilor de cultură pentru lucrările necesare;

- posibilitatea producerii de legume în zone în care condițiile naturale nu permit dezvoltarea și practicarea culturilor clasice pe sol.

Dezavantajul suveran, conform literaturii de specialitate, este nivelul ridicat al investiției de pornire și în subsidiar.

3.1. Hidrocultura

Hidrocultura se poate realiza pe straturi adânci de soluție nutritivă, pe straturi semiadânci cu suport plutitor, pe straturi semiadânci de soluție nutritivă circulantă sau pe straturi subțiri de soluție nutritivă circulantă (NFT).

3.1.1. Hidrocultură pe strat adânc de soluție nutritivă statică

Acest tip de cultură a fost definit de cercetătorul cu origini americane, W.F. Gericke, de la Universitatea din California, USA. Acest tip se alcătuiește dintr-un bazin, ce poate fi compus sau construit din materiale inerte, sau poate fi căptușit pe interior cu materiale inerte, pentru a preîntâmpina transferul din compuşii ce alcătuiesc materialul, în soluția nutritivă-elemente precum ionii de zinc, mangan, cupru, nichel, calciu, etc.-a căror concentrație este toxică în cantități mari.

Fundamentul pentru cultură care acoperă bazinul se poate realiza din pânză de sac, peste care se aplică un strat de nisip, sau un strat de rumeguș, turbă sau paie.

Acest fundament îndeplinește funcția de susținere parțială a greutateii părții aeriene a plantei, rolul de umbrire a bazinului în vederea prevenirii formării de alge, reduce și ameliorează fluctuațiile de temperatură și împiedică amestecarea în soluția nutritivă, a impurităților sau a prafului.

Pentru o aerare optimă care să nu scadă sub nivelul necesar de aerare al soluției nutritive, Gericke a creat un dispozitiv ce permite mărirea progresivă a spațiului dintre suportul plantelor și suprafața dislocată de către această soluție nutritivă, pe măsura procesului de creștere a plantelor. Astfel, s-a constatat că în condiții predefinite în acest mod, se pot forma două tipuri de rădăcini, secundare: o categorie cu ramificație slabă, pe porțiunea aflată în imersie, ce au un grad ridicat de absorbție pentru soluția nutritivă, iar o altă categorie este puternic ramificată, cu perișori absorbânți numeroși, amplasate între suprafața soluției nutritive și partea de jos, inferioară a suportului pentru cultură.

În etapa de semănat sau plantat, soluția nutritivă și nivelul acesteia este maxim, iar litiera din suport este umectată prin capilaritate. Dacă rădăcinile au pătruns în această soluție, se recomandă scăderea progresivă a acesteia, lent, astfel încât rădăcinile să fie introduse pe jumătate în substanța de imersie, iar restul în spațiul de sub suportul de cultură.

3.1.2. Hidrocultură pe strat semiadânc de soluție nutritivă cu suport plutitor

Instalația Gericke, care întâmpina dificultăți la instalarea suportului și a litierii deasupra bazinelor pentru cultură, a fost adaptată pentru realizarea culturilor în care plantele pot fi menținute la suprafață SN-soluției nutritive- prin niște suporturi de polistiren expandat, plutitori.

Acest tip de cultură se pretează la plantele de talie joasă și cu volum/greutate redusă.

Nivelul soluției în bazine se recomandă a fi 15-30 centimetri.

Suportii plutitori menționați anterior pot fi confecționați din plăci de polistiren, expandat, cu o grosime de 2,5 cm, care să fie prevăzute cu orificii pentru plantarea răsadurilor de plante. Utilizând acest tip de panouri, mobile, plutitoare, se creează un conveier de producție. Însă prezintă și un dezavantaj acest tip de cultură, și anume, faptul că nu poate fi utilizat la plante cu talie înaltă.

3.1.3. Hidrocultură pe strat semiadânc de soluție nutritivă circulantă

Tipul modern de cultură, pe un strat de soluție nutritivă, ca o alternativă la problemele generate de sistemul Gericke, a fost implementat și propus în Japonia, pentru producția de legume în vederea consumului.

“Kyowa-Water culture Hyponica” este un tip de sistem care se folosește la producerea plantelor ce au cerințe pentru un strat de soluție nutritivă semiadânc. Această soluție utilizată parcurge un traseu de la bazinul instalației, printr-un mixer de aer, apoi revine, după aerare, în instalație. Caracteristicile pe care le dobândește soluția în urma parcurgerii acestui proces generează cadrul optim pentru dezvoltarea și funcționarea eficientă a sistemului radicular al plantelor.

Bazinele de cultură sunt medii realizate prin combinarea unui număr necesar de prefabricate, alcătuite din material plastic rigid, cu o lățime de 1 m și lungime de 3.15 m. Plantele se înrădăcinează în ghivece prevăzute cu orificii laterale, la nivelul bazei, ce servesc drept punct de trecere al rădăcinilor până la soluția nutritivă.

Ghivecele în cauză se așează în alveolele prezente pe capacul bazinului, tot din material plastic alcătuit.

Sistemul de tip M este un tip simplificat, mai eficient decât cel anterior, prin faptul că instalația este atașată, lipită la un rezervor suplimentar, în vederea preluării cu ușurință a soluției nutritive.

Soluția nutritivă, SN, are nevoie de un circuit pentru recirculare și oxigenare: se extrage din bazinul de cultură cu o pompă și se trece printr-un dispozitiv cu funcția de aerare, după care se reintroduce în bazin prin conducte cu orificii mici, ce sunt plasate pe fundul bazinului. (Kafkafi și Tarchitzky, 2011).

Bazinul de cultură, cu cel mult 20 de cm lungime, este alcătuit din module prefabricate, din plastic rigid, cu o lățime de aproximativ 0.66 m și o lungime de 1.2 metri. Pentru a nu înregistra pierderi, se căptușește cu folie subțire din plastic.

Există un sistem Kubota, ce folosește bazine pentru cultură amenajate tot din module de plastic rigid, cu o lungime de 3.25 m și cu o lățime de 0.7 m. Acest sistem are compartimentări interioare și capace construite tot din material plastic.

Un alt sistem este denumit Kaminozo și utilizează bazine asemănătoare cu cele folosite la culturi pe fundament anorganic inert. La acesta, pereții laterali sunt confecționați din beton, iar interiorul se căptușește cu folie groasă, de culoare neagră. În fiecare an, interiorul bazinului se impermeabilizează cu o folie subțire, tot din material plastic, de grosime 0.1 mm. În acest mod, se evită pe cât posibil operația de curățare și dezinfectare a bazinelor, procedură greoaie și costisitoare.

Un alt sistem, Shinwa, folosește pentru cultură anumite bazine montate la nivel sau în trepte. În interiorul acestora, nivelul soluției este alternativ între redus și înalt, favorizând procesul de aerare a rădăcinilor plantulelor din cultură. Se programează, în cicluri succesive diurne, de 1-2 ore, modificări periodice de nivel. La nivelul unui singur ciclu, pompele ce acționează pentru schimbarea și alternarea nivelului soluției sunt activate timp de 10-20 de minute. În perioadele reci, se scurtează ciclul de funcționare, iar în cele cu temperaturi mai ridicate, se mărește durata acestui ciclu. La nivel nocturn, sunt de ajuns una sau două modificări de nivel la soluția nutritivă. Referitor la bazinele mari, compartimentarea internă este favorabilă și utilă, întrucât se evită dotarea instalațiilor cu pompe mai mari și mai costisitoare.

În vederea realizării sistemelor de cultură menționate mai sus, specialiștii de origine japoneză au folosit materiale plastice-rigide sau maleabile, folie care să permită adaptarea instalațiilor la construcții mici, reduse ca dimensiune sau amplasate pe terenuri accidentate, utilizate în mod frecvent pentru construirea de adăposturi pentru culturile horticole. Când se proiectează capacele bazinelor de cultură, acești specialiști consideră și funcția de susținere a plantelor de cultură în caracteristicile vizate.

Toate aceste concepte tehnologice au întâmpinat o dezvoltare spectaculoasă în deceniile 8 și 9, din secolul 20, iar evoluția rapidă și foarte eficientă a sistemelor neconvenționale se concretizează în rezultatele producției obținute la nivelul anilor 80.

3.1.4. Hidrocultură pe strat subțire (film) de soluție nutritivă circulantă (sistemul NFT)

Sistemul NFT prezintă un mare avantaj în domeniul protecției mediului, prin concepția sa specială și a modului de funcționare, fiind cu circuit închis atunci când vine vorba de distribuția soluțiilor nutritive. Diferă de celelalte sisteme prin faptul că elementele nutritive sunt distribuite cu ajutorul unui strat subțire de soluție nutritivă, ce curge lent prin rigolele sau bazinele de cultură.

Sistemul radicular al plantelor se dezvoltă pe mai mult pe plan orizontal, formând o saltea de rădăcini cu o înălțime redusă, comparativ cu dezvoltarea acestui în sol, unde dezvoltarea rădăcinilor se face atât pe orizontală, cât și verticală.

Această sistem nutritiv prezintă următoarele avantaje:

- sistemul radicular se dezvoltă în mod alert fiind în permanent contact cu soluția nutritivă;
- se realizează o oxigenare eficientă a soluției nutritive, datorită suprafeței mari de contact cu aerul;
- dimensiunile rigolelor pe care se amplasează cultura sunt mult mai mici, datorită dimensiunilor filmului nutritiv.

3.2. Culturi aeroponice

În cadrul acestui sistem, soluțiile nutritive se aplică sub forma de aerosoli sau ceață pe rădăcinile care se află suspendate în aer în mod continuu sau discontinuu.

Acest sistem nu impune prezența continuă a soluțiilor nutritive sub formă hidrică (Massantini, 1973). Definind detaliat sistemul aeroponic, Collins și Jensen (1983) arată că „plantele sunt așezate în orificii practice în panouri rigide din polistiren expandat sau alte materiale plastice; rădăcinile plantelor cresc suspendate sub panou într-o încălț dotată cu instalații de pulverizare a soluției nutritive”. Pentru a inhiba dezvoltarea algelor, sistemul radicular al plantelor se află închis permanent într-o încălț, cu atmosferă cu o umiditate saturată.

3.3. Culturi pe substraturi

Culturile pe substraturi au apărut imediat după sistemele de cultivare pe sisteme hidrice, cunoscând o rapidă dezvoltare, cu o diversificare puternică și cu rezultate deosebite în ceea ce privește criteriile de producție.

Față de sistemele de cultivare din hidrocultură, sistemul radicular al plantelor se dezvoltă pe un mediu solid, asigurându-se astfel susținerea părților aeriene ale plantelor, întrunind condiții optime de dezvoltare, prin crearea unui raport adecvat între substrat, aer și apă.

La apariția sistemelor de cultură pe substraturi, elementele nutritive erau administrate sub formă de îngrășăminte aplicate la suprafața substratului, urmând a fi încorporate. Irigarea culturilor se realiza prin sisteme de irigare prin picurare sau microaspersiune.

Mai târziu, o dată cu evoluția sistemelor de cultură pe substraturi, nutriția plantelor se realiza concomitent cu irigarea acestora, prin procesul de fertirigare (aplicarea elementelor se realiza cu ajutorul apei de irigare, în sistem deschis sau închis).

Însă, pentru a evita asfixierea rădăcinilor sau apariția unor excese de umiditate, textura substratului trebuia să fie de o finețe medie, cu o capacitate de retenție moderată, iar soluțiile nutritive să fie aplicate intermitent.

Aceste substraturi pot avea origine minerală, organică sau pot fi o combinație între cele două.

Pentru substraturile minerale se poate folosi nisip, pietriș, tufuri vulcanice sau pot proveni din prelucrare mecanică a unor materii prime (perlite, vermiculit, zgură de furnal, granule de material plastic, poliuretan, bile de argilă expandată și vată minerală).

Pentru culturile pe substraturi organice se poate folosi: turbă, compost din coaja arborilor rășinoși, rumeguș, fibră de cocos, ace de pin, paie de grâu sau orez, paie tocate, etc.

3.3.1. Culturi pe substraturi minerale naturale inerte

Culturile înființate în această categorie pot avea ca substrat nisipul sau materiale naturale inerte în saci.

Culturi pe nisip

În principiu, acest sistem de cultură se bazează pe aplicarea soluțiilor nutritive în regim deschis. Una dintre condițiile pentru acest sistem de cultură constă în capacitatea acestuia de a reține suficientă soluție nutritivă pentru a se asigura condiții normale de dezvoltare a plantelor, în condițiile în care se poate asigura un drenaj satisfăcător.

La aceste substraturi, la aplicarea soluțiilor nutritive în circuit închis, irigarea se face la un interval de timp mult mai mare și cu cantități mari de îngrășământ, care depășesc cu mult consumul specific al plantelor.

La cele unde aplicarea soluțiilor nutritive se face în circuit deschis, fertirigarea se realizează mai rar și cu cantități mai mici, apropiate de cele specifice plantelor din cultură. Însă, capacitatea redusă de retenție a acestui substrat duce la fluctuații mari ale umidității, care pot duce la ofilirea plantelor sau la crearea unui exces de umiditate, respectiv asfixierea sistemului radicular, rezultând astfel diferențe negative în dreptul producției, comparativ cu sistemele de cultură neconvenționale.

Aceste sisteme pe substrat de nisip pot fi eficiente doar în cazul în care există un sistem de drenaj.

Culturi pe substraturi naturale inerte în saci

Acest sistem de cultură este pretabil pentru culturile cu talie înaltă, și prezintă avantaj față de variantele anterioare, pe paturi compacte din același material, printr-un cost scăzut rezultat din utilizarea a mai puțin material.

Materialul pentru substrat poate fi introdus în saci de polietilenă, cu rezistență la radiațiile solare, de preferat de culoare albă. Astfel, se evită supraîncălzirea substratului și nu se întrunesc condiții care să permită dezvoltarea algelor.

Sacii pot fi așezați în poziție verticală, iar răsadurile pot fi plantate în partea superioară, deschisă, sau pot și culcați orizontal, iar răsadurile plantate în fante tăiate în partea superioară.

Alimentarea culturii cu elemente nutritive se realizează prin intermediul unui sistem de irigare prin picurare. Excesul de soluție nutritivă poate fi eliminat prin intermediul unor fante de drenaj, realizate la baza sacilor, la o distanță de minim 2 cm față de suprafața de sprijin.

Prezintă avantajul că la apariția unor boli ale plantelor, acestea pot fi eliminate imediat din cultură, prevenind astfel răspândirea infecției în cadrul culturii.

3.3.2. Culturi pe substraturi minerale inerte realizate prin prelucrare industrială

Culturile înființate pot avea ca substrat vermiculitul, perlitul sau vata minerală.

Vermiculitul

Vermiculitul este un silicat de aluminiu hidratat, sub forma unor cristale aplatizate.

Vermiculitul prezintă o porozitate ridicată, rezultând astfel o capacitate mare de schimb și de reținere a apei, făcându-l astfel potrivit pentru rolul de substrat în cadrul culturilor neconvenționale, însă la întrebuințări îndelungate, acesta se degradează din punct de vedere structural.

În 1990, Baudoin a evidențiat următoarele aspecte în ce privește utilizarea vermiculitului ca substrat:

- se pot utiliza saci de polietilenă neagră sau albă, cu poziționare verticală, cu un volum de 9l/plantă;
- sacii sunt prevăzuți cu fante de drenaj, la 2,5 cm deasupra suprafeței de sprijin;
- volumul redus al substratului de înrădăcinare permite realizarea unei densități de 2,5 – 3,5 plante/mp;
- instalația de irigare este prin picurare și se montează prin poziționarea duzelor pe tuburi subțiri din material plastic, de tip spaghetti, lângă tulpinile plantelor;
- soluția nutritivă se administrează în 2-4 reprize în fiecare zi și trebuie să fie cu 10% mai multă față de necesarul pentru dezvoltarea plantelor;
- pH-ul soluției trebuie să fie acid, pentru a contracara reacția neutră sau slab alcalină a substratului.

Perlitul

Substraturile care conțin perlit sunt foarte bine drenate, respectiv foarte bine aerate. Acestea au o stabilitate mare din punct de vedere fizic și nu reacționează din punct de vedere chimic cu soluțiile nutritive. Însă, granulele de perlit conțin aluminiu, iar la valori crescute ale pH-ului pot elibera ioni de aluminiu în soluția nutritivă, care pot ajunge la concentrații toxice pentru cultura de plante. Granulele de perlit pot fi eficiente la utilizarea unor substraturi mixte, de exemplu turba și perlit (Hochmuth and Hochmuth, 2003).

Perlitul este des utilizat în tehnologiile de cultivare din țară, fiind un material relativ ieftin, exploatat în zăcămintele autohtone și prelucrate în zonele apropiate acestora (Olympios, 1991; Atanasiu, 2009; Gosselin and Trudel, 1984).

Vata minerală

Vata minerală este un material rezultat în urma unor prelucrări industriale, utilizat inițial în construcții pentru sisteme de izolație, fiind utilizat ca substrat mineral inert în horticultură.

În fază incipientă, vata minerală a fost utilizată în sisteme deschise de circulare a soluțiilor nutritive, dar cu alimentare intermitentă.

În agricultură este utilizată sub formă de fulgi, cu care sunt umplute ghivecele sau containerele folosite pentru plantele ornamentale, sau sub formă de blocuri, panouri, saltele pentru culturile horticole în sere. Acest substrat este destul de ferm pentru a putea fi ușor manipulat, dar și suficient de poros pentru a permite sistemului radicular să se dezvolte.

Regimul de irigare diferă în funcție de capacitatea de retenție conferită de fiecare fabricant în parte.

Un aspect important și benefic pentru sistemul radicular îl reprezintă capacitatea mare de reținere a apei, dar și faptul că aceasta este reținută cu o presiune scăzută, ceea ce o face ușor accesibilă plantei. Însă, conținutul de apă crește progresiv de la baza spre suprafața superioară a panoului de vată minerală, ceea ce este un inconvenient pentru speciile cu înrădăcinare superficială. Datorită acestei particularități, cuburile de vată minerală nu pot avea o înălțime foarte mare, cel puțin în cazul folosirii pentru producerea răsadurilor.

CAPITOLUL 4 – UTILIZAREA TEHNICILOR TERMICE ȘI ALE CURENTULUI ELECTRIC PENTRU DETERMINAREA GRADULUI DE APROVIZIONARE CU APĂ ȘI ELEMENTE NUTRITIVE

CHAPTER 4 - USE OF THERMAL AND ELECTRIC CURRENT TECHNIQUES FOR DETERMINING THE DEGREE OF WATER SUPPLY AND NUTRIENTS

Semnalele electrice, prin potențialul de acțiune, variația semnalului și potențialul acestuia, participă și pot fi interpretate ca un răspuns fiziologic în momentul în care asupra plantelor acționează diferiți stresori locali. Acești stresori pot induce diferite modificări asupra fiziologiei plantelor, cu privire la genele de apărare, producerea de fitohormoni de stres, pot activa respirația, crește conținutul de ATP, suprimă fotosinteza, scad transpirația, etc.

Modificările potențialului electric sunt sesizate prin receptorii din membrana celulară, transmiterea semnalelor electrice realizându-se prin floem. Diferite studii au arătat că valorile curentului electric prezintă o variație a gradientului de potențial la alternanța zi-noapte, la modificări de temperatură, saturație hidrică, hormoni sau răni. După emiterea semnalului electric, acesta este transmis prin plantă către un anumit organ sau țesut, fapt ce determină un răspuns imediat al plantei.

Sanderson (1873), Darwin (1875) și Bose (1926) au descris un posibil sistem proto-nervos, caracterizat de semnalele electrice, care au condus la apariția neurofiziologiei plantelor, cu scopul de a înțelege mecanismele prin care plantele monitorizează și răspund la mediul înconjurător, și cum prelucrează aceste informații pentru a spori procesele de dezvoltare. Astfel, au fost emise diferite teorii cu privire la posibilitatea de a utiliza acest fenomen ca biosenzor de mediu, precum și un detector timpuriu al stresului hidric, ce ar putea activa automat un sistem de irigare. De asemenea, variațiile în potențialul electric zilnic au fost utilizate pentru a evalua direct evapotranspirația, prin determinări realizate asupra fluxului de sevă.

Reacția plantelor la diferiți stimuli externi se manifestă prin modificări asupra morfologiei și fiziologiei acestora. Disponibilitatea hidrică din sol poate induce modificări electrofiziologice în pomii de avocado, care se manifestă în perioade scurte de timp. Astfel, stimulii externi provoacă variații ale semnalelor electrice, legate de fluxul ionic din xilemul și floemul pomilor. De asemenea, au

constatat un răspuns al plantelor la modificarea condițiilor de lumină. Astfel, la răsăritul soarelui s-a semnalat o creștere treptată în potențialul electric, atingând o valoare maximă înaintea amiezii, urmând să scadă spre seară, atingând valori chiar mai mici seara. Un comportament similar a fost observat de mai mulți autori, la aplicarea unei alternanțe de expunere la lumină și întuneric, lucru ce a dus la descrierea unei relații semnificative între expunerea la lumină, schimbul de gaze, rata transpirației și potențialul electric al plantelor.

4.1 Utilizarea tehnicilor electrice pentru determinarea fluxului de sevă

În cazul irigații, variații ale potențialului electric au fost măsurate la începutul și în timpul irigații, sugerând o relație directă între stresul hidric aplicat asupra plantelor și potențialul electric măsurat.

Dezvoltarea și analiza modelelor matematice ale activității electrice este o metodă prospectivă de investigare complexă a mecanismelor și a rolului fiziologic al semnalelor electrice. Modelele pot sta la baza unei descrieri tradiționale detaliate a electrogenezei în celulele plantelor și a interacțiunilor acestora (Beilby, 1981, 1982; Gradmann 2001; Shabala et al., 2006; Beilby și Al Khazaaly, 2016; Evans și Morris, 2017; Novikova et al., 2017).

Cu toate acestea, au fost testate diferite teorii care se bazează pe un răspuns electric al plantelor, definind întregul sistem ca un electron vegetal, și analiza acestuia la acțiunea factorilor de stres (Saraiva et al., 2017, Souza et al., 2017). O altă perspectivă de studiu constă în analiza sistemică a răspunsurilor fiziologice ale plantei, legate de modificările activității electrice, inclusiv din punct de vedere al estimatorilor liniari și neliniari (Chatterjee et al., 2014, 2015, 2018), precum și analiza experimentală cu privire la modificările activității fotosintetice induse de semnalele electrice.

From și Fei, în 1998, au constatat că irigarea plantelor de porumb, după supunerea acestora la un stres hidric, a inițiat un semnal electric, cât și un semnal hidraulic, urmat de un răspuns la nivelul ratei de absorbție netă a CO_2 și a conductanței stomatale la nivelul frunzelor (Grams et al., 2007). În primă fază, ambele procese au cunoscut o scădere, urmată de o creștere la nivelul ambilor parametri. S-a constatat că ambele semnale au călătorit independent și au declanșat răspunsul în două faze în schimbul de gaze.

În cadrul acestui experiment, plantele au fost irigate după patru zile, după expunerea plantelor la stres hidric. După irigarea inițială, la nivelul frunzelor a fost măsurat un potențial electric cuprins între 200 și 250 mV, cu un maxim în perioada de lumină și un minim înregistrat dimineața, înainte de expunerea plantelor la lumină. De fiecare dată când apărea o alternanță lumină-întuneric, era provocată o hiperpolarizare tranzitorie, cu o amplitudine medie de 50mV și o durată de 20-30

min. Acest ritm a cunoscut o scădere după 48 de ore, când potențialul electric a rămas scăzut pe timpul zilei. În acest moment, conținutul de apă măsurat era de 32%, comparativ cu 43%. În următoarele două zile, conținutul de apă din sol a ajuns la 15%, fiind semnalat un potențial electric de 94 mV (după 96 de ore) și amplitudinea hiperpolarizărilor tranzitorii la modificări de lumină fiind redusă la 25 mV. După irigare, conținutul de apă din sol a ajuns la 44% Vol. măsurându-se o amplitudine medie de 50 mV pe suprafața frunzei.

Experimente asemănătoare au fost făcute și pe plantele de viță de vie, fiind constatat un semnal electric în momentul irigării, caracterizat de o depolarizare de lungă durată, cu o amplitudine mai mare de 100 mV.

4.2 Utilizarea tehnicilor termice pentru determinarea fluxului de sevă

Pentru determinarea fluxului de sevă din plante au fost utilizate și tehnici termice, descrise în multe discipline care au legătură cu fiziologia plantelor.

Această tehnică a fost utilizată pentru a determina viteza de curgere a sevei prin tulpina plantelor, măsurându-se în principal efectul asupra sevei în momentul încălzirii sau disiparea energiei termice pe o porțiune din tulpină încălzită constant, sau propagarea unui impuls de căldură discret, eliberat în tulpină. Tehnicile cu impuls termic pot fi invazive, folosindu-se sonde pe bază de ac, care pot obstrucționa circulația sevei și pot deteriora țesuturile hidroactive, sau pot fi non-invazive. La tehnicile pe bază de impulsuri de căldură pot să apară subestimări ale fluxului de sevă.

Un astfel de sistem este format dintr-un încălzitor mic și doi senzori de temperatură, amplasați la o distanță de 10 mm de centrul încălzitorului, lipiți pe suprafața interioară a unei pelicule izoterme flexibile. Senzorii de temperatură au fost construiți folosind joncțiuni cu fire subțiri (30 AWG) de cupru (OMEGA Engineering Inc., Stanford, SUA). Ambii conductori din metale diferite ai termocuplei au fost decuplați la un capăt și străpunși separat prin pelicula izotermă de la suprafața exterioară și lipite cu plumb, păstrând secțiunea interioară a joncțiunilor normale la axa tulpinii. Pelicula izotermă este o folie de polietilenă poroasă flexibilă, cu aluminiu pe suprafața exterioară. Un mic cip de încălzire metalico-ceramic circular (4 mm în diametru, 1,2 mm grosime, 12 Ω de rezistență; Fangzhou Electric Heating Appliances Inc., Beijing, China) a fost atașat la centrul suprafeței interioare a filmului izoterm și acționează ca încălzitor.

Acest sistem este instalat pe internodii, menținându-se suprafața de montaj curată și uscată. Este necesar ca sistemul să fie protejat de influența exterioară a factorilor de mediu (precipitații și temperatură).

La plantele erbacee, s-a folosit un încălzitor inelar, cu un aport de căldură constant. În această metodă, aportul de căldură dintr-un încălzitor inelar extern este păstrat constant, iar fluxurile de căldură din sistem sunt calculate din gradientii de

temperatură măsurată, permițând calculul direct al debitului apei în tulpină. În general, debitul apei din tulpină este obținut prin echilibrarea fluxurilor de căldură într-un segment de tulpină și din afară. Într-un alt exemplu, aportul de căldură într-un segment al trunchiului este reglat automat și continuu, pentru a menține o diferență de temperatură constantă între segmentul încălzit și trunchiul neîncălzit de mai jos. Pe măsură ce debitul tulpinii se schimbă, aportul de căldură necesar trebuie, de asemenea, să se schimbe, pentru a oferi baza pentru măsurarea debitului de sevă. Fiind o metodă nulă, este sensibilă la mici modificări ale debitului, cu un răspuns în timp esențial instantaneu. Această metodă, fără a necesita calibrare, a dat rezultate precise. Cu toate acestea, compensările electronice nu sunt simple și trebuie furnizate separat pentru fiecare sistem

**PARTEA A II-A – REZULTATELE CERCETĂRILOR
PROPRII**

PART II - OWN RESEARCH RESULTS

CAPITOLUL 5 – SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRILOR, MATERIALE FOLOSITE ȘI METODOLOGIA DE LUCRU

CHAPTER 5 - AIM AND OBJECTIVES OF THE RESEARCH, MATERIAL USED AND WORK METHODOLOGY

În practica tehnologică legumicolă la cultura de tomate, principalele elemente de productivitate sunt determinate de indicatori fiziologici (conductanța stomatală, evapotranspirația, rata fotosintetică, conținutul de clorofile), indicatori morfologici (număr de fructe, suprafața foliară, producția totală) și indicatori biochimici (macro și microelemente, compuși nutritivi și antinutritivi, metaboliți primari și secundari: lipide, proteine, fibre, polifenoli, lycopene etc).

5.1. Motivația, scopul și obiectivele cercetării

5.1.1. Motivația cercetărilor

Necesitatea acestui studiu este dată de problematica de majoră importanță legată de impactul intensivizării agriculturii asupra mediului înconjurător. Cu toate că se conștientizează efectul dezvoltării din punct de vedere tehnologic, se omite tratarea celor două probleme ca fiind una singură.

Acest studiu de doctorat propune căutarea de soluții care să trateze cele două provocări ca un tot unitar, să pună procesele de producție alimentară într-o relație de prietenie cu mediul înconjurător, care să ducă la o gestiune competentă și rațională a resurselor pe care le folosim în cultura plantelor.

5.1.2. Scopul cercetărilor

Scopul cercetărilor în vederea elaborării tezei de doctorat a fost acela de a evalua răspunsul plantelor de tomate la stimuli externi, respectiv modificările fiziologice și morfologice induse de factorii abiotici, și interpretarea acestora prin prisma semnalelor electrice.

5.1.3. Obiectivele specifice

Pentru realizarea scopului propus al cercetărilor au fost elaborate următoarele obiective specifice:

- Studiu documentar, cercetări în țară și în străinătate cu privire la tema de doctorat, și anume, studii privind tehnologia actuală de cultivare a tomatelor,

considerații privind fertilizarea și irigarea culturilor, precum și realizarea culturilor legumicole fără sol;

- Stabilirea variantelor experimentale în funcție de macro și microelementele necesare dezvoltării plantelor de tomate;
- Măsurarea semnalelor electrice generate de prezența sau absența nutrienților în plante;
- Analiza și interpretarea datelor cu privire la influența tratamentelor asupra indicatorilor biometrici, fiziologici și biochimici ai culturii de tomate și corelarea acestora cu semnalele electrice din plantele de tomate.

5.2. Materialul biologic utilizat

Pentru realizarea cercetărilor din cadrul experimentului s-a cultivat cultivarul “Brilliant F1”.

Brilliant F1 este un hibrid de tomate foarte productiv, cu creștere nedeterminată, recomandat atât pentru cultura în sere și solarii, cât și în câmp, produs de firma Hazera.

Plantele au internodii scurte, fiind redusă distanța dintre inflorescențe, ceea ce permite cultivarea în ciclu prelungit, cu înălțimi reduse.

Fruitele au forma ușor aplatizată, culoare roșu închis, strălucitor, de o calitate excepțională și greutate medie de 150-200 g.

Acest cultivar a fost selectat deoarece:

- este pretabil pentru cultivarea în spații protejate;
- este cunoscut pentru randamentul ridicat atât în sistemele de cultivare convenționale, cât și în cele hidroponice;
- este rezistent la boli precum verticiloza, fusarioza sau mozaicul tomatelor.

5.3 Materiale biotehnice

Pentru substratul de cultură a fost folosit un amestec realizat din turbă, cu un volum de 300 l, la care s-au adăugat 25 l de compost, 1,5 l Orgevit și 10 l de perlit.

5.4. Metodologia generală de lucru

5.4.1. Staționarul experimental

Experiențele au fost realizate în sera din cadrul Institutului de Cercetări pentru Agricultură și Mediu Iași. Controlul factorilor de mediu s-a realizat automatizat, prin intermediul sistemelor de control, pe o perioadă de cercetare de trei ani, respectiv în anii 2019, 2020 și 2021.

Staționarul se află într-o zonă caracterizată de un climat temperat-continental, cu veri foarte calde și ierni foarte reci.

La analiza factorilor meteorologici pentru anii experimentali au fost utilizate și datele furnizate de Centrul Meteorologic Regional Moldova – Stația Meteo Iași.

Zona este caracterizată de o temperatură medie anuală de 9,70°C cu o amplitudine termică anuală cuprinsă între 25,00-26,00°C. Cele mai mici temperaturi sunt înregistrate în luna ianuarie, cu temperaturi medii de -3,00 -4,00°C, iar cele mai mari sunt înregistrate în luna iulie, cu medii cuprinse între 19,50 și 30,70°C. Primele înghețuri apar cu precădere la începutul lunii noiembrie, iar cele mai târzii au fost înregistrate în jurul datei de 15 mai, rezultând astfel un număr aproximativ de 190-200 de zile fără îngheț.

Pentru a asigura condiții optime de creștere, suma gradelor de temperatură activă trebuie să fie cuprinsă între 3000 și 3200°C (Stan și colab., 2010).

După ANM (www.meteoromania.ro), la Stația meteorologică Iași, temperatura medie anuală a aerului, în perioada de studiu, a fost cuprinsă între 10,70 – 11,90 °C.

În baza acestor considerente, zona în care au fost efectuate cercetările reprezintă o zonă favorabilă pentru culturile de tomate.

Studiile efectuate s-au desfășurat în interiorul serei didactice, în compartimentul numărul II, pe parcursul anilor 2019, 2020, respectiv 2021.

Din punct de vedere ecologic, conform informațiilor obținute din sistemul informatic centralizat la care este conectată sera, valorile climatice la care au fost cultivate plantele supuse experimentului sunt prezentate în tabelele următoare:

Tabelul 5.1/Table 5.1

**Rezultate cu privire la temperatură (°C) (2019-2021)/
Temperature results (°C) (2019-2021)**

Perioada de timp	2019			2020			2021		
	Temperatura minimă (°C)	Temperatura maximă (°C)	Temperatura medie (°C)	Temperatura minimă (°C)	Temperatura maximă (°C)	Temperatura medie (°C)	Temperatura minimă (°C)	Temperatura maximă (°C)	Temperatura medie (°C)
Februarie	14,20	22,00	18,10	13,90	23,50	18,70	14,70	21,90	18,30
Martie	16,40	23,60	20,00	14,20	23,20	18,70	14,90	24,30	19,60
Aprilie	17,30	23,30	23,30	14,50	23,30	18,90	15,60	25,20	20,40
Mai	17,50	24,30	20,90	14,80	24,60	19,70	15,80	26,00	20,90
Iunie	20,70	31,50	26,10	17,90	31,70	24,80	18,20	32,40	25,30
Iulie	21,40	33,60	27,50	18,60	32,60	25,60	19,40	33,00	26,20
August	22,30	34,90	28,60	18,80	33,60	26,20	20,70	33,50	27,10

Pentru anul 2019, temperatura medie anuală a fost înregistrată în jurul valorii de 20,00°C, cu un minim înregistrat de 14,20°C și un maxim de 34,90°C. Media umidității relative a aerului a fost de 69,00%. Intensitatea luminoasă a avut o medie de 48,90 kilolucși, intervalul fiind cuprins între 24,60 kilolucși și 62,40 kilolucși.

Tabelul 5.2/Table 5.2

Rezultate cu privire la umiditatea relativă a aerului (2019-2021)/
Results on relative air humidity (2019-2021)

Perioada de timp	Umiditatea relativă a aerului (%) 2019	Umiditatea relativă a aerului (%) 2020	Umiditatea relativă a aerului (%) 2021
Februarie	75,90	76,40	74,10
Martie	73,10	71,90	71,30
Aprilie	69,30	68,40	72,80
Mai	65,70	66,20	68,60
Iunie	65,80	71,20	67,20
Iulie	66,20	67,20	69,50
August	67,30	70,40	72,70

Pentru anul 2020, temperatura medie anuală a fost înregistrată în jurul valorii de 22,00°C, cu un minim înregistrat de 13,90°C și un maxim de 33,60°C. Media umidității relative a aerului a fost de 70,00%. Intensitatea luminoasă a avut o medie de 48,20 kilolucși, intervalul fiind cuprins între 23,90 kilolucși și 61,70 kilolucși.

Tabelul 5.3/Table 5.3

Rezultate cu privire la intensitatea luminoasă (2019-2021)/
Results on light intensity (2019-2021)

Perioada de timp	Intensitatea luminoasă (kLx) 2019	Intensitatea luminoasă (kLx) 2020	Intensitatea luminoasă (kLx) 2021
Februarie	24,60	23,90	26,10
Martie	39,80	35,60	34,80
Aprilie	44,60	58,40	48,60
Mai	48,50	45,70	49,90
Iunie	60,40	53,80	55,30
Iulie	61,90	61,70	58,70
August	62,40	58,40	57,40

Pentru anul 2021, temperatura medie anuală a fost înregistrată în jurul valorii de 23,00°C, cu un minim înregistrat de 14,70°C și un maxim de 33,50°C. Media umidității relative a aerului a fost de 71,00%. Intensitatea luminoasă a avut o medie de 47,20 kilolucși, intervalul fiind cuprins între 26,10 kilolucși și 58,70 kilolucși.

În concluzie, sistemul automatizat PRIVA al serei oferă condiții bune pentru monitorizarea optimă a factorilor de mediu.

5.4.2. Design-ul experimental

Germinarea semințelor s-a realizat într-o cameră de creștere, în care condițiile de mediu au fost controlate, temperatura fiind de 22,00°C, umiditatea

relativă a aerului de 75%, iar timp de 10 ore a fost asigurat iluminatul artificial, la o valoare de 10 000 lucși.

Repicarea plantelor tinere s-a realizat la apariția primelor două frunze, fiind transferate în ghivece de plastic de 400 cm³, utilizând turba Kekkila ca substrat (diametru 0-6 mm; pH 5,5-5,8; NPK 14-16-18 + microelemente; cu agent de umectare; EC 2,5 mS·cm⁻¹).

După 21 de zile, plantele au fost mutate în sera experimentală din cadrul Universității de Științele Vieții „Ion Ionescu de la Brad”, asigurându-se aceleași condiții cu cele din camera de creștere.

La aproximativ 40 de zile de la răsărire, s-a realizat transplantarea în ghivece de plastic de 12 l. S-a utilizat același substrat, dar cu diferențe de diametru (0-25 mm) și EC (2,0 mS x cm⁻¹).

În tabelul 5.3 sunt prezentate caracteristicile substratului folosit în cadrul experimentului, legate de compoziția chimică a acestui, raportul dintre sol, apă și aer, precum și pH-ul substratului.

Tabelul 5.4/Table 5.4

**Compoziția amestecului folosit în cadrul experimentului/
The composition of the mixture used in the experiment**

Nr. Crt.	SUBSTRAT KEKKILA DSM 3W	
1.	Materii prime	Turba de Sphagnum
2.	Marimea particulelor	<6,00 mm
3.	Fertilizatori adaugati NPK 15-5-24 N-P2O5-K2O 15-12-29 (g/l)	1.50
4.	Carbonat de calciu (Ca, Mg) (g/l)	4.20
5.	pH	5.90 (5.40-6.90)
6.	Conductibilitate electrica (mS/m)	44,00 (22,00-66,00)
7.	Azotat solubil in apa (mg/kg)	1250,00-3750,00
8.	Fosfor solubil (mg/kg)	400,00-1200,00
9.	Potasiu solubil (mg/kg)	2000,00-6000,00
10.	Umiditate (%)	50,00-65,00 %
11.	Densitate substanta uscata (g/l)	90,00 (75,00-105,00)
12.	Materie organica (%)	90,00 (85,00-95,00)

5.4.3. Descrierea variantelor experimentale

Elementele utilizate în amestec au avut o proporție de 1:1.

În cadrul experimentului au fost utilizate 10 tratamente de fertilizare cu macroelemente (Tabelul 5.4), fiind aplicată o cantitate de 30 ml soluție/zi/plantă și 0,5-1 litri de apă/zi, cantități care au variat în funcție de faza fenologică .

Tabelul 5.5/Table 5.5

Variantele experimentale (2019-2021)/
Experimental variants (2019-2021)

Nr. Crt.	Variantele experimentale	Tratament zilnic cu macroelemente pe durata perioadei de vegetație
1	V ₁	MgSO ₄
2	V ₂	KNO ₃
3	V ₃	K ₂ SO ₄
4	V ₄	Ca(NO ₃) ₂
5	V ₅	KH ₂ PO ₄
6	V ₆	KCl
7	V ₇	Mixt 1 (format din MgSO ₄ - KNO ₃ - KH ₂ PO ₄)
8	V ₈	Mixt 2 (format din K ₂ SO ₄ - Ca(NO ₃) ₂ - KCl)
9	V ₉	Mixt 3 (format din MgSO ₄ - KNO ₃ - K ₂ SO ₄ - Ca(NO ₃) ₂ - KH ₂ PO ₄ - KCl)
10	V ₁₀	Tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V ₁ -V ₆ (ziua 1 - MgSO ₄ , ziua 2 - KNO ₃ , ziua 3 - K ₂ SO ₄ , ziua 4 - Ca(NO ₃) ₂ , ziua 5 - KH ₂ PO ₄ , ziua 6 - KCl)
11	V ₁₁	Varianta de control tratată doar cu apă

Aplicarea foliară a microelementelor s-a realizat săptămânal, într-o concentrație de 0,02 g/plantă.

La varianta martor, soluția cu macroelemente a fost înlocuită cu apă, iar microelementele nu au fost aplicate.

5.5. Măsurarea semnalului electric generat de nutrienți în plantele de tomate

5.5.1. Experimente înființate în condiții de cultură

Răspunsul plantelor la stimuli externi se manifestă prin modificările morfologice și fiziologice ale plantelor. În ultimii ani, au fost dezvoltate mai multe sisteme de monitorizare și control pentru fertilizarea plantelor care iau în considerare temperatura, umiditatea, lumina și alți factori de mediu din seră (Aaslyng et al., 2003). S-au ales diferite semnale fiziologice, cum ar fi fluxul de sevă prin tulpină și diferența de temperatură a frunzei, pentru a servi ca indicatori de răspuns la mediu (Herzog et al., 1997; Gratani et al., 2000).

Raportat la distanța și viteza de transmitere, semnalului electric îi este atribuită o importanță mai mare, comparativ cu semnalele chimice (de ex. hormonii), întrucât acesta este capabil să transmită mult mai repede și pe distanțe mult mai mari.

Recent, s-a constatat că semnalele electrice joacă un rol important într-o multitudine de procese fiziologice (Treback et al., 2006, Fromm and Lautner 2007, Koziol et al., 2003), reprezentând o importantă cale de transmitere a informațiilor către celulele plantelor (Fromm and Lautner, 2007). Studiile arată că acestea sunt

implicate în multe procese din plante, inclusiv în respirație (Dziubinska et al., 1989), absorbția apei (Davies et al. 1991), mișcarea frunzelor (Pickard, 1973) și răspunsul la stresul biotic (Maffei and Bossi 2006).

La variații ale luminozității sau umidității în mediul de creștere, în plante apare un deficit de ioni, ce poate fi identificat printr-un semnal electric diferit față de un semnal măsurat în condiții normale de creștere (Yuan, 1988). Astfel, un asemenea procedeu poate fi utilizat pentru a determina starea fiziologică a plantelor la un moment dat, pentru a controla și ajusta procesele prin care sunt asigurate condițiile de mediu propice pentru cultura aleasă.

Variația curentului electric măsurat în xilemul plantelor, respectiv fluxul de sevă, poate furniza informații cu privire la nivelul de nutrienți. Semnalul electric generat și transmis depinde de factori interni, precum: presiunea osmotică (Schroeder and Hedrich, 1989), concentrația calciului citoplasmatic dar și de factorii externi: temperatura (Kai et al., 2011), lumina (Volkov et al., 2012), cantitatea de apă disponibilă în sol, stimuli electrici și mecanici (Volkov and Ranatunga, 2006). Mai mult, depinde de procesele fiziologice datorate schimburilor de gaze, fotosintezei și fototropismului. În baza acestor informații, în experiențele din cadrul acestei lucrări au fost făcute determinări comportamentale ale curentului electric în raport cu aplicarea de soluții cu macronutrienți. Condițiile de creștere au fost controlate și similare pentru fiecare lot experimental, cât și pentru fiecare perioadă experimentală, pentru a elimina influența factorilor de mediu, inclusiv apariția variațiilor stocastice.

Sistemul cu biosenzor presupune utilizarea semnalelor electrice monitorizate ca date de intrare, ce au rolul de a ghida sistemul de fertilizare, și nu numai, ci și a sistemelor de reglare a întregului complex de factori de mediu (temperatură, umiditate, lumină, ventilație, schimburi de gaze, etc.).

Monitorizarea semnalului electric s-a realizat prin intermediul unui sistem format dintr-o sursă generatoare de curent electric continuu de 9V, doi electrozi instalați pe tulpina plantei (Fig. 5.1), instrumentul de masură și unitatea de înregistrare (Fig. 5.2)

Un impediment deosebit îl reprezintă intensitatea foarte mică a semnalului electric generat de fluxul ionic din plantă.



Fig. 5.1 Modul de instalare a electrozilor pe plantă/
Installation of electrodes on the plant (original)



Fig. 5.2 Unitatea de măsură și înregistrare Keysight B2981A/
Keysight B2981A measurement and recording unit (original)

Elementele traductoare ale sistemului sunt reprezentate de cei doi electrozi (E1 și E2), pentru care s-au folosit ace medicinale din oțel inoxidabil, inserați în plantă la o distanță de 40 cm, la o distanță de cel puțin 2-4 cm deasupra sau sub noduri. La utilizarea altor materiale pentru senzori, de exemplu ace acoperite cu o peliculă de argint sau aur, sau ace din cupru, s-a manifestat fenomenul de necroză în punctul de inserție (Fig. 5.3).



Fig 5.3 Necrozarea țesutului vegetal în punctul de inserție/
Necrosis of plant tissue at the point of insertion (original)

Gradul de alimentare a plantelor cu elemente nutritive este determinat prin măsurarea intensității curentului electric pentru fiecare categorie ionică. Semnalul electric măsurat este reprezentat de suma intensităților pentru fiecare specie de ioni, în momentul în care prin secțiunea aleasă trece un curent continuu de 9V.

Măsurătorile s-au realizat pe perioade fixe de timp de 24 de ore, de la ora 10:00 AM până la 9:59 AM din ziua următoare. Distanța dintre cei doi electrozi a fost stabilită la 40 cm, electrodul de jos fiind introdus în plantă la distanța de 25 cm față de suprafața substratului. Electrozii au fost introduși astfel încât aceștia să intersecteze xilemul. Pentru monitorizarea curentului electric s-a folosit o unitate sensibilă capabilă să măsoare valori cuprinse în intervalul 0.01 fA – 20 mA, produs de Keysight, model B2981A Femto/Picoammeter.

5.5.2. Validarea conceptului în condiții de cultură

Prezentul studiu dorește să pună în evidență o nouă metodologie de măsurare a consumului de nutrienți, prin cercetări asupra curentului electric generat de fluxul ionic din tulpina plantelor. Acest studiu s-a realizat în fitotronul Institutului de Cercetări pentru Agricultură și Mediu Iași, care a permis controlarea strictă a condițiilor de mediu.

Ca urmare a cercetărilor realizate, s-a constatat că variația de intensitate a curentului electric este direct proporțională cu mecanismele metabolice specifice culturii de tomate. Gradientul intensității curentului electric în funcție de consumul

nutritiv și factorii de mediu poate fi utilizat de instalația cu biosenzor pentru a stabili la un moment dat carența macro și microelementelor.

Acest studiu urmărește proiectarea și punerea în funcțiune a unui sistem de coordonare pentru o instalație de fertilizare, ce are la bază măsurarea curentului electric creat în tulpina plantei. Coordonarea face referire la pornirea sau oprirea automată a unei instalații de fertilizare prin picurare.

În prezent, sistemele de irigare utilizate în agricultură se bazează pe starea de umiditate la un moment dat a solului, folosindu-se un umidometru, care însă pot duce la crearea de exces de apă în sol, sau la cantități insuficiente, fapt ce poate interfera cu procesele metabolice ale plantelor (asfixierea rădăcinilor, secetă, scăderea concentrației sărurilor minerale, etc.).

Principial, sistemul dorește să pună plantele în funcția de coordonare, care să stabilească momentul în care acestea au nevoie de aplicarea unei norme de irigare, precum și de cantitatea necesară în l/m^2 .

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură și cu Fig. 5.4.

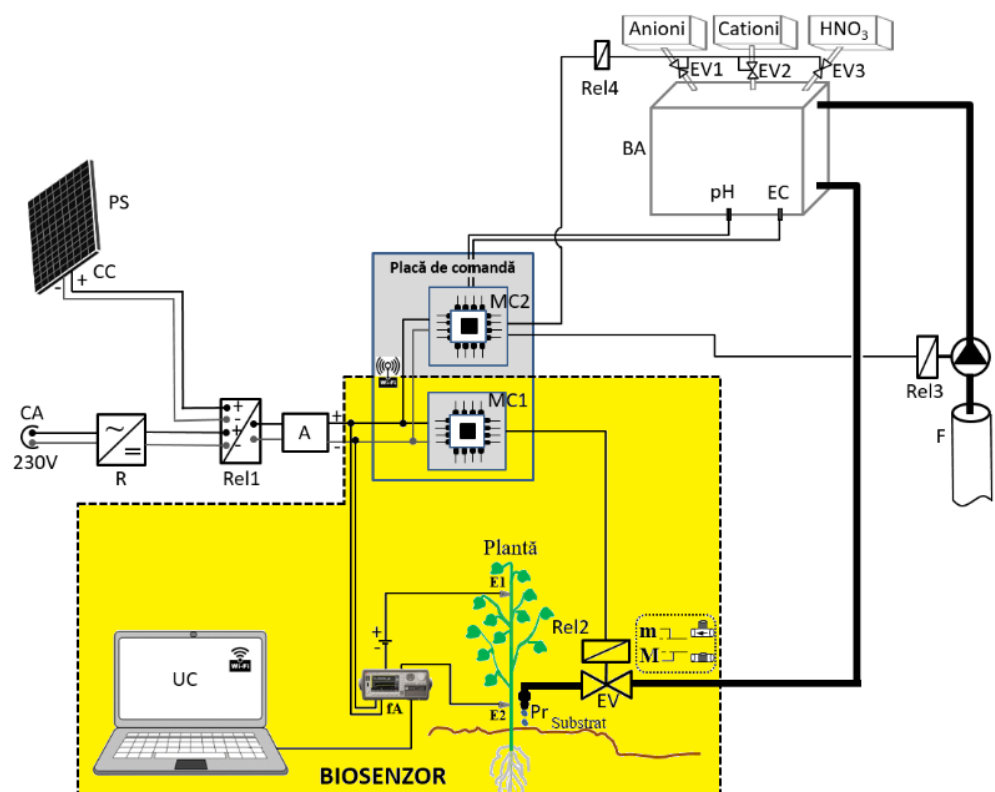


Figura 5.4 - Schema electrică de principiu a invenției/ Schematic diagram of the invention (original)

Sistemul poate prezenta următoarele avantaje:

- Plantele stabilesc momentul și cantitatea pentru irigare;

- b) Se poate realiza o economie a resursei de apă;
- c) Se realizează producții importante, prin asigurarea condițiilor optime de dezvoltare.

Pentru a se exemplifica utilizarea sistemului cu biosenzor în cadrul unui sistem de fertirigare prin picurare se propune următoarea schemă: instalația de irigare cu biosenzor conține un microcontroler MC (Fig. 5.4), alimentat de un acumulator (Ac), a cărui încărcare se realizează cu ajutorul radiației solare (R_s) prin intermediul unui sistem fotovoltaic (P_s) și a unui releu regulator (R_r). Acest microcontroler interceptează și traduce un semnal electric (S), provenit de la o plantă pilot din cultură, de o intensitate cuprinsă între $5\mu A$ și $10\mu A$, interceptare realizată de cei doi electrozi E_1 și E_2 . Atunci când pragul minim al intensității curentului electric este atins, respectiv valoarea de $5\mu A$, sistemul comandă deschiderea electrovalvei (EV), prin intermediul unui contact normal deschis ($1R_1$), al unui releu (R_1), care pornește astfel sistemul de irigare prin picurare. În momentul în care se atinge pragul superior, respectiv valoarea de $10\mu A$, electrovalva, prin intermediul aceluiași contact, întrerupe alimentarea cu apă a sistemului. Apa necesară pentru irigație este stocată într-un rezervor (R_a), alimentat la rândul lui dintr-un foraj hidrogeografic (FO), utilizându-se doi senzori (S_1 și S_2) și un conductor de masă (M) al rezervorului, care prin intermediul unei pompe (P) să asigure un nivel constant de apă în rezervor.

5.5.3. Etapele tehnice în realizarea instalației de tip biosenzor

În cazul soluției propuse, curentul electric măsurat reprezintă date de intrare pentru softul de analiză, iar valorile de ieșire reprezintă valoarea calculată pentru dozarea fiecărui nutrient.

Din punct de vedere tehnic, pot apărea dificultăți în realizarea acestui sistem, deoarece datele de intrare, respectiv semnalele electrice, trebuie să fie analizate și asociate fiecărui element biochimic, fiziologic sau de mediu. Pentru a soluționa aceste inconveniente, sunt necesare următoarele etape:

- Întocmirea unei baze de date;
- Realizarea de măsurători și monitorizarea semnalelor electrice;
- Filtrarea semnalelor electrice;
- Deconvoluția semnalelor electrice;
- Analiza semnalelor electrice;
- Stabilirea unui protocol de lucru;
- Corelarea citirilor cu ritmul circadian al proceselor biochimice și fiziologice ale plantelor;
- Furnizarea de elemente nutritive.

Pentru a întocmi baza de date au fost identificate semnalele electrice și au fost asociate fiecărui nutrient, amestecuri de nutrienți, a factorilor de mediu și a alternanței zi-noapte.

Măsurarea și monitorizarea semnalelor electrice se realizează cu ajutorul unui femtoampermetru, conectat la un circuit de împământare pentru a elimina zgomotul din semnalele măsurate (Fig. 5.5).

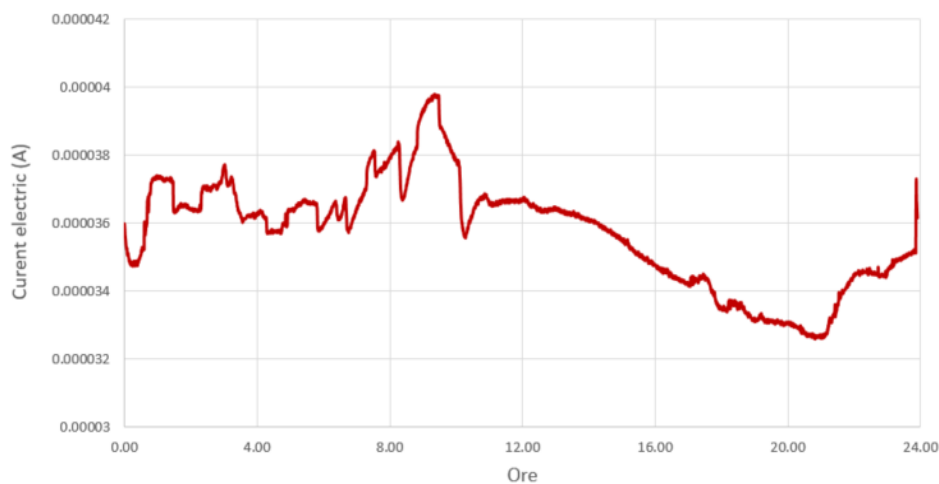


Fig. 5.5 - Semnalul electric unic înregistrat pe o plantă de tomate în 24 de ore/
The unique electrical signal recorded on a tomato plant in 24 hours

Deconvoluția reprezintă un algoritm matematic menit să extragă semnalele electrice asociate fiecărui tip de nutrient din semnalele unice înregistrate (Fig. 5.6). Printr-un program specializat, aceasta poate analiza periodicitatea, valorile și forma semnalelor, prin utilizarea unei baze de date deja întocmită.

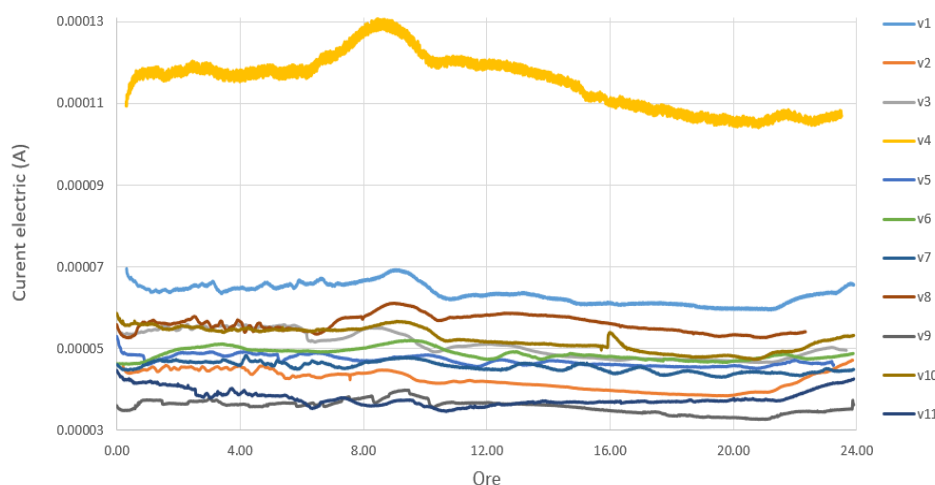


Fig. 5.6 - Curenții electrice înregistrați pentru toate variantele de tratament timp de 24 de ore/
Electric signals recorded for all treatment during for 24 hours

Pentru a identifica semnalul electric specific fiecărui macroelement utilizat în experiment (MgSO_4 , KNO_3 , K_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KH_2PO_4 și KCl), curentul electric a fost măsurat pe o perioadă de 24 de ore. Rezultatele înregistrate au arătat că semnalele variază în funcție de elementele nutritive aplicate (Fig. 5.6). Pentru exemplu, soluția de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ a generat cel mai mare semnal în plante, cu o valoare dublă în comparație cu semnalele măsurate pentru celelalte elemente nutritive. În același timp, deși soluția de KH_2PO_4 a generat cel mai mic semnal, acesta a fost mai mare decât semnalul electric măsurat pentru varianta martor (varianta V_{11}), la care a fost aplicat doar apă.

Datele înregistrate scot în evidență că semnalul electric în plantele de tomate variază în funcție de greutatea moleculară a nutrientului folosit.

Cu toate acestea, s-au observat mai multe elemente comune în variația curentului electric pe întreaga perioadă de 24 de ore. La scurt timp după aplicarea tratamentelor (ora 10:30 AM), valorile semnalului au crescut, s-au păstrat valorile ridicate pe tot parcursul zilei și au înregistrat o creștere bruscă la sfârșitul zilei (ora 18-20), înregistrând o scădere a semnalului după lăsarea întinericului, păstrându-se relativ constante în timpul nopții. Dimineața, după răsăritul soarelui (06:30 AM), valorile semnalului au crescut.

Acest trend general pune în evidență o strânsă corelație între procesul fotosintetic și nutriția plantelor, când apare deficitul ionic la nivelul radicular. Astfel, se poate constata că variația semnalului electric din timpul zilei se manifestă în funcție de perioadele în care are loc fotosinteza, ceea ce înseamnă că depinde de procesele fiziologice ale plantei și alternanța zi-noapte (Fig. 5.6).

5.6. Determinări asupra indicatorilor biometrici, fiziologici și biochimici

5.6.1. Determinarea indicatorilor biometrici

Modul în care tratamentele nutritive au influențat indicatorii biometrici ai plantelor din cultura de tomate, cultivarul Brilliant F1, s-a determinat prin măsurători asupra înălțimii plantelor, suprafeței foliare, numărului de fructe, masa fructelor, a indicelui de calitate a fructelor și a producției totale.

5.6.2. Determinarea indicatorilor fiziologici

Influența tratamentelor nutritive aplicate asupra plantelor de tomate a fost evaluată prin determinări asupra indicatorilor fiziologici precum: intensitatea proceselor de fotosinteză, transpirație, conductanța stomatală a apei, concentrația CO_2 substomatal și conținutul de clorofile.

Rata fotosintezei (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), rata transpirației (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), conductanța stomatală (g_s , $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) și concentrația CO_2 substomatal (C_i , ppm) s-au măsurat utilizând sistemul portabil ADC Lci Bioscientific Ltd cu o cameră specifică pentru frunze late, având aria ferestrei de $6,25 \text{ cm}^2$ (Fig. 5.7).



Fig. 5.7 Determinări asupra ratei fotosintezei, conductanței stomatale și a concentrației de CO₂ substomatal/
Determinations on the rate of photosynthesis, stomatal conductance and substomatal CO₂ concentration (original)

Măsurarea conținutului total de clorofile s-a realizat cu ajutorul aparatului CCM-200 plus (ADC BioScientific Ltd, UK), care utilizează absorbanta a două lungimi de undă pentru a calcula rezultatele: 653 nm, specifică pentru clorofilă, și 931, valoare apropiată de lungimea de undă a radiațiilor infraroșii, rezultând astfel CCI (indexul conținutului de clorofilă), unitate de măsură pentru a exprima conținutul de clorofilă (Fig. 5.8).



Fig. 5.8 Determinarea conținutului total de clorofilă/
Determination of total chlorophyll content (original)

5.6.3. Determinarea indicatorilor biochimici

Determinarea conținutului de apă

Determinarea conținutului de apă din fructele de tomate s-a realizat procentual, prin raportarea diferenței dintre masa inițială a probei și masa probei după ce a fost uscată la 70°C în etuvă.

Determinarea conținutului de cenușă

Determinarea conținutului de cenușă s-a realizat conform AOAC 2000, astfel: pentru eliminarea impurităților de pe suprafața creuzetului, acesta a fost ținut peste noapte în cuptor, la temperatura de 550 °C. Răcirea lui s-a realizat timp de 30 de minute în desicator, cântărindu-se apoi cu o precizie de 3 zecimale. Au fost apoi adăugate 5 grame de probă, fiind apoi încălzită la flacără Bunsen, cu creuzetul pe jumătate acoperit. În momentul în care nu s-a mai produs fum, creuzetul cu proba a fost plasat în cuptor, la temperatura de 550 °C, fără a mai fi acoperit. Ulterior, s-a realizat cântărirea acestuia pentru a se determina masa de cenușă. Rezultatul a fost exprimat în procente, ca fiind raportul dintre masa de cenușă rămasă și masa inițială a probei.

Determinarea conținutului de fibră brută

Conținutul de fibre s-a determinat conform AOAC, 2000 după cum urmează: materia insolubilă a fost spălată repetat cu apă fierbinte, până când reacția acidă nu

a mai fost vizibilă. A fost transferată ulterior într-un recipient cu 100 ml soluție de NaOH 0,25M. S-a realizat iarăși spălarea reziduului cu apă fierbinte, până când reacția bazică nu a mai fost vizibilă. Reziduurile au fost cântărite și au fost puse la uscare peste noapte la temperatura de 105°C. După uscare, probele au fost răcite în desicator și cântărite.

Determinarea conținutului de fibră dietetică

Conținutul de fibre s-a determinat conform AOAC, 2000. Probele au fost degresate, degelatinizate în prezența alfa-amilazei și apoi digerate enzimatic cu protează și amiloglucosidază pentru a elimina proteina digerabilă și amidonul. A fost adăugată o cantitate de patru ori mai mare de etanol, cu rolul de a precipita fibrele dietetice. S-a realizat filtrarea reziduurilor totale, spălarea lor cu etanol și acetonă, iar după uscare au fost cântărite. Reziduurile au fost utilizate și pentru determinarea conținutului de proteine și de cenușă. Prin scăderea cantităților măsurate pentru proteine, cenușă și martor, a rezultat valoarea pentru conținutul total de fibre dietetice.

Determinarea conținutului de azot și de proteină brută

Conținutul de azot și de proteine brute s-a determinat conform AOAC, 2000, utilizând metoda Kjeldahl.

Analiza mineralelor

Conținutul de zinc, fier, calciu și magneziu a fost determinat prin spectrometria cu absorbție atomică, iar sodiul și potasiul prin flamfotometrie conform metodelor de lucru din AOAC, 2003.

5.7 Analiza statistică

Analiza de varianță a rezultatelor s-a realizat prin intermediul unui program de calcul statistic SPSS, varianta 21, folosind metoda ANOVA. Testul ales a fost Tuckey, unde $p \leq 0,5$. În cadrul testului litera "a" reprezintă cea mai mare valoare, iar "ns" reprezintă diferențele nesemnificative în cadrul rezultatelor analizate.

CAPITOLUL 6 – REZULTATE ȘI DISCUȚII

CHAPTER 6 - RESULTS AND DISCUSSIONS

6.1. Influența tratamentelor utilizate asupra indicatorilor biometrici ai culturii de tomate

6.1.1. Influența fertilizării minerale asupra înălțimii plantelor

Suprafața foliară și înălțimea plantelor reprezintă indicatori ai caracteristicilor fiziologice, cum ar fi rata relativă de creștere și longevitatea frunzelor. Mărimea frunzelor poate varia în funcție de temperatura aerului, frunzele mai mari fiind mai rare și aerisite, care influențează pierderea de apă prin evapotranspirație.

În Tabelul 6.1 sunt prezentate valorile înălțimii plantelor de tomate în săptămânile 1-8, respectiv din lunile mai-iulie.

Tabelul 6.1/Table 6.1

Dinamica înălțimii plantelor de tomate (cm)/ Height dynamics of tomato plants (cm)

Data măsurătorilor								
Varianta	Săptămăna 1	Săptămăna 2	Săptămăna 3	Săptămăna 4	Săptămăna 5	Săptămăna 6	Săptămăna 7	Săptămăna 8
V ₁	111.00	115.00	123.67	138.00	147.33	152.33	154.33	157.33
V ₂	108.00	114.00	123.67	140.00	150.67	168.33	173.33	178.33
V ₃	106.00	112.00	119.67	135.00	146.00	154.00	156.67	158.67
V ₄	111.67	118.67	129.33	141.33	149.33	166.67	176.00	179.00
V ₅	108.00	114.00	119.67	138.33	151.00	159.33	164.00	167.00
V ₆	113.33	119.67	125.33	139.00	142.67	145.00	146.67	148.33
V ₇	114.00	119.67	131.00	153.33	163.33	181.00	188.00	190.33
V ₈	110.67	118.67	128.67	150.67	158.00	172.33	184.00	187.33
V ₉	119.67	124.67	130.33	145.33	159.00	176.67	185.33	189.33
V ₁₀	106.33	111.67	117.00	139.00	141.33	154.67	160.00	162.33
V ₁₁	108.33	114.00	124.00	140.67	144.33	151.67	154.00	159.00

Astfel, înțelegem că cerințele pentru elementele nutritive și cantitățile acestora variază în funcție de fenofaza la care se află plantele de tomate.

În Fig. 6.1 se regăsim reprezentarea grafică pentru dinamica înălțimii plantelor de tomate.

Acestea confirmă că informațiile din literatura de specialitate nu se aplică pentru toate cultivările de tomate, având în vedere că $\text{MgSO}_4 - \text{KNO}_3 - \text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 - \text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{KCl}$, respectiv V_9 , reprezintă o rețetă standard pentru a asigura nutriția (Atanasiu, 2010).

Valorile cele mai ridicate pentru înălțimea plantelor au fost obținute la variantele V_7 , V_8 și V_9 .

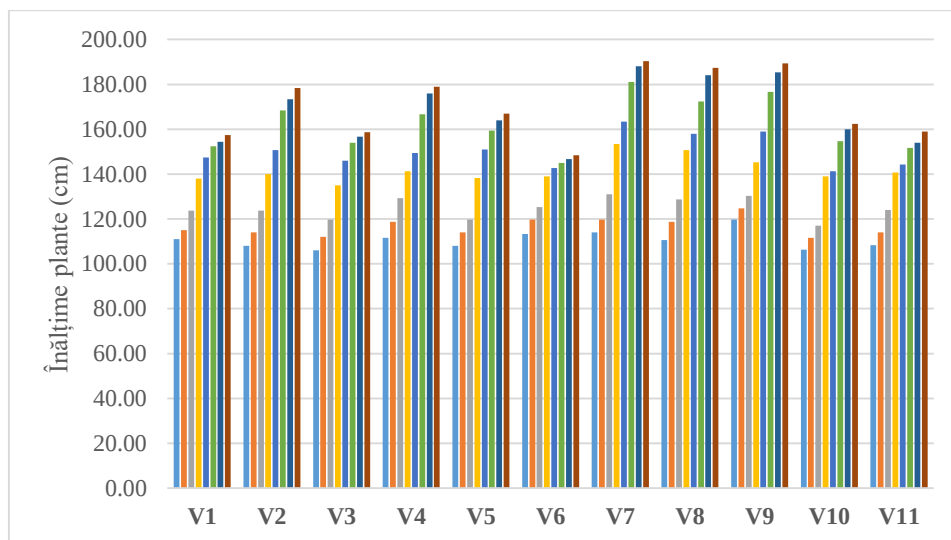


Fig. 6.1 – Variația înălțimii plantelor la fertilizarea cu diferite tratamente cu macroelemente/ Variation of plant height when fertilizing with different treatments with macroelements ($V_1 - \text{MgSO}_4$, $V_2 - \text{KNO}_3$, $V_3 - \text{K}_2\text{SO}_4$, $V_4 - \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $V_5 - \text{KH}_2\text{PO}_4$, $V_6 - \text{KCl}$, $V_7 - \text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4$, $V_8 - \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$, $V_9 - \text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$, V_{10} – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V_1 - V_6 , V_{11} – martor).

6.1.2. Influența fertilizării minerale asupra suprafeței foliare

Din reprezentarea grafică a suprafeței foliare, apar diferențe semnificative între variante, cu V_2 cu o suprafață de 3602.63 mm^2 și V_1 , cu $244,24 \text{ mm}^2$ (Fig. 6.2).

Valori ridicate apropiate de V_2 se obțin și în cazul variantei V_7 . În cazul variantelor V_4 și a celor de tip mix, valorile au variat de la $2293,96 \text{ mm}^2$ până la $2822,46 \text{ mm}^2$ la varianta fertilizată cu $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

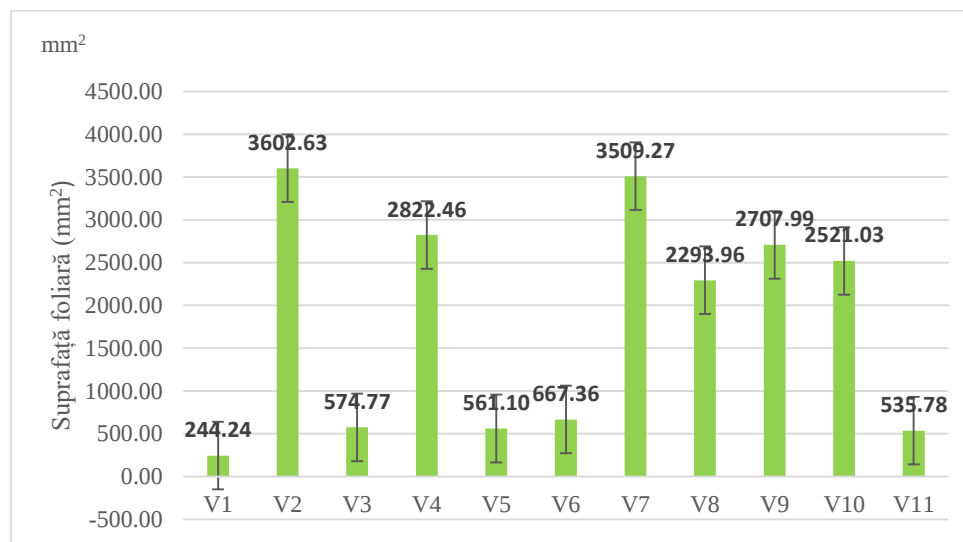


Fig. 6.2 – Influența fertilizării minerale diferențiate asupra suprafeței foliare / The influence of differentiated mineral fertilization on the leaf surface (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄, V₈ – K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₉ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₁₀ – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆, V₁₁ – martor).

6.1.3. Influența fertilizării minerale asupra numărului de fructe

În Tabelul 6.2 sunt prezentate rezultatele medii cu privire la dinamica numărului de fructe pe plantă, pentru cultura de tomate în perioada de cercetare 2019-2021.

Tabelul 6.2/Table 6.2

Dinamica numărului de fructe de tomate recoltate pe plantă (buc)/ Dynamics of the number of tomato fruits harvested per plant (pcs)

Data măsurătorilor								
Varianta	Săptămâna 1	Săptămâna 2	Săptămâna 3	Săptămâna 4	Săptămâna 5	Săptămâna 6	Săptămâna 7	Săptămâna 8
V ₁	5.33	10.00	16.33	16.00	16.67	20.33	24.33	29.33
V ₂	4.67	9.33	17.33	21.00	22.00	30.33	39.33	43.67
V ₃	4.67	8.33	15.33	20.00	21.00	22.33	22.33	20.33
V ₄	5.67	10.67	14.33	21.33	21.67	33.67	34.67	43.33
V ₅	6.00	10.33	18.00	23.67	19.33	28.00	23.33	29.67
V ₆	5.33	10.33	18.00	18.67	24.33	24.00	19.33	23.67
V ₇	5.33	8.67	17.67	24.00	24.33	27.67	35.00	40.33
V ₈	7.00	12.67	17.33	19.33	24.67	29.67	28.00	34.33
V ₉	5.00	8.67	13.33	21.67	20.33	28.67	29.00	34.33
V ₁₀	5.67	9.33	15.67	22.33	24.00	29.67	31.00	36.67
V ₁₁	6.00	10.67	13.00	20.67	24.00	28.33	28.00	29.00

Fig. 6.3 reprezintă grafic dinamica numărului de fructe recoltate pe plantă, în funcție de varianta experimentală, pe o perioadă de 8 săptămâni, în lunile mai-iulie.

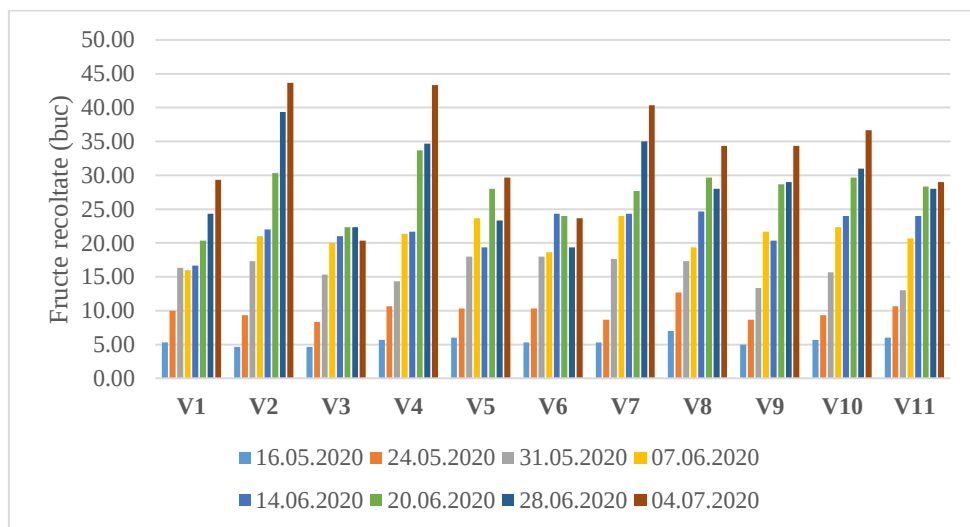


Fig. 6.3 – Dinamica numărului de fructe recoltate/ Dynamics of the number of fruits harvested (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+KH₂PO₄, V₈ – K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₉ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₁₀ – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆, V₁₁ – martor).

În Tabelul 6.3 regăsim datele pentru numărul mediu de fructe recoltate și masa corespunzătoare pentru fructe.

Tabelul 6.3/Table 6.3

**Numărul de fructe recoltate de la plantele de tomate și masa acestora/
Number of fruits harvested from tomato plants and their mass**

Variantă	Număr fructe	Masa fructelor (g)
V ₁	29.33 ± 0.88 bcd	154.92 ± 9.15 ns
V ₂	43.67 ± 2.73 a	199.57 ± 28.10 ns
V ₃	20.33 ± 2.85 d	225.72 ± 16.68 ns
V ₄	43.33 ± 0.67 a	146.18 ± 27.19 ns
V ₅	29.67 ± 0.88 bcd	196.29 ± 1.99 ns
V ₆	23.67 ± 5.21 cd	155.53 ± 19.25 ns
V ₇	40.33 ± 1.45 ab	137.87 ± 17.44 ns
V ₈	34.33 ± 2.33 abc	182.37 ± 38.37 ns
V ₉	34.33 ± 0.88 abc	174.81 ± 35.32 ns
V ₁₀	36.67 ± 2.40 ab	156.01 ± 9.09 ns
V ₁₁	29,00 ± 2.08 bcd	

În Fig. 6.4 regăsim reprezentarea grafică a numărului de fructe recoltate la cultura de tomate.

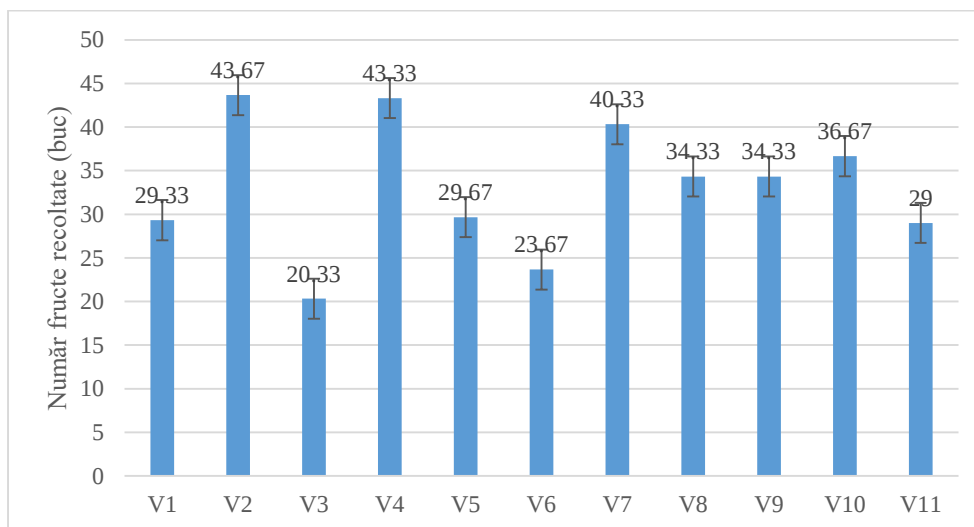


Fig. 6.4 – Reprezentarea grafică a numărului de fructe recoltate la cultura de tomate/ Graphical representation of the number of fruits harvested at the tomato crop (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄, V₈ – K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₉ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₁₀ – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆, V₁₁ – martor).

Din graficul 6.4, varianta V₂ (fertilizare cu KNO₃) a prezentat cel mai mare număr de fructe (43,67), comparativ cu varianta V₃ (K₂SO₄), care a prezentat cel mai mic număr de fructe (20,33), ceea ce înseamnă că numărul de fructe este influențat de tratamentul cu KNO₃.

6.1.4. Influența fertilizării minerale asupra masei fructelor de tomate

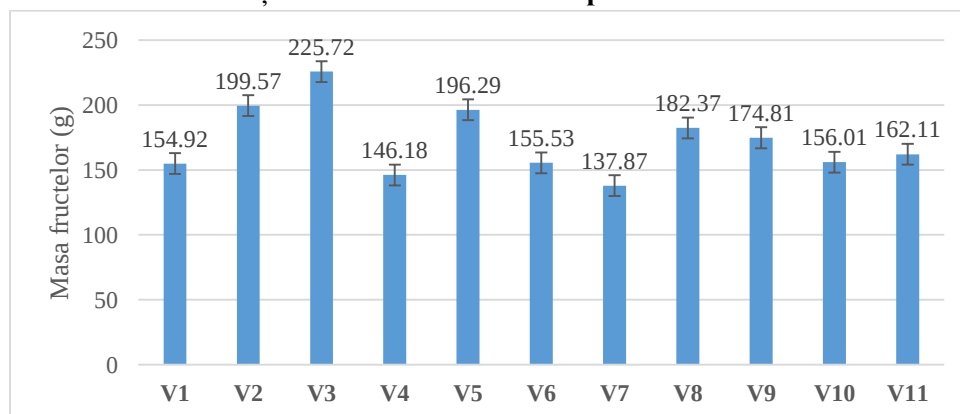


Fig. 6.5 – Reprezentarea grafică a masei fructelor de tomate/ Graphic representation of the fruit mass (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄, V₈ – K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₉ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₁₀ – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆, V₁₁ – martor).

În Fig. 6.5 sunt prezentate variațiile masice a plantelor de tomate în cadrul variantelor experimentale.

Cantitatea cea mai mare de masă a fructelor a fost măsurată în cadrul variantei V₃ (fertilizare cu K₂SO₄), cu o valoare de 225,72 grame, față de V₇ (fertilizare cu mix, MgSO₄-KNO₃-KH₂PO₄), unde a fost înregistrată cea mai mică valoare, de 137.87 grame.

6.1.5. Influența fertilizării minerale asupra diametrului și înălțimii fructelor de tomate

În Tabelul 6.4 sunt prezentate informații despre diametrul și înălțimea fructelor de tomate, date care vor fi folosite pentru a determina indicele de formă al fructelor.

În momentul recoltării, respectiv maturitatea de consum, s-au realizat măsuratori asupra indicelui de formă pentru fructele de tomate, calculat prin înmulțirea diametrului cu înălțimea fructului. Graficul 6.6 reprezintă variația acestor doi parametri în cadrul celor 11 variante experimentale. Cele mai mari valori au fost obținute la variantele V₁ (fertilizare cu MgSO₄) și V₉ (fertilizare cu mix MgSO₄-KNO₃-K₂SO₄-Ca(NO₃)₂-KH₂PO₄-KCl), respectiv 62,74x52,66 mm și 60,17x50,96 mm. Cele mai mici valori ale diametrului și înălțimii plantelor au fost obținute la variantele de fertilizare V₇ (mix MgSO₄-KNO₃-KH₂PO₄) și V₁₀ (tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement – ziua 1 MgSO₄, ziua 2 KNO₃, ziua 3 K₂SO₄, ziua 4 Ca(NO₃)₂, ziua 5 KH₂PO₄, ziua 6 KCl), respectiv 50,57x41,62 și 50,53x41,40.

Tabelul 6.5/Table 6.5

Diametrul și înălțimea fructelor (mm)/ Fruit diameter and height (mm)

Varianta	Diametru	Înălțimea fructelor
V ₁	62.74 ± 0.61 ns	52.67 ± 1.20 ns
V ₂	57.95 ± 1.25 ns	49.34 ± 1.94 ns
V ₃	56.47 ± 5.46 ns	45.94 ± 3.86 ns
V ₄	59.45 ± 0.45 ns	46.81 ± 0.35 ns
V ₅	54.65 ± 3.75 ns	47.52 ± 3.70 ns
V ₆	53.27 ± 2.24 ns	47.09 ± 1.74 ns
V ₇	50.57 ± 4.78 ns	41.62 ± 4.61 ns
V ₈	55.11 ± 1.53 ns	47.36 ± 1.40 ns
V ₉	60.17 ± 1.16 ns	50.97 ± 0.71 ns
V ₁₀	50.53 ± 4.53 ns	41.04 ± 7.06 ns
V ₁₁	55.26 ± 2.67 ns	46.45 ± 2.78 ns

În Fig. 6.6 se regăsește reprezentarea grafică a diametrului și înălțimii fructelor de tomate.

Indiferent de regimul de fertilizare utilizat se constată că se păstrează forma fructului. Din acest considerent se poate spune că forma fructului este determinată genetic.

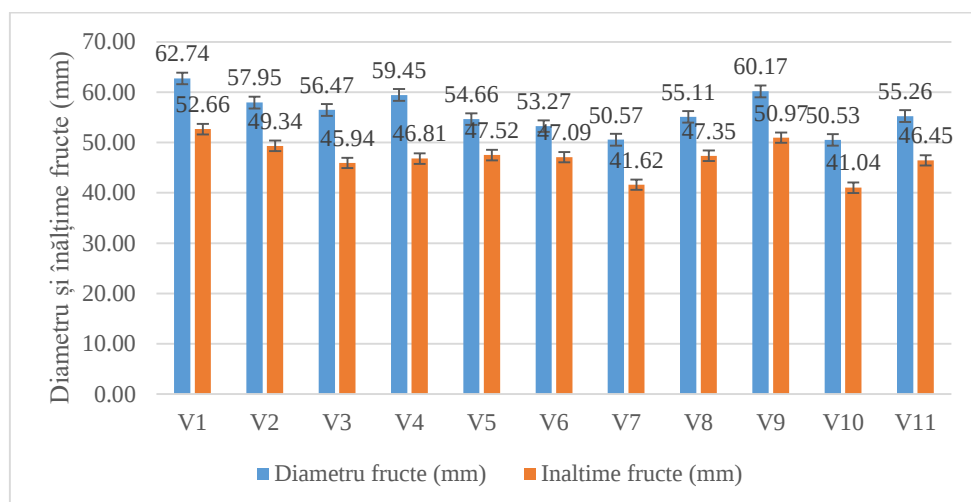


Fig. 6.6 – Reprezentarea grafică a diametrului și înălțimii fructelor de tomate / Graphic representation of the diameter and height of tomato fruits (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄, V₈ – K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₉ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₁₀ – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆, V₁₁ – martor).

6.1.6. Influența fertilizării minerale asupra producției totale

În Tabelul 6.6 sunt prezentate datele de producție pe fiecare variantă experimentală, obținute la cultura de tomate.

Numărul de fructe, și implicit producția totală, reprezintă elemente de productivitate ale culturii de tomate, din care derivă valoarea și eficiența economică a culturii în cauză.

Tabelul 6.6/Table 6.6

Producția totală la cultura de tomate (t/ha)/ Total tomato crop production (t/ha)

Varianta	Producția totală
V ₁	129.38 ± 7.33 ab
V ₂	245.33 ± 27.08 a
V ₃	132.13 ± 25.18 ab
V ₄	181.55 ± 35.83 ab
V ₅	166.02 ± 6.15 ab
V ₆	103.26 ± 20.82 b
V ₇	159.13 ± 23.69 ab
V ₈	183.32 ± 51.47 ab
V ₉	172.76 ± 38.85 ab
V ₁₀	164.08 ± 18.77 ab
V ₁₁	132.88 ± 7.20 ab

Numărul de fructe a variat între 43 fructe/plantă, maximul obținut la varianta V_2 (fertilizată cu KNO_3) și 20.33 fructe/plantă, minimul obținut, la varianta V_3 (fertilizată cu K_2SO_4). Rezultatele înregistrate pentru aceasta variantă experimentală se corelează pozitiv cu datele obținute pentru indicatorii fiziologici și cu intensitatea curentului electric măsurat.

În Fig. 6.7 se regăsește graficul cu producția totală obținută la cele 11 variante.

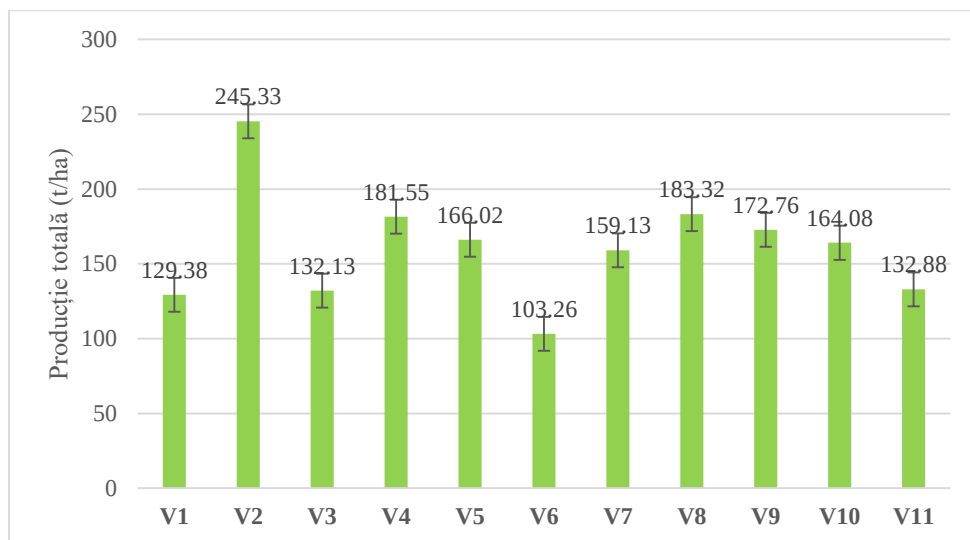


Fig. 6.7 – Reprezentarea producției totale la cultura de tomate/Representation of total production in tomato cultivation (V_1 – $MgSO_4$, V_2 – KNO_3 , V_3 – K_2SO_4 , V_4 – $Ca(NO_3)_2$, V_5 – KH_2PO_4 , V_6 – KCl , V_7 – $MgSO_4 + KNO_3 + KH_2PO_4$, V_8 – $K_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 + KCl$, V_9 – $MgSO_4 + KNO_3 + KH_2PO_4 + K_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 + KCl$, V_{10} – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V_1 - V_6 , V_{11} – martor).

Producția totală pentru cultura de tomate din seră a variat între 103,26 t/ha în cazul variantei experimentale V_6 (fertilizare cu KCl) și 245,33 t/ha pentru varianta V_2 (fertilizare cu KNO_3).

Prezența sărurilor de NO_3 în compușii minerali au determinat valori mai ridicate ale producției, chiar duble față de cele cu Cl și SO_4 . Valori ridicate ale producției s-au obținut și pentru V_8 ($K_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 + KCl$) – 183.32 t/ha, V_4 [$Ca(NO_3)_2$] – 181.55 t/h.

6.2. Influența tratamentelor utilizate asupra indicatorilor fiziologici ai culturii de tomate

6.2.1. Influența fertilizării minerale asupra activității fotosintetice

În Fig. 6.8 se regăsește graficul cu influența fertilizării minerale diferențiate asupra fotosintezei.

Activitatea fotosintetică la cultura de tomate a fost măsurată cu o oră înainte de aplicarea tratamentelor. La cultivarul Brilliant F1 activitatea fotosintetică a variat între $2,7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, în cazul variantei experimentale V_3 (fertilizare cu K_2SO_4) și $7,5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ în cazul variantei experimentale V_8 (fertilizare cu mix $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$).

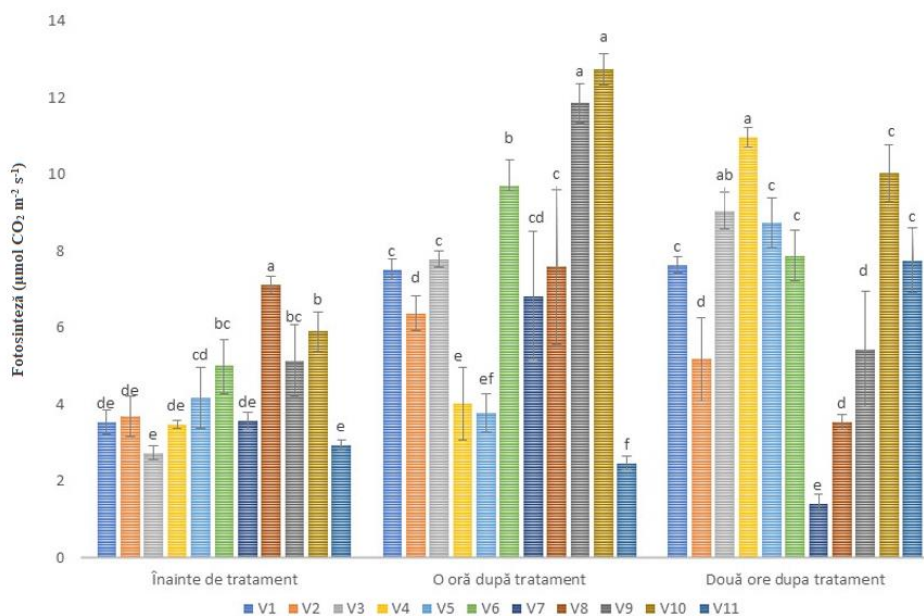


Fig. 6.8 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra fotosintezei/ The influence of differentiated mineral fertilization on photosynthesis (V_1 – MgSO_4 , V_2 – KNO_3 , V_3 – K_2SO_4 , V_4 – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, V_5 – KH_2PO_4 , V_6 – KCl , V_7 – $\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4$, V_8 – $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$, V_9 – $\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$, V_{10} – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V_1 - V_6 , V_{11} – martor).

La o oră după aplicarea tratamentelor, s-au semnalat diferențe semnificative între variantele V_{10} (tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement – ziua 1 MgSO_4 , ziua 2 KNO_3 , ziua 3 K_2SO_4 , ziua 4 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, ziua 5 KH_2PO_4 , ziua 6 KCl), cu o valoare de $12,8 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, V_5 (fertilizare cu KH_2PO_4), cu o valoare de $3,7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, V_4 (fertilizare cu $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), cu o valoare de $3,8 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ și V_{11} (varianta martor) cu o valoare de $2,2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

6.2.2. Influența fertilizării minerale asupra ratei fotosintetice

Rata fotosintetică poate prezenta variații între genotipuri (Sasaki and Ishii, 1992) la ardei (Mehraj et al., 2014), iar o rată fotosintetică mai mare poate însemna o productivitate mai ridicată a biomasei (Horie și colab., 2003). Procesul fotosintetic este limitat de viteza de transport a electronilor, care este de asemenea limitată de disponibilitatea cantitativă a luminii. Disponibilitatea dioxidului de carbon devine limitată odată cu creșterea activității fotosintetice, până în momentul în care curba atinge un punct de saturație ușoară, unde rata fotosintetică nu mai răspunde la un

aport suplimentar al radiației active fotosintetice și devine limitată de capacitatea de carboxilare a Rubisco sau de metabolismul trifosfatului (Long et al., 1996).

6.2.3. Influența fertilizării minerale asupra ratei de evapotranspirație

În Fig. 6.9 se regăsește graficul cu influența fertilizării minerale diferențiate asupra ratei de transpirație.

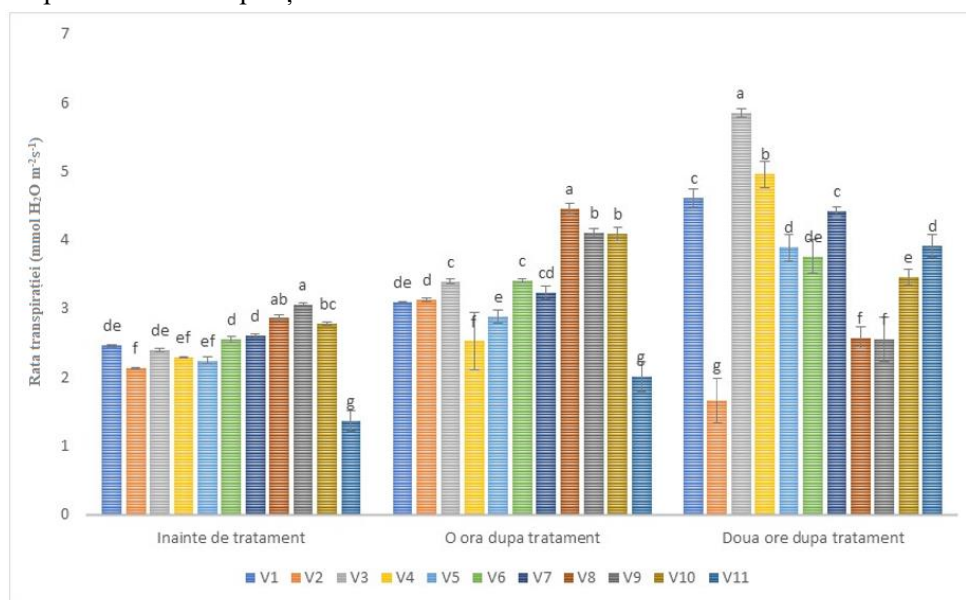


Fig. 6.9 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra ratei de transpirație/ The influence of differentiated mineral fertilization on the perspiration rate (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄, V₈ – K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₉ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₁₀ – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆, V₁₁ – martor).

Conform datelor prezentate în Fig. 6.9, cu privire la modul în care fertilizarea minerală diferențiată influențează rata de evapotranspirație, aceasta variază între 1,5 mmol H₂O m⁻²s⁻¹, pentru varianta de control (V₁₁) și 3,2 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ pentru varianta V₉ (MgSO₄ + KNO₃ + KH₂PO₄ + Ca(NO₃)₂ +KCl). Cu toate acestea, diferențe semnificative nu au fost semnalate între variantele experimentale, nici la o oră înainte de aplicarea tratamentului, nici la o oră după aplicarea tratamentului. Diferențe care pot fi considerate semnificative au apărut abia la două ore după aplicarea fertilizanților, cu variații între 5,9 mmol H₂O m⁻²s⁻¹ pentru varianta V₃ (K₂SO₄) și 1,7 mmol H₂O m⁻²s⁻¹ pentru varianta V₂ (KNO₃).

6.2.4. Influența fertilizării minerale asupra radiației fotosintetice active

În Fig. 6.10 se regăsește graficul cu privire la influența fertilizării minerale diferențiate asupra radiației active fotosintetice.

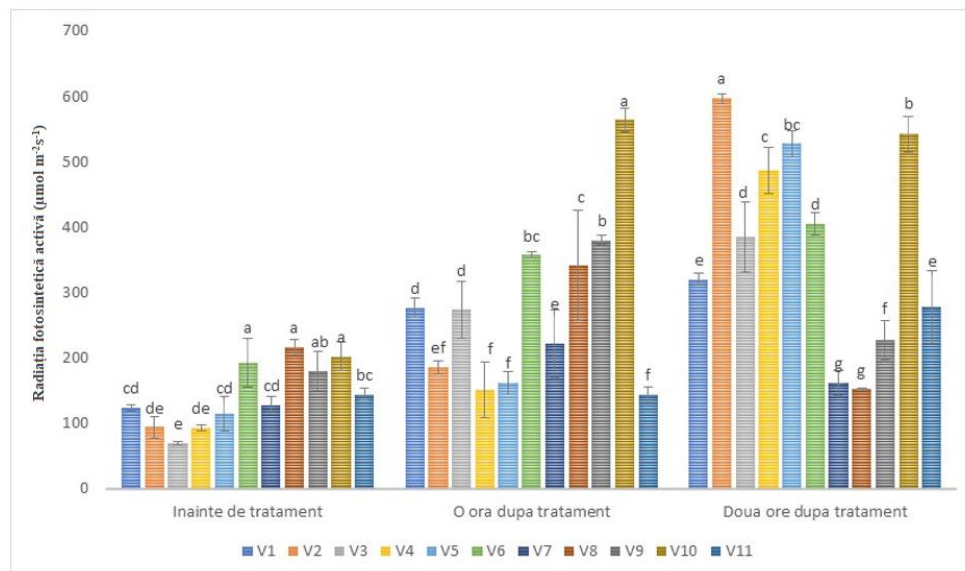


Fig. 6.10 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra radiației active fotosintetice/ The influence of differentiated mineral fertilization on photosynthetic active radiation (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄, V₈ – K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₉ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₁₀ – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆, V₁₁ – martor).

Cu privire la radiația fotosintetică activă, variații semnificative au fost înregistrate la o oră și două ore după aplicarea tratamentelor, între 125 pentru varianta V₁₁ (varianta martor) și 570 pentru varianta V₁₀ (tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆). Valorile cele mai crescute, înregistrate la două ore după aplicarea tratamentelor, s-au semnalat la variantele V₂ (KNO₃), V₅ (Ca(NO₃)₂), V₄ (KH₂PO₄) și V₁₀ (tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆).

Odată cu creșterea radiației fotosintetice active (PAR) stroma cloroplast devine mai alcalin ceea ce duce la activarea Rubisco și o creștere a producției de ATP și NADPH, ceea ce conduce la o creștere a cantității de CO₂ asimilat. Radiația luminoasă influențează procesul de fotosinteză iar intensitatea cu care are loc procesul de fotosinteză variază în funcție de gradul de expunere a frunzelor. La o expunere ridicată, fotosinteza cunoaște o ușoară saturare și este limitată de rata de carboxilare, care la rândul ei este dirijată de o combinație a difuziei dioxidului de carbon în frunze și capacitatea de carboxilare (Atwell et al., 1999).

6.2.5. Influența fertilizării minerale asupra conductanței stomatale

În Fig. 6.11 sunt prezentate datele cu privire la influența fertilizării minerale diferențiate asupra conductanței stomatale.

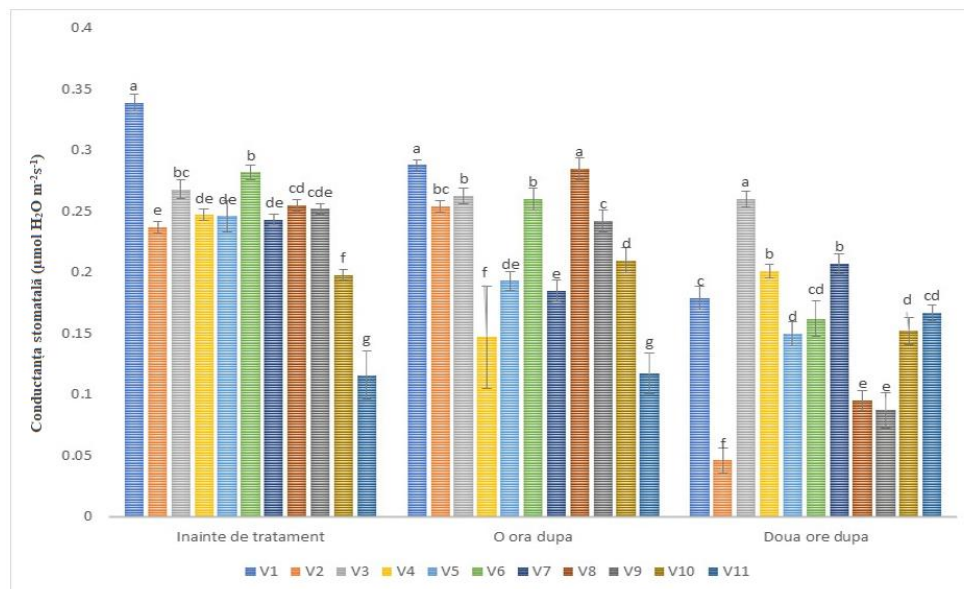


Fig. 6.11 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra conductanței stomatale/ The influence of differentiated mineral fertilization on the stomatal conductance (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄, V₈ – K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₉ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₁₀ – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆, V₁₁ – martor).

Conductanța stomatală este strâns legată de vârstă și poziționarea frunzelor pe plantă. La un stadiu vegetativ avansat, frunzele prezintă o conductanță stomatală scăzută. Odată cu vârsta, conductanța stomatală se poate îmbunătăți până la un anumit nivel, valoare care diferă de la o specie la alta (Nabi și colab. 2000). La tăierea parțială sau completă a plantelor, conductanța stomatală crește repede după a doua lună lună de observație. De asemenea, în cazul frunzelor mai tinere sau mijlocii, cu o rată a fotosintezei mai mare, și conductanța stomatală este mai mare decât în cazul frunzelor mai îmbătrânite (Nabi et al., 2000; Poni and Intrieri, 1996). Stomatele nu sunt implicate doar în schimbul de gaze cu dioxid de carbon, ci și în fluxul apei, sub formă de vapori, din interior spre exterior. Pentru a putea absorbi dioxid de carbon, planta pierde apă, iar atunci când această pierdere este redusă, este restricționat și aportul de dioxid de carbon (Kelly and Jose, 2013).

La nivelul experimentului, în cadrul aceleiași variante au fost semnalate diferențe semnificative la nivelul variantei V₂ (KNO₃), cu valori de 0,23 μmol H₂O m⁻²s⁻¹, măsurată cu o oră înainte de aplicarea tratamentului, ajungând la 0,05 μmol H₂O m⁻²s⁻¹ la două ore după aplicarea tratamentului. Variații asemănătoare au fost sesizate și în cazul variantelor experimentale V₈ (K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl) și V₉ (MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl) (Fig. 6.11).

6.2.6. Influența fertilizării minerale asupra concentrației de CO₂ substomatal

În figura 6.12 sunt reprezentate variațiile concentrației CO₂ substomatal datorate fertilizării minerale diferențiate.

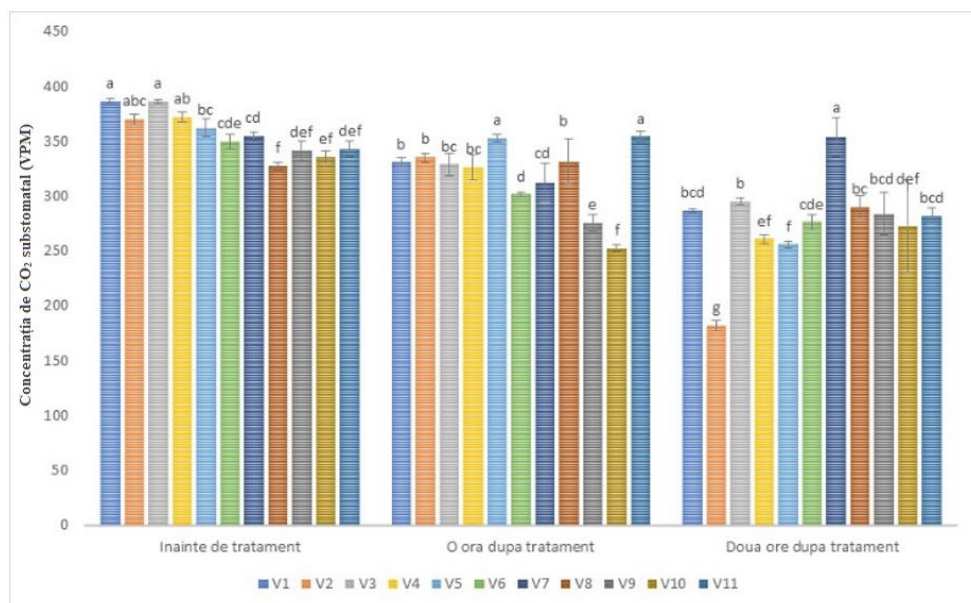


Fig. 6.12 - Influența fertilizării minerale asupra concentrației de CO₂ substomatal/ The influence of mineral fertilization on the concentration of substomatal CO₂ (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄, V₈ – K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₉ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₁₀ – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆, V₁₁ – martor).

S-a constatat că aceasta variază între 390 VPM, pentru varianta V₁ (MgSO₄), și 340 VPM pentru varianta V₈ (K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl). De asemenea, scăderi semnificative au fost înregistrate și pentru varianta V₂ (KNO₃), de la 360 VPM, cu o oră înainte de aplicarea tratamentului, la 180 VPM, la două ore după aplicarea tratamentului.

6.2.7. Influența fertilizării minerale asupra conținutului total pigmenți clorofilieni

În cazul conținutului total de clorofile măsurat la cultura de tomate, acesta a variat în funcție de tipul de fertilizare minerală, cu valori cuprinse între 14,99 CCI și 60,14 CCI. Valorile cele mai ridicate ale CCI au fost măsurate la varianta V₄ [Ca(NO₃)₂], cu o valoare de 60,14, urmată de varianta V₂ (KNO₃), cu o valoare de 47,39 CCI, diferența considerată semnificativă. În cazul variantelor la care au fost aplicate mixuri de fertilizanți, respectiv de câte trei (V₇- MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄ și V₈- K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl) și șase minerale (V₉- MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl), precum și în cazul variantei martor (V₁₀ - tratament ciclic

zilnic pentru fiecare macroelement de la V_1 - V_6), s-au înregistrat valori mult mai mici decât în cazul variantelor V_4 și V_2 . Pentru V_7 , V_8 și V_9 , CCI-ul măsurat a variat între 32,31 CCI și 39,45 CCI, fiind considerate nesemnificative între aceste variante. Cele mai mici valori ale CCI au fost măsurate pentru varianta V_1 ($MgSO_4$), cu valori de 14,99 CCI, V_3 (K_2SO_4), cu valori de 16,99, V_5 (KH_2PO_4) cu valori de 18,06, V_6 (KCl), cu valori de 17,96 CCI și V_{11} (varianta martor) cu 19,41 CCI, între care nu au fost constatate diferențe semnificative.

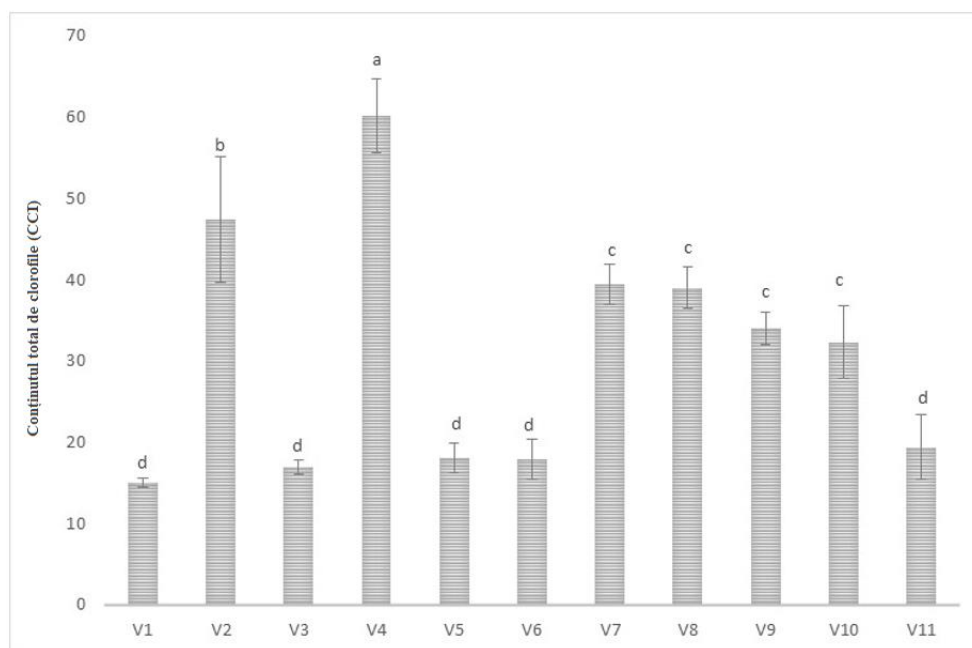


Figura 6.13 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra conținutului total de clorofile/ The influence of differentiated mineral fertilization on the total chlorophyll content (V_1 – $MgSO_4$, V_2 – KNO_3 , V_3 – K_2SO_4 , V_4 – $Ca(NO_3)_2$, V_5 – KH_2PO_4 , V_6 – KCl , V_7 – $MgSO_4 + KNO_3 + KH_2PO_4$, V_8 – $K_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 + KCl$, V_9 – $MgSO_4 + KNO_3 + KH_2PO_4 + K_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 + KCl$, V_{10} – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V_1 - V_6 , V_{11} – martor). Literele diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

În Fig. 6.13 se regăsesc valorile cu privire la influența fertilizării minerale asupra conținutului total de clorofile.

Din analiza realizată, rezultă că sinteza clorofilei este dependentă de nutriția minerală a plantei. Astfel, pentru variantele care au fost fertilizate cu un singur macroelement, ce a avut în compoziție azotatul (KNO_3 sau $Ca(NO_3)_2$) au fost obținute cele mai mari valori ale CCI. Este cunoscut faptul că azotul favorizează cel mai mult dezvoltarea cloroplastelor. De asemenea, azotatul și în procesele de creștere și dezvoltare, precum creșterea suprafeței frunzelor, biosinteza proteinelor, a clorofilei, chiar și în procesul de fotosinteză în mod indirect.

6.3. Influența tratamentelor utilizate asupra indicatorilor biochimici

6.3.1. Influența fertilizării minerale asupra substanței uscate solubile

În ceea ce privește substanța uscată solubilă, s-a constatat că aceasta poate prezenta variații în funcție de tratamentul aplicat. Astfel, cea mai mare valoare a vâscozității pentru substanța uscată solubilă la tomate a fost obținută în cazul fructelor recoltate de la varianta V₇ (MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄), respectiv 7,3 °Bx. Valori apropiate, fără a fi considerate diferențe semnificative, au fost înregistrate pentru variantele V₂ (KNO₃), cu 7,23 °Bx, și V₈ (K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl), cu 7,2 °Bx. Cele mai mici valori au fost înregistrate la varianta V₁ (MgSO₄), cu 5,1 °Bx.

În Fig. 6.14 se regăsește graficul cu privire la influența fertilizării minerale diferențiate asupra substanței uscate solubile.

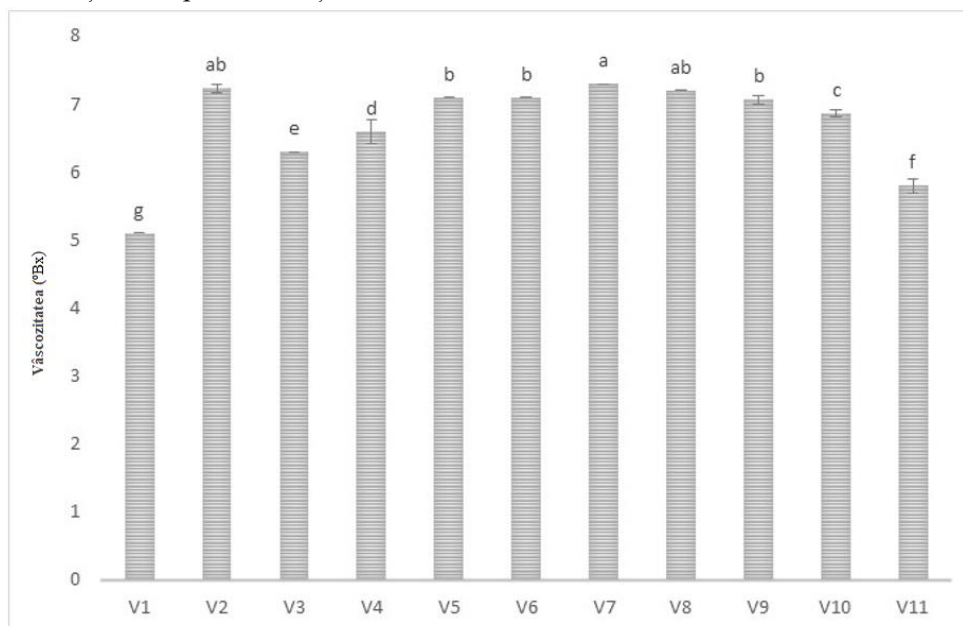


Fig. 6.14 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra substanței uscate solubile/ The influence of differentiated mineral fertilization on viscosity (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄, V₈ – K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₉ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₁₀ – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆, V₁₁ – martor). Literale diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

6.3.2. Influența fertilizării minerale asupra fermității fructelor

În Fig. 6.15 se regăsesc datele cu privire la influența fertilizării minerale diferențiate asupra fermității fructelor.

Fermitatea fructelor de tomate este dată de caracteristicile texturale, structurale, precum și de compoziția chimică, și poate fi un indicator pentru a stabili momentul pentru recoltare, moduri de ambalare și transport.

Între variante nu au fost semnalate diferențe semnificative, cele mai mari valori fiind măsurate pentru variantele V₂ (KNO₃) și V₉ (- MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl), cu valori cuprinse între 3 și 4 kg/cm².

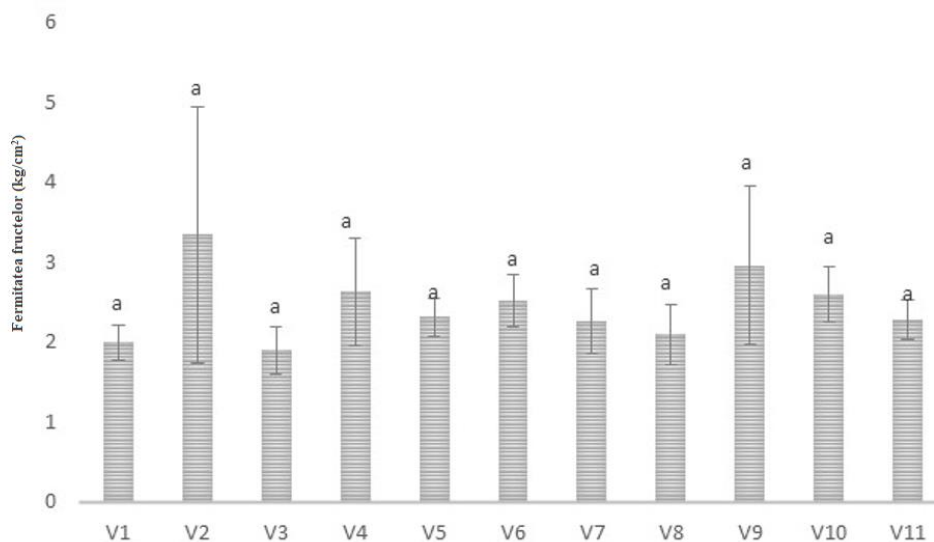


Fig. 6.15 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra fermității fructelor/ The influence of differentiated mineral fertilization on fruit firmness (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄, V₈ – K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₉ – MgSO₄+KNO₃+ 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 ($p \leq 0,5$).

6.3.3. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de apă

În cazul conținutului de apă măsurat în fructele de tomate, valorile cele mai mari au fost înregistrate pentru varianta V₉ (MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl), cu un procent de 93,62%, urmată de varianta V₂ (KNO₃), cu 93,58% și varianta V₅ (KH₂PO₄) cu 93,51%. Cele mai mici valori au fost înregistrate în cazul variantei V₃ (K₂SO₄), cu 92,33%. Pentru variantele V₉ (MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl), V₂ (KNO₃), V₅(KH₂PO₄), V₇(MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄), V₁₀ (tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆) și V₄ (Ca(NO₃)₂) conținutul de apă a fost semnificativ mai mare față de varianta V₁₁ (varianta martor). Față de varianta martor, diferențele nu au fost semnificative pentru variantele V₁ (MgSO₄), V₃ (K₂SO₄), V₆ (KCl) și V₈ (K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl) (Fig. 6.16)

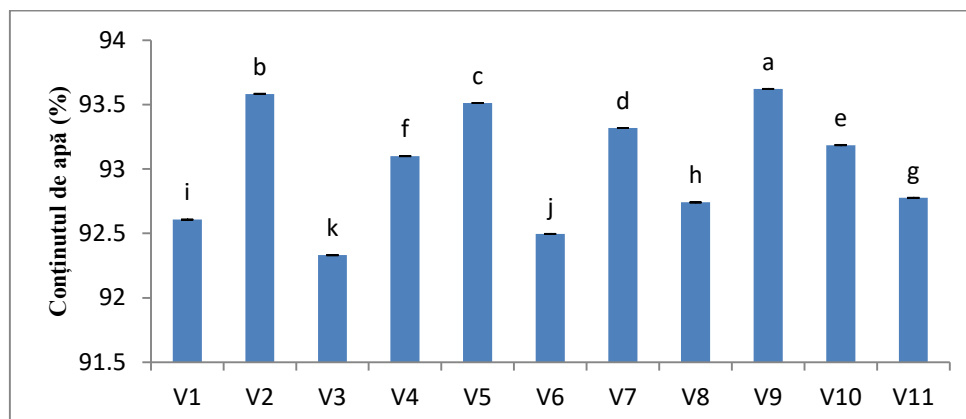


Fig. 6.16 - Conținutul de apă la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare/ Humidity content of tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄, V₈ – K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₉ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₁₀ – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆, V₁₁ – martor). Literale diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

6.3.4. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de proteine

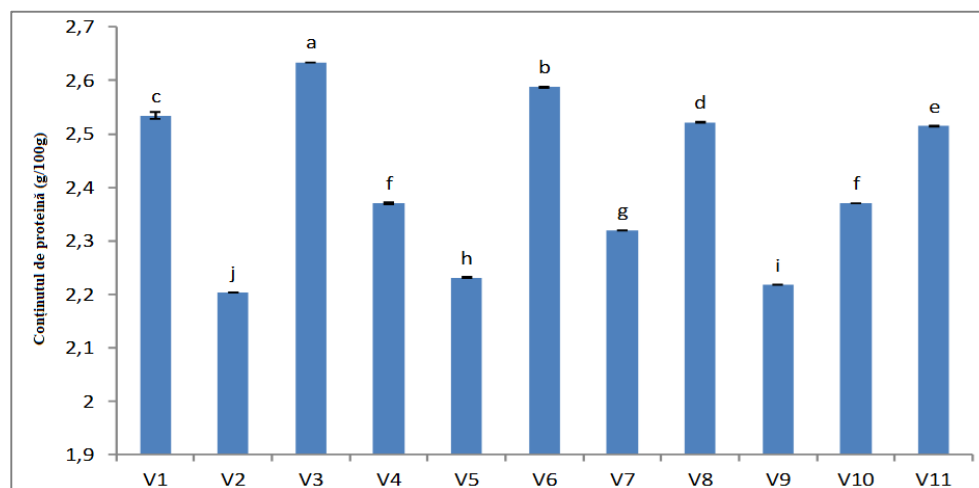


Fig. 6.17. Variația conținutului de proteine la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare/ Variation of protein content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilization factors (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+ 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). Literale diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

La determinarea conținutului de proteine pentru cultivarul Brilliant F1, din punct de vedere al fertilizării diferențiate, s-a constatat că variațiile au fost cuprinse între 2,63 g/100 g substanță proaspătă în cazul variantei V₃ (K₂SO₄) și 2,2 g/100 g substanță proaspătă, în cazul variantei V₂ (KNO₃). Diferențe semnificative au fost

semnalate între toate variantele experimentale, excepție fiind la variantele V_4 ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) și V_{10} (fertilizare ciclică cu macroelementele de la V_1 - V_6) (fig. 6.17).

6.3.5. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de fibre

La determinarea conținutului de fibre, varianta de fertilizare a avut un impact semnificativ, variațiile fiind cuprinse între 1,06 g/100 g substanță proaspătă (SP) pentru varianta V_3 (K_2SO_4), la fel ca în cazul conținutului de proteine, și 0,84 g/100g substanță proaspătă pentru varianta V_9 ($\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$). Diferențe semnificative au fost înregistrate pentru toate variantele experimentale, cu excepție în cazul variantelor V_2 (KNO_3) și V_5 (KH_2PO_4), între care nu au fost diferențe care să fie considerate semnificative (fig. 6.18).

În cazul conținutului de fibre dietetice, valorile cele mai mari au fost înregistrate în cazul variantei V_3 (K_2SO_4) și V_6 (KCl), cu 0,65 g/100g SP, iar cele mai mici valori su fost înregistrate la varianta V_2 (KNO_3), cu 0,54 g/100g substanță proaspătă (Fig.6.19).

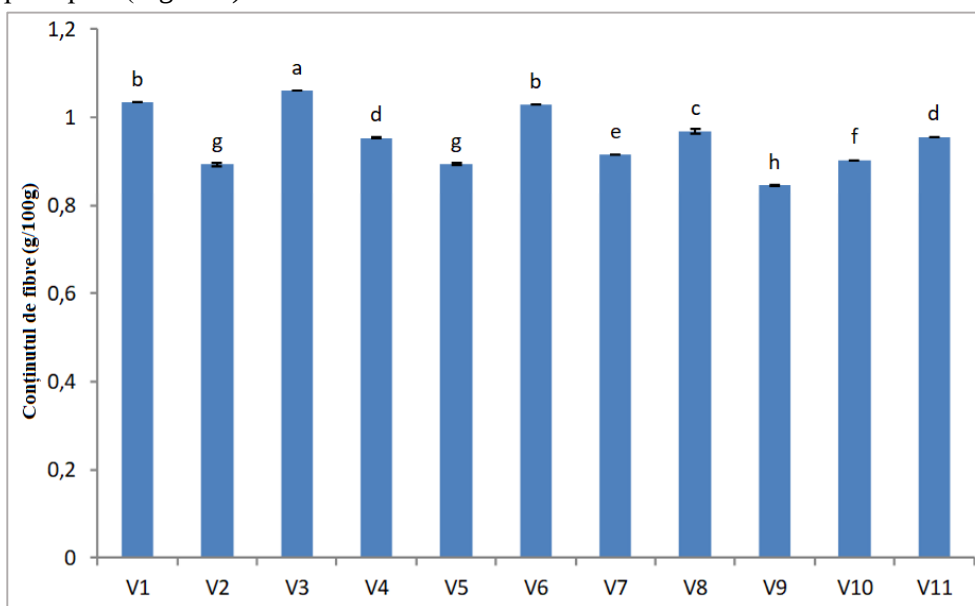


Fig. 6.18 Variația conținutul de fibre la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare
Variation of fiber content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors (V_1 – MgSO_4 , V_2 – KNO_3 , V_3 – K_2SO_4 , V_4 – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, V_5 – KH_2PO_4 , V_6 – KCl , V_7 – $\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4$, V_8 – $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$, V_9 – $\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$, V_{10} – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V_1 - V_6 , V_{11} – martor). Literale diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).



Fig. 6.19 Variația conținutului de fibre dietetice la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare/ Variation of dietary fiber content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors (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 ($p \leq 0,5$).

6.3.6. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de extract neazotat

La determinarea conținutului de extract neazotat, valorile cele mai mari au fost înregistrate la varianta V₃ (K₂SO₄), cu 3,21 g/100g substanță proaspătă, varianta V₆ (KCl), cu 3,09 g/100g substanță proaspătă, varianta V₁ (MgSO₄) cu 3,05g/100g substanță proaspătă și V₈ (K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl) cu 2,93 g/100g SP, fiind considerate ca diferențe semnificative comparativ cu V₁₁ (varianta martor). Pentru variantele V₂ (KNO₃), V₄ (Ca(NO₃)₂), V₅ (KH₂PO₄), V₇ (MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄), V₉ (MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl) și V₁₀ (tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆), valorile pentru conținutul de extract neazotat a fost semnificativ mai mici față de valorile înregistrate la varianta martor (Fig. 6.20).

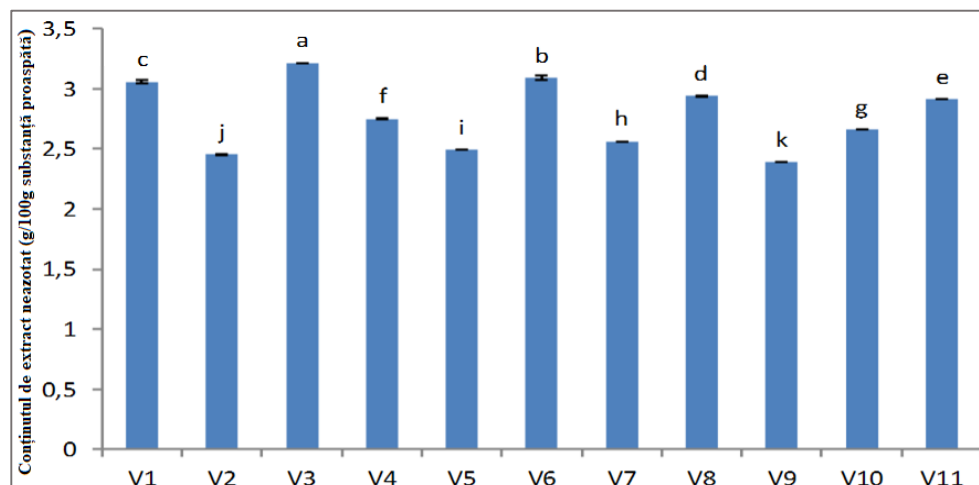


Fig. 6.20 Variația conținutul de extract neazotat la tomate cv Brilliant F1 sub influența factorilor de fertilizare/ Variation of nitrate extract content in Brilliant F1 cv tomatoes under the influence of fertilization factors (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, 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 ($p \leq 0,5$).

6.3.7. Influența fertilizării minerale asupra valorii energetice a fructelor de tomate

În cazul valorii energetice a fructelor de tomate din cultivarul Brilliant F1, valorile determinate au variat între 21,71 Kcal/100g, pentru varianta V₉ (MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl), și 27,12 Kcal/100g, pentru varianta V₃ (K₂SO₄), între toate variantele fiind semnalate diferențe semnificative. Pentru variantele V₃ (K₂SO₄), V₆ (KCl), V₁ (MgSO₄) și V₈ (K₂SO₄+Ca(NO₃)₂+ KCl), valorile energetice ale fructelor au prezentat diferențe foarte mari comparativ cu varianta V₁₁ (varianta martor), pe când la variantele V₂ (KNO₃), V₄ (Ca(NO₃)₂), V₅ (KH₂PO₄), V₇ (MgSO₄+KNO₃+KH₂PO₄), V₉ (MgSO₄+KNO₃+KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl) și V₁₀ (tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆) valorile înregistrate au fost semnificativ mai mici față de varianta martor (Fig. 6.21).

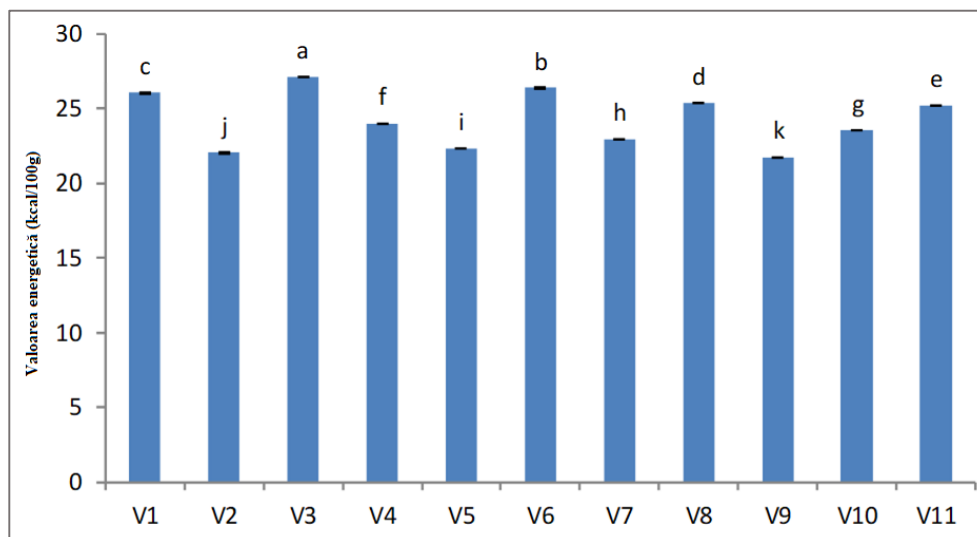


Fig. 6.21 Influența factorilor de fertilizare asupra valorii energetice a fructelor de tomate cv Brilliant F1/ The influence of fertilization factors on the energy value of Brilliant F1 cv tomato fruits (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+KH₂PO₄, 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 ($p \leq 0,5$).

6.4. Conținutul de compuși minerali din tomate

6.4.1. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de fier

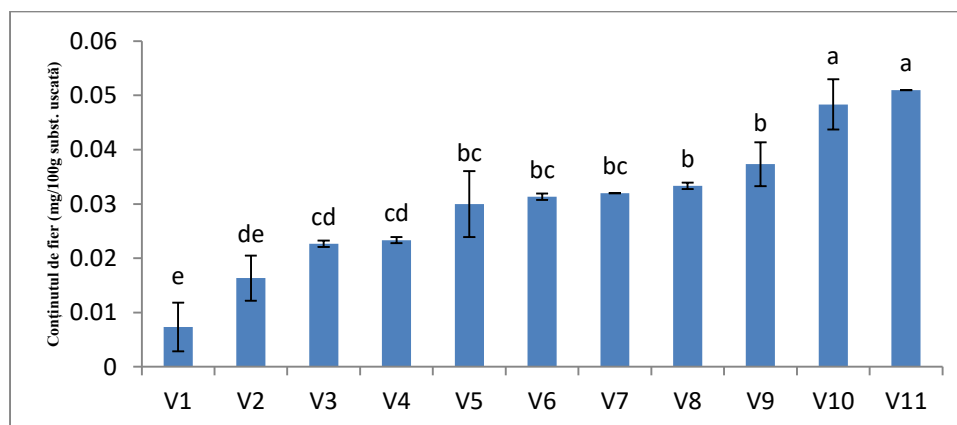


Fig. 6.22 Conținutul de fier la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare fertilizare/ Iron content in tomatoes cv Brilliant F1 under the influence of fertilization factors fertilization (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+KH₂PO₄, 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 ($p \leq 0,5$).

Pentru conținutul de fier, cele mai mari valori au fost înregistrate la varianta V_{11} (varianta martor) și varianta V_{10} (tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V_1 - V_6), cu valori de 0,05 mg/100g substanță uscată. Pentru celelalte variante experimentale au fost înregistrate cantități mult mai mici, cu diferențe nesemnificative între ele, cea mai mică valoare fiind de 0,01 mg/100g substanță uscată la varianta V_1 (MgSO_4) (Fig. 6.22).

6.4.2. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de calciu

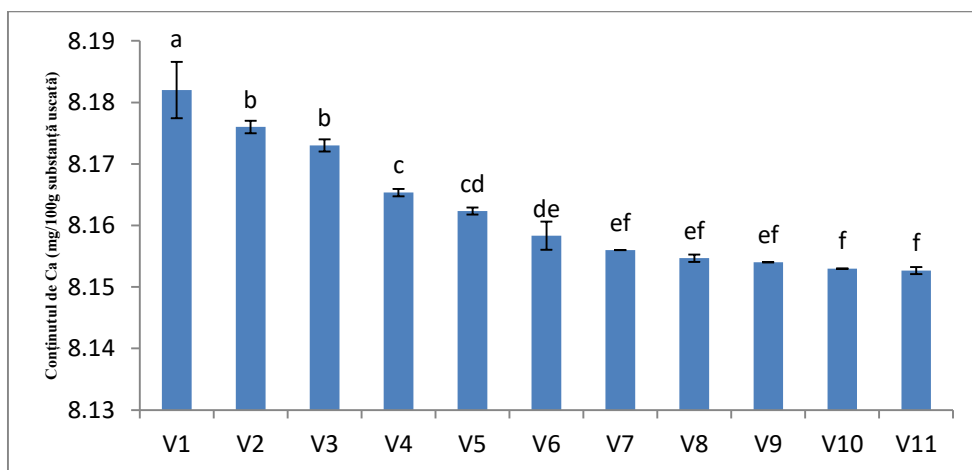


Fig. 6.23 Conținutul de calciu la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare / Calcium content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of factors (V_1 – MgSO_4 , V_2 – KNO_3 , V_3 – K_2SO_4 , V_4 – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, V_5 – KH_2PO_4 , V_6 – KCl , V_7 – $\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4$, V_8 – $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$, V_9 – $\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$, V_{10} – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V_1 - V_6 , V_{11} – martor). Literale diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

La conținutul de calciu, valorile au fost cuprinse între 8,18 mg/100g substanță uscată, pentru varianta V_1 (MgSO_4), și 8,15 mg/100g substanță uscată, la varianta V_{11} (varianta martor), V_{10} (tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V_1 - V_6), V_9 ($\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$), V_8 ($\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$) și V_7 ($\text{MgSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4$) (Fig. 6.23).

6.4.3. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de magneziu

Pentru conținutul de magneziu, valorile maxime au fost obținute pentru varianta martor (V_{11}), dar și pentru varianta V_{10} (tratament ciclic zilnic cu macroelementele V_1 - V_6), respectiv 2,95 mg/100g substanță uscată, care au fost semnificativ mai mari față de celelalte variante experimentale. Valoarea cea mai mică a fost înregistrată pentru varianta de fertilizare V_1 (MgSO_4), cu 2,91 mg/100g

substanță uscată. Variații nesemnificative au fost înregistrate între V_2 (KNO_3), V_3 (K_2SO_4) și V_4 ($Ca(NO_3)_2$), apoi între V_6 (KCl), V_7 ($MgSO_4 + KNO_3 + KH_2PO_4$) și V_8 ($K_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 + KCl$) (Fig. 6.24).

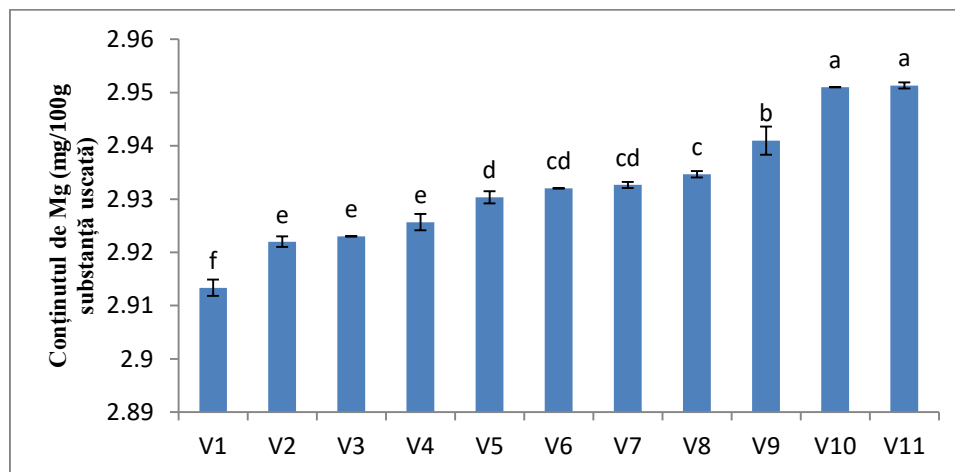


Fig. 6.24 Conținutul de magneziu la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare/ Magnesium content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors (V_1 – $MgSO_4$, V_2 – KNO_3 , V_3 – K_2SO_4 , V_4 – $Ca(NO_3)_2$, V_5 – KH_2PO_4 , V_6 – KCl, V_7 – $MgSO_4 + KNO_3 + KH_2PO_4$, V_8 – $K_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 + KCl$, V_9 – $MgSO_4 + KNO_3 + KH_2PO_4 + K_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 + KCl$, V_{10} – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V_1 - V_6 , V_{11} – martor). Literale diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

6.4.4. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de zinc

În cazul conținutului de zinc, au fost semnalate diferențe semnificative între variantele V_1 - V_4 și variantele V_6 - V_{11} (Fig. 6.25).

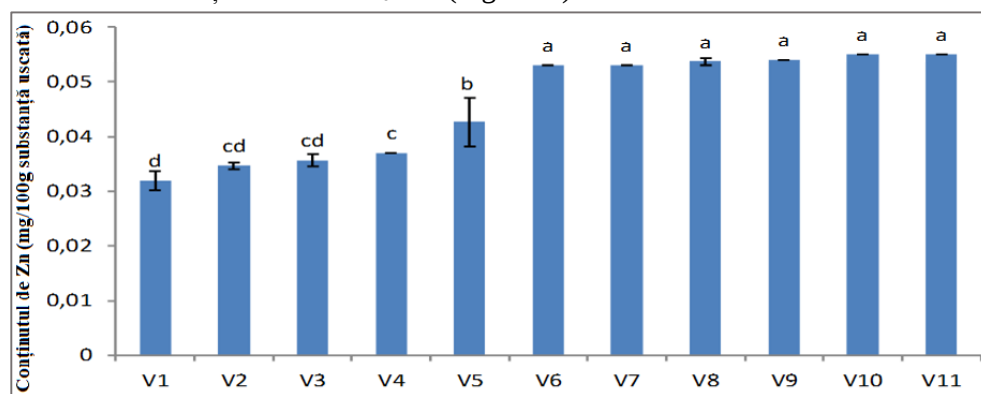


Fig. 6.25 Conținutul de zinc la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare/ Zinc content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors (V_1 – $MgSO_4$, V_2 – KNO_3 , V_3 – K_2SO_4 , V_4 – $Ca(NO_3)_2$, V_5 – KH_2PO_4 , V_6 – KCl, V_7 – $MgSO_4 + KNO_3 + KH_2PO_4$, V_8 – $K_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 + KCl$, V_9 – $MgSO_4 + KNO_3 + KH_2PO_4 + K_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 + KCl$, V_{10} – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V_1 - V_6 , V_{11} – martor). Literale diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

6.4.5. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de potasiu

Pentru conținutul de potasiu, valorile maxime au fost înregistrate pentru variantele V_4 - V_{11} , între care nu au fost semnalate diferențe semnificative, față de variantele V_1 și V_2 , unde au fost obținute valorile cele mai mici, cu diferențe semnificative față de variantele experimentale V_4 - V_{11} (Fig. 6.26).

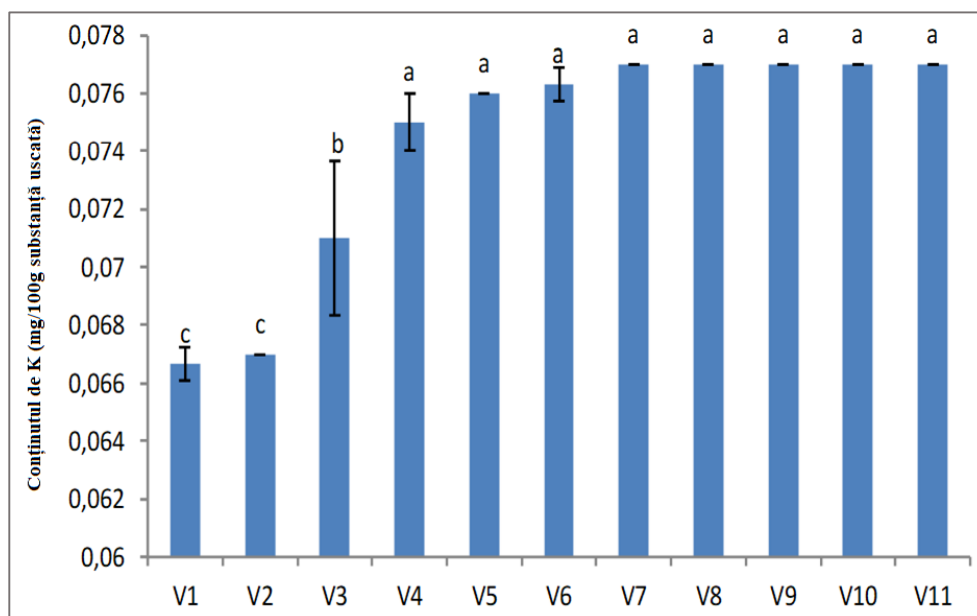


Fig. 6.26 Conținutul de potasiu la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare/ Potassium content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors (V_1 – $MgSO_4$, V_2 – KNO_3 , V_3 – K_2SO_4 , V_4 – $Ca(NO_3)_2$, V_5 – KH_2PO_4 , V_6 – KCl , V_7 – $MgSO_4 + KNO_3 + KH_2PO_4$, V_8 – $K_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 + KCl$, V_9 – $MgSO_4 + KNO_3 + KH_2PO_4 + K_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 + KCl$, V_{10} – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V_1 - V_6 , V_{11} – martor). Literele diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

6.4.6. Influența fertilizării minerale asupra conținutului de sodiu

La determinarea conținutului de sodiu, valori maxime au fost obținute la varianta experimentală V_1 ($MgSO_4$) și V_4 (KNO_3), dar și V_3 (K_2SO_4), cu diferențe nesemnificative între ele, dar cu diferențe semnificative față de varianta V_{11} (varianta martor), unde au fost obținute cele mai mici valori (Fig. 6.27).

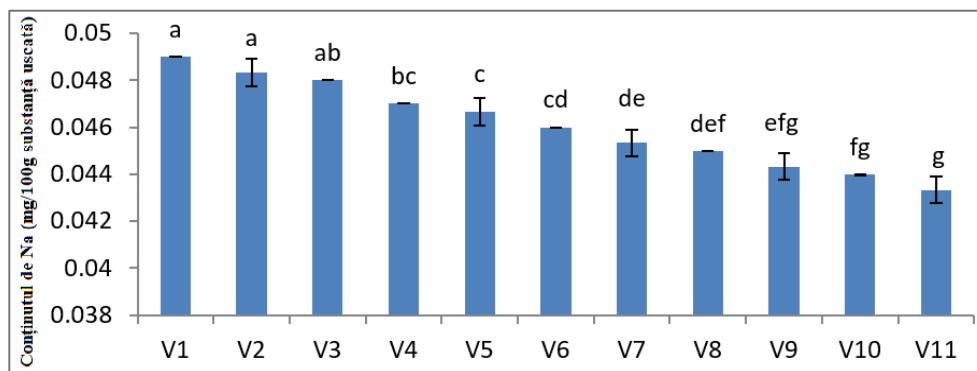


Figura 6.27 Conținutul de sodiu la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare/ Sodium content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors (V₁ – MgSO₄, V₂ – KNO₃, V₃ – K₂SO₄, V₄ – Ca(NO₃)₂, V₅ – KH₂PO₄, V₆ – KCl, V₇ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄, V₈ – K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₉ – MgSO₄+KNO₃+ KH₂PO₄+ K₂SO₄+ Ca(NO₃)₂+ KCl, V₁₀ – tratament ciclic zilnic pentru fiecare macroelement de la V₁-V₆, V₁₁ – martor). Literale diferite înseamnă diferențe semnificative între variante conform testului Tukey ($p \leq 0,5$).

6.5. Analiza semnalului electric

Semnalele electrice primite de la plante sunt analizate cu ajutorul unui sistem de calcul, format dintr-un computer și un soft specializat, ce se bazează pe principiul că fiecare tip de nutrient, în funcție de factorii de mediu și de ciclul ontogenetic al plantelor, are o amprentă electrică specifică.

Acestea prezintă valori unice pentru fiecare tip de tratament (V₁-V₁₁), care se diferențiază prin valori numerice și forme diferite.

Aceste valori și forme ale curentului electric sunt unice pentru fiecare fenofază a plantei, dar și pentru fiecare categorie de nutrient consumat. La plantele de tomate, se disting 3 tipuri de semnale electrice care se pot clasifica astfel:

- Semnale complet distincte, în care:
 - valoarea semnalului scade de la o fenofază la alta - V₁ (Fig. 6.28a) și V₃(Fig. 6.28c);

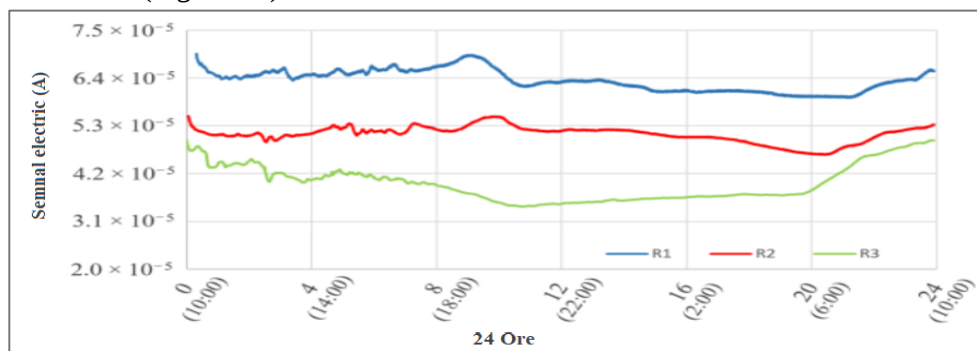


Fig. 6.28a Variația semnalului electric de la o fenofază la alta/ Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V₁

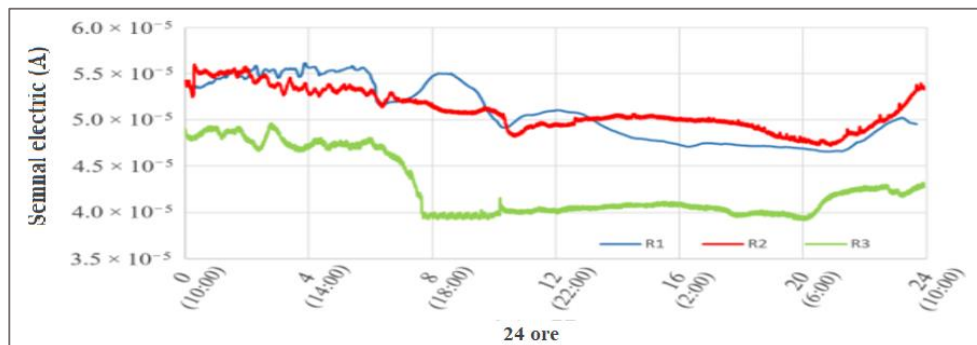


Fig. 6.28c Variația semnalului electric de la o fenofază la alta/ Variation of the electrical signal from one phenophase to another - V_3

- valoarea semnalului crește de la o fenofază la alta - V_2 (Fig. 6.28b), V_6 (Fig. 6.28f), V_7 (Fig. 6.28g) și V_8 (Fig. 6.28h);

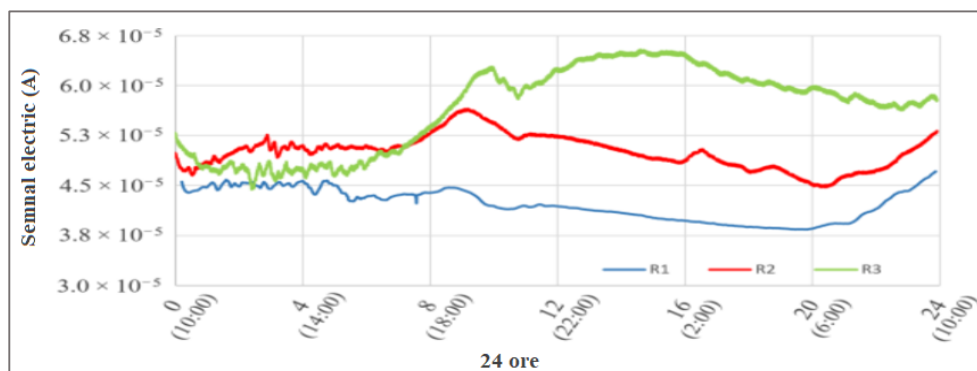


Fig. 6.28b Variația semnalului electric de la o fenofază la alta/ Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V_2

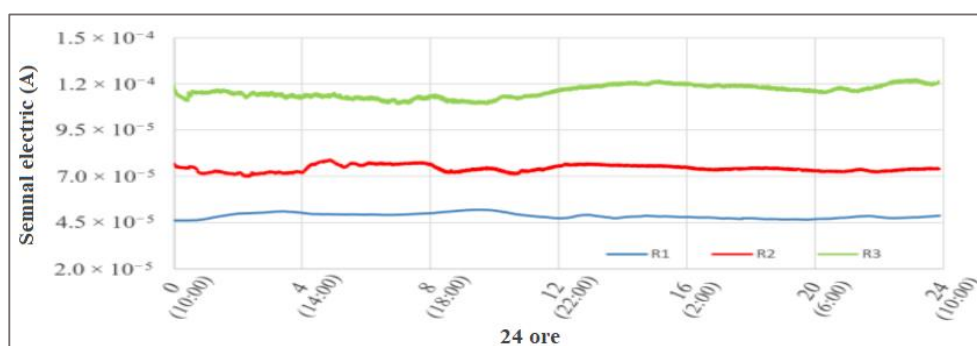


Fig. 6.28f Variația semnalului electric de la o fenofază la alta/ Variation of the electrical signal from one phenophase to another - V_6

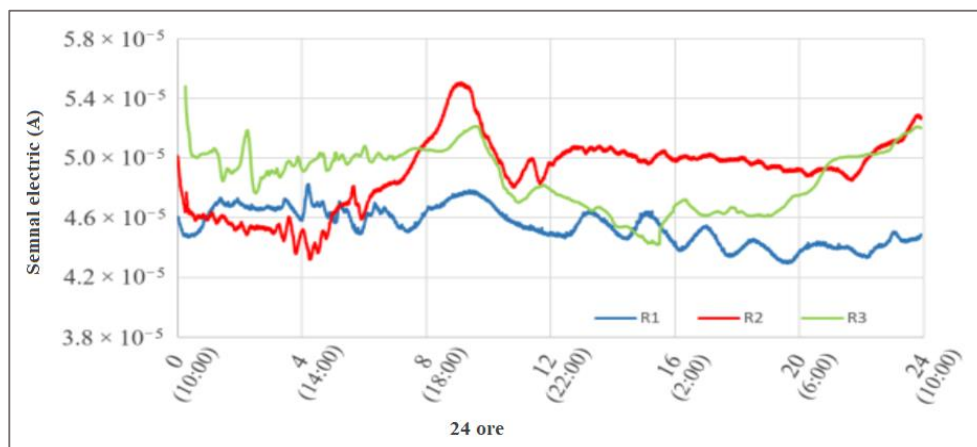


Fig. 6.28g Variația semnalului electric de la o fenofază la alta/ Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V₇

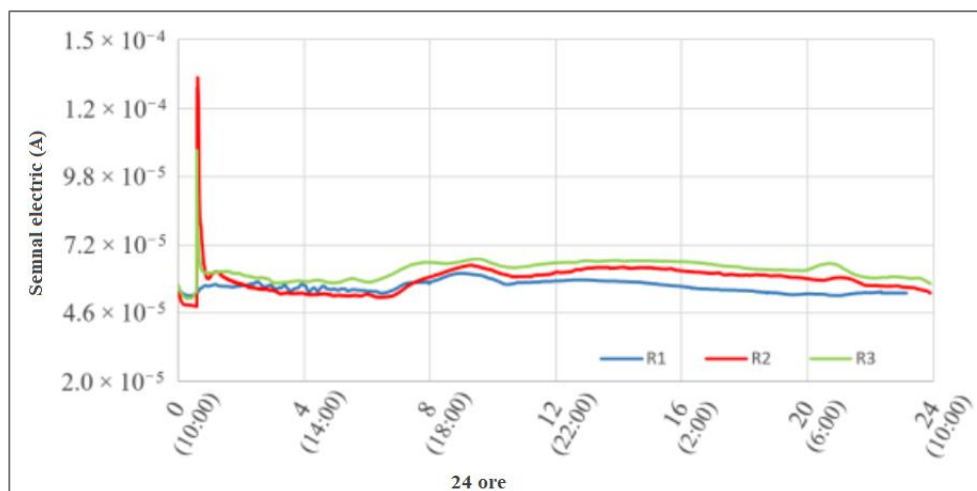


Fig. 6.28h Variația semnalului electric de la o fenofază la alta/ Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V₈

- valoarea semnalului scade apoi crește de la o fenofază la alta (V₄)(Fig. 6.28d)

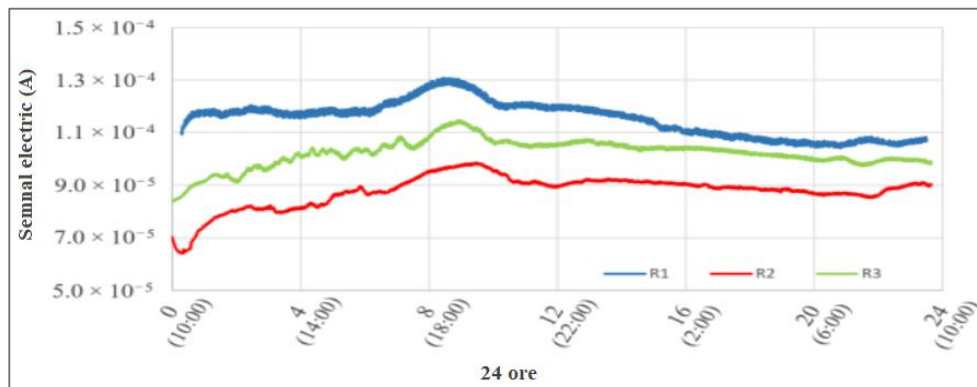


Fig. 6.28d Variația semnalului electric de la o fenofază la alta/ Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V_4

- valoarea semnalului crește apoi scade de la o fenofază la alta - V_5 (Fig. 6.28e), V_9 (Fig. 6.28i) și V_{10} (Fig. 6.28j).

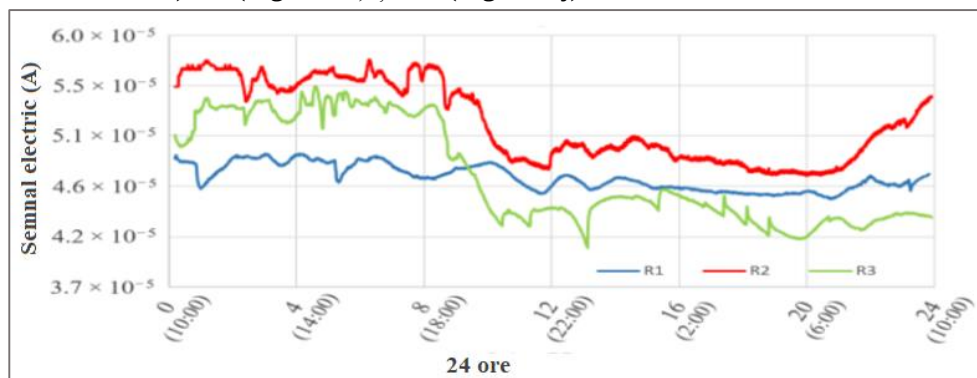


Fig. 6.28e Variația semnalului electric de la o fenofază la alta/ Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V_5

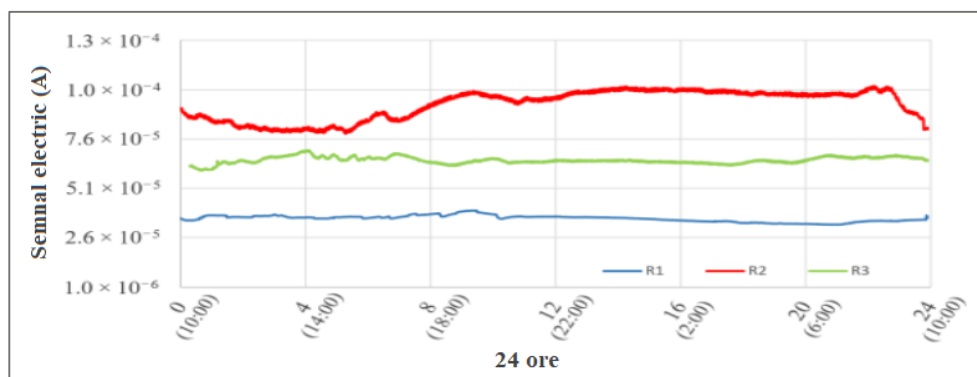


Fig. 6.28i Variația semnalului electric de la o fenofază la alta/ Variation of the electrical signal from one phenophase to another - V_9

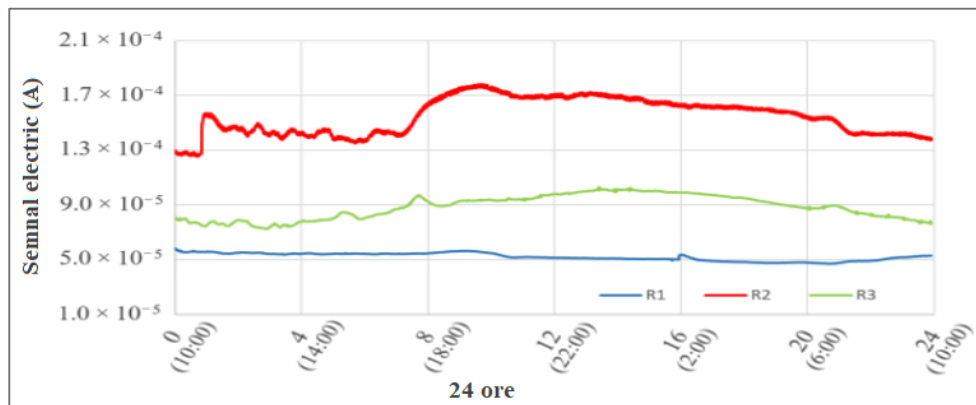


Fig. 6.28j Variația semnalului electric de la o fenofază la alta/ Variation of the electrical signal from one phenophase to another - V_{10}

- Semnale suprapuse - V_{11} (Fig. 6.28k), în care semnalele electrice pentru diferite fenofaze se intersectează între ele;

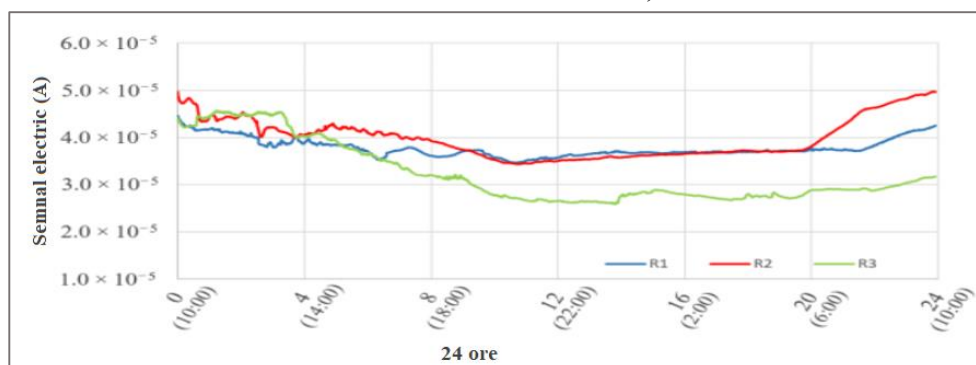


Fig. 6.28k Variația semnalului electric de la o fenofază la alta/ Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V_{11}

Răspunsul sistemului de control după analiza datelor de intrare (input) constă în comenzile de control ale sistemului de fertilizare (datele de ieșire, respectiv output), precum și cele de reglare a factorilor de mediu (umiditate, temperatură, lumină și schimb de gaze). Aplicarea rețetelor nutritive se face după ce s-au determinat carențele nutriționale ale plantei.

6.6. Corelarea rezultatelor cu procesul de fotosinteză

Pentru a putea asocia amprenta electrică (intensitatea curentului electric) cu ritmul circadian al proceselor biochimice și fiziologice ale plantelor, precum și variațiile acestora în funcție de consumul de nutrienți, s-au realizat măsurători asupra parametrilor specifici procesului de fotosinteză (rata de fotosinteză, rata de evapotranspirație, conținutul de dioxid de carbon, cantitatea de lumină, temperatura

frunzei, presiunea aerului) pe întreaga durată a zilei, utilizând sistemul LCPro+ produs de ADC BioSCcientific Ltd.

Măsurătorile s-au realizat cu scopul de a înțelege forma semnalului electric înregistrat înainte de finalul zilei (Fig. 6.29). Astfel, s-au realizat determinări asupra ratei de fotosinteză, ratei de evapotranspirație, asupra conținutului de dioxid de carbon, presiunii aerului, cantității de lumină și a temperaturii frunzelor. Variațiile obținute au fost analizate, raportate la factorul timp și s-au corelat cu rezultatele semnalului electric.

În momentul în care intensitatea luminoasă prezintă scădere, în perioada crepusculară, procesul de fotosinteză își reduce intensitatea, fiind dominat de procesele de respirație (Fig. 6.30), crescând astfel și cantitatea de dioxid de carbon eliberată de plantă în aer. Această valoare a dioxidului de carbon, măsurată pentru varianta V₇, prezintă un maxim în jurul orei 19:00 (Fig. 6.31), curbă asemănătoare și pentru celelalte variante.

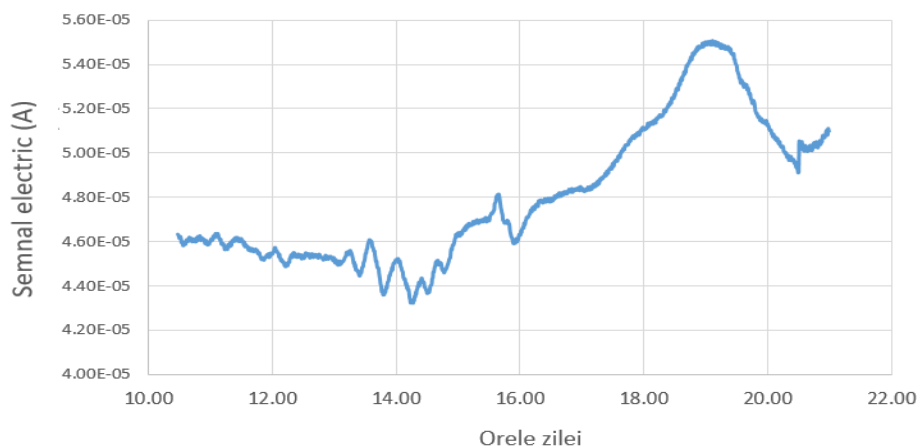


Fig. 6.29. Semnalul electric înregistrat pentru V₇ (mixt de MgSO₄ - KNO₃ - KH₂PO₄) între 10.00-21.00 care prezintă un maxim la ora 19.00/ The electrical signal recorded for V₇ (mixed MgSO₄ - KNO₃ - KH₂PO₄) between 10.00-21.00 showing a maximum at 19.00

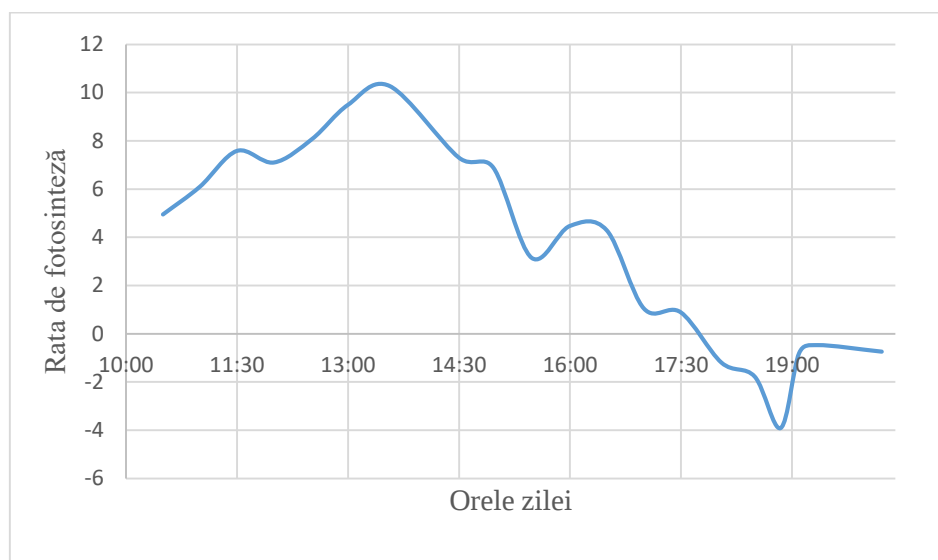


Figura 6.30. Rata de fotosinteză înregistrată pentru V₇ (mixt de MgSO₄ - KNO₃ - KH₂PO₄) care prezintă un minim la ora 19.00 (a), măsurată cu sistemul LCPro+ (b)/ The rate of photosynthesis recorded for V₇ (mixed MgSO₄ - KNO₃ - KH₂PO₄) showing a minimum at 19.00 (a), measured with the LCPro + system (b)

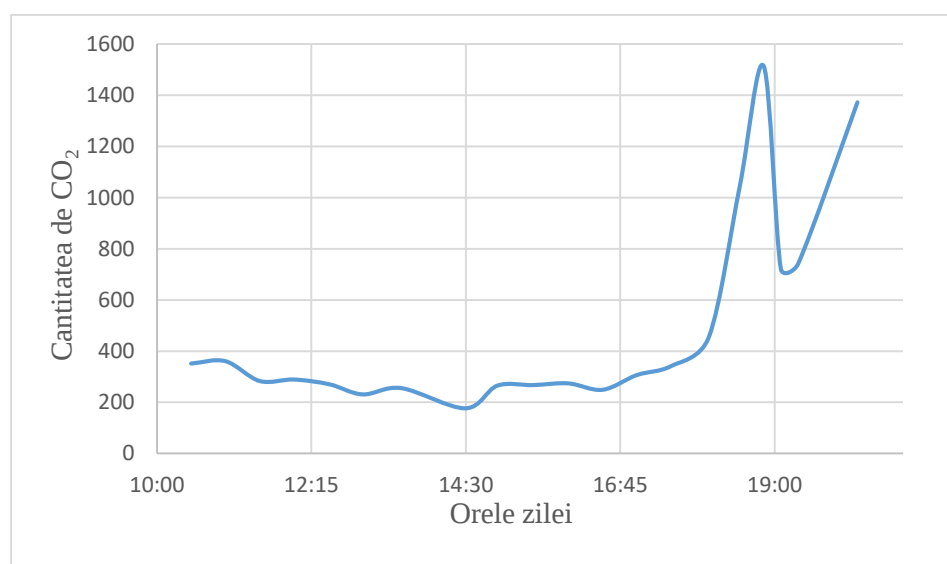


Figura 6.31. Cantitatea de CO₂ înregistrată pentru V₇ /The amount of CO₂ recorded for V₇ (mixt de MgSO₄ - KNO₃ - KH₂PO₄)

În cazul ratei fotosintetice, maximul obținut la valorile curentului electric, la sfârșitul zilei, este datorat creșterii cantității de dioxid de carbon (de aproximativ 5

ori), fenomen explicat prin scăderea ratei de fotosinteză în directă proporționalitate cu intensitatea fluxului de lumină.

6.7 Corelarea rezultatelor cu schimbul de gaze

Pentru a putea asocia intensitatea electrică a fiecărui element major sau mix de elemente nutritive cu procesele fiziologice ale plantei sau cu ritmul circadian, s-au realizat măsurători asupra parametrilor fotosintetici (rata de fotosinteză și CO_2 substomatal).

Aceste măsurători au fost realizate pentru a înțelege variația curentului electric pe timpul zilei. Astfel, atunci când intensitatea radiației luminoase, la sfârșitul zilei, a scăzut în intensitate, și procesele de fotosinteză au scăzut, în timp ce procesele de respirație s-au intensificat, având ca rezultat creșterea conținutului de dioxid de carbon eliberat (Fig. 6.32c). Pentru exemplificare, conținutul de dioxid de carbon determinat pentru varianta V_7 , afirmație aplicabilă și pentru restul variantelor experimentale, a prezentat un maximum înregistrat în jurul orei 19:00.

Valorile măsurate pentru parametrii de fotosinteză au prezentat un vârf al curentului electric la finalul zilei (Fig. 6.32a), care poate fi atribuit creșterii cantității de dioxid de carbon eliminat (Fig. 6.32c) și descreșterii ratei de fotosinteză (Fig. 6.32b).

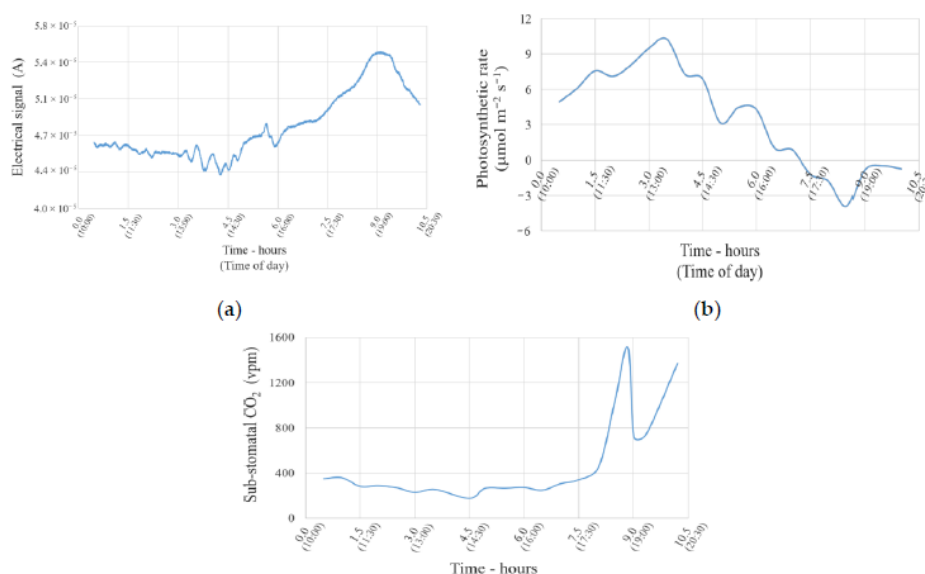


Fig. 6.32 Semnalul electric (a), rata fotosintezei (b), cantitatea de CO_2 înregistrată pentru V_7 /
Electrical signal (a), rate of photosynthesis (b), amount of CO_2 recorded for V_7

CAPITOLUL 7. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Rezultatele obținute în cadrul cercetărilor efectuate scot în evidență următoarele concluzii:

- a) Din punct de vedere morfologic
 - Cele mai mari valori ale înălțimii plantelor au fost măsurate la variantele V₇, V₈ și V₉, cu diferențe semnificative față de varianta martor;
 - Cea mai mare suprafață foliară s-a măsurat la varianta V₂, prezentând o diferență semnificativ mai mare, atât față de varianta martor, cât și față de variantele V₁, V₃, V₅ și V₆;
 - În ceea ce privește numărul de fructe, variații semnificative au fost semnalate la varianta V₂, V₄ și V₇ față de varianta martor;
 - Pentru masa fructelor, cele mai mari valori au fost obținute la varianta V₃, cele mai mici fiind înregistrate la varianta V₇;
 - În cazul indicelui de formă, cele mai mari valori ale înălțimii și diametrului fructelor de tomate s-au obținut pentru varianta V₁, cele mai mici fiind înregistrate în cazul variantei V₇;
 - Producția totală a fost estimată cu un maxim în cazul variantei V₂ și un minim în cazul variantei V₆.
- b) Din punct de vedere fiziologic
 - Activitatea fotosintetică măsurată la o oră înainte de aplicarea tratamentului a prezentat cele mai mari valori în cazul variantei experimentale V₈, cele mai mici fiind înregistrate pentru varianta V₃. La două ore după aplicarea tratamentelor, au apărut variații semnificative, cele mai mari fiind înregistrate în cadrul variantei V₁₀;
 - Pentru rata de evapotranspirație, varianta V₁₁ a avut diferență semnificativă față de celelalte variante experimentale. Între variantele experimentale au fost sesizate apariția unor variații semnificative la două ore după aplicarea soluțiilor nutritive;
 - De asemenea, pentru radiația fotosintetică activă, au fost sesizate diferențe semnificative între variantele experimentale, atât la o oră după aplicarea soluțiilor nutritive, cât și la două ore după aplicarea lor;
 - Pentru conductanța stomatală au fost sesizate scăderi în valorile măsurate pentru variantele experimentale, cu variații semnificative la o oră și la două ore după aplicarea soluțiilor nutritive;

- Același fenomen a fost constatat și pentru concentrația de CO₂ substomatal, cele mai mari diferențe fiind sesizate pentru varianta V₂;
- Pentru conținutul de clorofile, cele mai mari valori au fost determinate pentru varianta V₃, cele mai mici fiind măsurate la V₃ și V₅; sinteza clorofilei este dependentă de nutriția minerală a plantelor, astfel că plantele fertilizate cu azotați au avut cele mai mari valori ale CCI.
- c) Concluzii cu privire la particularitățile biochimice:
 - Pentru substanța uscată solubilă, cele mai mari valori au fost înregistrate pentru varianta V₇, cu o diferență semnificativă față de varianta V₁, unde s-a înregistrat cea mai mică valoare;
 - În cazul fermității fructelor de tomate, nu s-au constatat diferențe semnificative între variantele experimentale;
 - Pentru conținutul de apă al fructelor de tomate, cele mai mari valori au fost obținute la variantele V₉, V₂, V₁₀ și V₄, cu o diferență semnificativă față de varianta martor, iar cele mai mici valori au fost obținute pentru V₁, V₃, V₆ și V₈, cu valori semnificativ mai mici față de valorile variantei V₁₁;
 - În cazul conținutului de proteine, diferențe semnificative au fost semnalate între toate variantele experimentale, cele mai mari valori fiind determinate pentru varianta V₃, cele mai mici pentru varianta V₂;
 - La fel și pentru conținutul de fibre, au fost constatate diferențe semnificative între toate variantele experimentale, cu valorile maxime pentru varianta V₂, și minime pentru varianta V₉, aceleași constatări aplicându-se și la determinarea valorii energetice;
 - Pentru conținutul de extract neazotat, față de varianta martor s-au obținut diferențe semnificativ mai mari pentru V₃, V₆, V₁ și V₈, iar diferențe semnificativ mai mici au fost obținute pentru variantele V₂, V₄, V₅, V₇, V₉ și V₁₀;
 - Pentru conținutul de fier, au fost semnalate diferențe semnificative între variantele experimentale, cu o pantă în scădere de la varianta V₁₁ spre varianta V₁;
 - Pentru conținutul de calciu, cele mai mari valori au fost înregistrate la varianta V₁, cele mai mici fiind determinate la variantele V₁₀ și V₁₁;
 - În cazul conținutului de magneziu, cele mai mari valori le-au prezentat variantele V₁₀ și V₁₁, cele mai mici fiind măsurate la varianta V₁; Aceeași variație s-a constatat și în cazul conținutului de sodiu;
 - Conținutul de zinc a prezentat diferențe semnificative între V₆-V₁₁ și V₁-V₄;
 - În cazul potasiului, au fost constatate diferențe semnificative între V₁-V₃ și V₄-V₁₁;
- d) Semnalele electrice măsurate în plante pot reprezenta un parametru important în monitorizarea conținutului de elemente nutritive în diferite

fenofaze, forma semnalului și variația acestuia indicând următoarele aspecte:

- în fenofaza de vegetație consumul de elemente nutritive este foarte mare;
- semnalele electrice ale plantelor tratate cu macronutrienți ce conțin azotați ($V_2\text{--KNO}_3$ și $V_4\text{--Ca(NO}_3)_2$) indică valori mari ale consumului de azot în perioada de vegetație;
- în perioada de înflorire, consumul de potasiu este mai ridicat;
- consumul de apă este mai ridicat în perioada de maturare a fructelor de tomate;

Acest sistem de analiză a semnalelor electrice pe diferite fenofaze prezintă câteva avantaje:

- rezultatele obținute corespund cu teoriile deja existente în fiziologia plantelor cu privire la consumul de nutrienți;
- conceptul poate fi aplicat în teren, pentru a monitoriza și controla administrarea soluțiilor nutritive, așa cum s-a demonstrat în experiență;
- cu privire la controlul parametrilor externi, instalația cu biosenzor se dovedește a fi mai eficientă decât celelalte metode folosite în horticultură, deoarece este în directă legătură cu răspunsul plantelor la aceștia;
- acest sistem poate fi adaptat și folosit pentru majoritatea tipurilor de culturi;

Astfel, acest concept tehnic de realizare al instalației cu biosenzor, este unul complex, ce constă în măsurarea semnalelor electrice, deconvoluția și analiza semnalelor, identificarea și corelarea rezultatelor cu răspunsul plantelor, precum și de administrarea elementelor, și poate fi realizat prin următoarele etape:

- realizarea de măsurători ale semnalului electric cu ajutorul unui echipament sensibil, capabil să măsoare curenți de ordinul nanoamperilor;
- filtrarea semnalelor obținute prin conectarea sistemului la instalația de împământare;
- deconvoluția semnalelor specifice fiecărui tip de nutrient prin utilizarea de algoritme matematice;
- utilizarea de programe specializate care să analizeze periodicitatea, valoarea și forma semnalelor electrice și compararea acestora cu pragurile din baza de date;
- corelarea datelor măsurate cu ritmul circadian al proceselor fiziologice și biochimice ale plantei;
- administrarea elementelor nutritive, realizată după identificarea absenței acestora;

Principiul de funcționare al biosenzorului se bazează pe monitorizarea tuturor proceselor metabolice ale plantei și interpretarea acestora din punct de vedere electric, analize ce vor putea fi folosite ca date de intrare pentru a automatiza un sistem de fertilizare. Astfel, se poate realiza un consum mai redus de soluții nutritive și se poate evita generarea de reziduuri poluante în sol.

CHAPTER 7. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The results obtained during the conducted research highlight the following conclusions:

a) From a morphological point of view

- The highest values of plant height were measured in variants V_7 , V_8 and V_9 , with significant differences compared to the control variant;
- The largest leaf area was measured in variant V_2 , showing a significantly larger difference, both compared to the control variant and compared to variants V_1 , V_3 , V_5 and V_6 ;
- Regarding the number of fruits, significant variations were reported in variant V_2 , V_4 and V_7 compared to the control variant;
- For fruit mass, the highest values were obtained for variant V_3 , the lowest being recorded for variant V_7 ;
- In the case of the shape index, the highest values of the height and diameter of the tomato fruits were obtained for variant V_1 , the lowest being recorded in the case of variant V_7 ;
- The total production was estimated with a maximum in the case of variant V_2 and a minimum in the case of variant V_6 .

b) From a physiological point of view

- The photosynthetic activity measured one hour before the application of the treatment showed the highest values in the case of the experimental variant V_8 , the lowest being recorded for the variant V_3 . Two hours after the application of the treatments, significant variations appeared, the largest being registered in the V_{10} variant;
- For the evapotranspiration rate, variant V_{11} had a significant difference compared to the other experimental variants. Among the experimental variants, the appearance of significant variations was noticed two hours after the application of the nutrient solutions;
- Also, for active photosynthetic radiation, significant differences were noticed between the experimental variants, both one hour after the application of the nutrient solutions and two hours after their application;
- For the stomatal conductance, decreases in the measured values for the experimental variants were noticed, with significant variations at one and two hours after the application of the nutrient solutions;
- The same phenomenon was found for the concentration of substomatal CO_2 , the biggest differences being noticed for variant V_2 ;

- For the chlorophyll content, the highest values were determined for variant V₃, the lowest being measured at V₃ and V₅; the synthesis of chlorophyll is dependent on the mineral nutrition of the plants, so that the plants fertilized with nitrates had the highest values of CCI.

c) Conclusions on biochemical features:

- For soluble dry matter, the highest values were recorded for variant V₇, with a significant difference compared to variant V₁, where the lowest value was recorded;
- In the case of tomato fruit firmness, no significant differences were found between the experimental variants;
- For the water content of tomato fruits, the highest values were obtained for variants V₉, V₂, V₁₀ and V₄, with a significant difference compared to the control variant, and the lowest values were obtained for V₁, V₃, V₆ and V₈, with values significantly lower than the values of variant V₁₁;
- In the case of protein content, significant differences were reported between all experimental variants, the highest values being determined for variant V₃, the lowest for variant V₂;
- Also for the fiber content, significant differences were found between all experimental variants, with the maximum values for variant V₂, and minimum for variant V₉, the same findings being applied to the determination of the energy value;
- For the content of non-nitrogenous extract, significantly larger differences were obtained compared to the control variant for V₃, V₆, V₁ and V₈, and significantly smaller differences were obtained for variants V₂, V₄, V₅, V₇, V₉ and V₁₀;
- For the iron content, significant differences were reported between the experimental variants, with a decreasing slope from variant V₁₁ to variant V₁;
- For the calcium content, the highest values were recorded for variant V₁, the lowest being determined for variants V₁₀ and V₁₁;
- In case of magnesium content, the highest values were presented by variants V₁₀ and V₁₁, the lowest being measured at variant V₁; The same variation was found in the sodium content;
- The zinc content showed significant differences between V₆-V₁₁ and V₁-V₄;
- In the case of potassium, significant differences were found between V₁-V₃ and V₄-V₁₁;

d) Electrical signals measured in plants can be an important parameter in monitoring the nutrient content in different phenophases, the shape of the signal and its variation indicating the following aspects:

- in the phenophase of vegetation the consumption of nutrients is very high;
- electrical signals of plants treated with nitrogen-containing macronutrients (V₂ – KNO₃ and V₄ – Ca (NO₃)₂) indicate high values of nitrogen consumption during the growing season;
- during the flowering period, potassium consumption is higher;
- water consumption is higher during the ripening period of tomato fruits;

This system of analysis of electrical signals on different phenophases has several advantages:

- the results obtained correspond to the already existing theories in plant physiology regarding nutrient consumption;
- the concept can be applied in the field, to monitor and control the administration of nutrient solutions, as demonstrated in experience;
- with regard to the control of external parameters, the biosensor system is proving to be more efficient than the other methods used in horticulture, as it is directly related to the response of plants to them;
- this system can be adapted and used for most types of crops;

Thus, this technical concept of biosensor installation is a complex one, which consists in measuring electrical signals, deconvolution and analysis of signals, identification and correlation of results with plant response, as well as element management, and can be achieved through the following steps:

- making measurements of the electrical signal with the help of a sensitive equipment, capable of measuring currents of the order of nanoamps;
 - filtering the signals obtained by connecting the system to the earthing installation;
 - deconvolution of the signals specific to each type of nutrient through the use of mathematical algorithms;
 - the use of specialized programs to analyze the periodicity, value and shape of electrical signals and compare them with the thresholds in the database;
 - correlation of the measured data with the circadian rhythm of the physiological and biochemical processes of the plant;
 - administration of nutrients, performed after identifying their absence;
- e) The principle of operation of the biosensor is based on monitoring all metabolic processes of the plant and their interpretation from an electrical point of view, analyzes that can be used as input data to automate a fertigation system. Thus, a lower consumption of nutrient solutions can be achieved and the generation of polluting residues in the soil can be avoided.

BIBLIOGRAFIE

BIBLIOGRAPHY

1. Aaslyng J. M., Ehler N., Rosenqvist E., 2003 - *Intelligrow: a component based climate control system. Environmental Modeling and Software*, 18, 657–666.
2. Abbas H. M. K., Kong X., Wu J., Ali M., Dong W., 2019 – *Antimicrobial potential of genes from garlic (Allium sativum L.)*, In book: *Studies on garlic*. Chapter: *Antimicrobial potential of genes from garlic (Allium sativum L.)*, Publisher: IntechOpen.
3. Ahmad P., Rasool S., Gul A., Sheikh S.A., Akram N. A., Ashraf M., Kazi A. M., Gucel S., 2016 – *Jasmonates: Multifunctional roles in stress tolerance*. *Front Plant Sci.*, 7, 813.
4. Altieri M. A., 1987 – *Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture*, Intermediate technology publications, London
5. Altieri M. A., Letourneau D.K., 1982 – *Vegetation management and biological control in ecosystems*. *Crop Protection* 1, pg. 405 – 420.
6. Andronicescu D., 1967 – *Tomatele*. Ed. Agro-Silvică, București, România.
7. Apahidean Al. S., Apahidean Maria, 2000 – *Legumicultură specială*, vol. I, Editura Risoprint, Cluj-Napoca.
8. Askegaard M., Olesen J., Rasmussen I., 2005 – *Long-term organic crop rotation experiments for cereal production*, ISO FAR, South Australia, pg. 198-202.
9. Atanasiu N.E., 2009 – *Culturi legumicole fără sol*. Ed. Atar, București, România.
10. Baudoin W.O., 1990 – *Soilles Culture for Horticultural Crop Production*, FAO, Rome, Italy.
11. Beilby M. J., 1981 – *Excitation-revealed changes in cytoplasmic Cl⁻ concentration in "Cl⁻ starved" Chara cells*, *J Membr. Biol.* 62, p. 207-218.
12. Beilby M. J., 1982 - *Cl⁻ channels in Chara*, *R Soc London B.* 299, p. 435-445.
13. Beilby M. J., 1984 – *Current-voltage characteristic of the proton pump at Chara Plasmalemma: I. pH dependence*. *J. Membr. Biol.* 81(2), p. 113-125.

14. Beilby M., Al Khazaaly S., 2016 – *Re-modelling Chara action potential: I. From Thiel model of Ca^{2+} transient to action potential form*. AIMS Biophys. 3(3), p. 431-449.
15. Benoit F., 1992- *Practical Guide for Simple Soilles Cultures Techniques*, European Vegetable R.D. Centre, Belgium.
16. Bever J.D., 2003 – *Soil community feedback and the coexistence of competitors: conceptual frameworks and empirical tests* - N. Phytol. 157: 465-486
17. Lopez B. G., Reyes F. G., Barrales P. O., Diaz A. M., Alba A. R. F., 2007 - *Analyses of pesticide residues in fruit-based baby food by liquid chromatography/electrospray ionization time-of-flight mass spectrometry* – Rapid Commún.Mass Spectrom. 2007,21, 2059 – 2071
18. Birescu Geanina, 2001 – *Cercetări privind procesele vitale și enzimatică în soluri forestiere și agricole din Moldova* – Teză de Doctorat, USAMV București.
19. Birescu Geanina, 2001 - *Cercetări asupra potențialului enzimatic din solul brun luvic de la Vânători Neamț*, Lucr. Șt. a USAMV IAȘI, seria Horticultură, volII (44), pag.339-343.
20. Birescu L., Birescu Geanina, Costandache C., Sellitto M., Dumitru M., 2009 - *Ecopedological researches for ecological rehabilitation of degraded lands from Eastern Romania*, The International Conference of ESSC, Praga, Cehia, Proceeding, pag. 7-16.
21. Birescu L., Birescu Geanina, Lupașcu G., Secu C., 2005 - *Interpretarea ecologică a solului și evaluarea impactului ecologic global în ecosisteme practice situate pe terenuri degradate din Podișul Bârladului*, Lucr. Conf. XVII-a Naț. Șt. Sol., Timișoara/2003, vol. 2, nr. 34B, pag. 473-481
22. Birescu L., Birescu Geanina, Sârbu C., Ailincăi C., 2008 - *Study of impact of the degraded processes on the indicators of quality of the biotope and biocenosis structure for sustainable development*, 5-th International Conference on Land Degradation, Valenzano-Bari, Italia,Proceedings, pag. 201-206
23. Birescu L., Birescu G., Gavriluța I., Budoi G., 1999 – *Studiul favorabilitatii constelatiei factorilor pedoecologici din ecosistemele forestiere de stejar* – An. St. INCD Delta Dunarii Tulcea, Romania, vol. VII:240-245
24. Birescu L., Birescu G., Filipov F., 1999 – *Stabilirea favorabilitatii factorilor pedoecologici din ecosistemele forestiere* - Lucr. Șt. USAMV Iași, Romania, seria Agronomie, anul XXXXII, vol. 1, (42/1999): 118-123.
25. Birescu L., Birescu Geanina, Teodorescu E., 2002 – *Cercetări ecopedologice asupra biotopurilor din sectorul mijlociu al culoarului*

- Siretului* – Lucr. Șt. USAMV, seria Horticultură, anul XXXXV, vol. I, pag. 495-500.
26. Bireescu L., Bireescu Geanina, Teodorescu Soare E., 1996 – *Inițierea unui sistem de evaluare globală a impactului activităților antropice asupra ecosistemelor* – Scientifically Works, U.S.A.M.V., Iași, seria Agronomy, vol., 39, pg. 60 – 64
 27. Boari F., Malone M., 1993 – *Wound-induced hydraulic signals: Survey of occurrence in a range of species*, J. Exp. Bot. 44, 741-746.
 28. Bodale I., Cazacu A., Mihalache G., Pereș C., Teliban G.C., Cojocaru A., Achiței V., Gheorghitoaie M.V., Munteanu N., Jităreanu G., Stoleru V. 2019 - *Evaluation of the physiological activity using the electric signal in tomato plants generated by nitrogenous nutritional elements*. International Scientific Congress "Life sciences, a challenge for the future", pp. 51.
 29. Bodale I., Mihalache G., Cazacu A., Achiței V., Gheorghitoaie M.V., Teliban G.C., Cojocaru A., Filipov F., Stoleru V., 2019 - *The electric signal measurements in tomato plants generated by the most important nutritional elements* International Scientific Congress "Life sciences, a challenge for the future", pp. 47.
 30. Bodale I., Stoleru V., Mihalache G., Cazacu A., Pereș C., Teliban G.C., Achiței V., Cojocaru A., Filipov F., 2019 - *Measurements of the electric signal in tomatoes generated by the most important nutritional elements*, United Nations/Romania International Conference on Space Solutions for Sustainable Agriculture and Precision Farming - Parallel session on The 9th International Symposium Soil Minimum Tillage Systems, Cluj-Napoca – Romania, pp.35.
 31. Borlan Z., Hera C., 1973 - *Metode de apreciere a stării de fertilitate a solului în vederea folosirii raționale a îngrășămintelor*, Ed. Ceres, București;
 32. Burzo I., Toma S., Craciun C., Voican V., 1999 - *Fiziologia plantelor de cultură*. Editura Întreprinderea Editorial-Poligrafică „Știința”, Chișinău.
 33. Butnariu H., Indrea D., Petrescu C., Savițchi P., Chilom P., Ciofu R., Popescu V., Radu G., Stan N., 1992 – *Legumicultură*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, România.
 34. Cârstea S., 2001 - *Calitatea solului-expresie a multiplelor lui funcții, protecția și ameliorarea ei - cerință imperativă* - Lucr.cele de –a XVI-a Conf. Naț. Șt. Sol., Suceava, vol. III/2001.
 35. Chatterjee S. K., Das S., Maharatna K., Masi E., Santopolo L., Mancuso S., Vitaletti A., 2015 – *Exploring strategies for classification of external stimuli using statistical features of the plant electrical response*, J.R. Soc. Interface 12, 20141225.
 36. Chatterjee S.K., Ghosh S., Das S., Manzella V., Vitaletti A., Masi E., Santopolo L., Mancuso S., Maharatna K., 2014 – *Forward and inverse*

- modelling approaches for prediction of light stimulus from electrophysiological response in plants*, Measurement 53, p. 101-116.
37. Chatterjee S. K., Malik O., Gupta S., 2018 – *Chemical sensing employing plant electrical signal response-classification of stimuli using curve fitting coefficients as features*, Biosensors 8, p.83.
 38. Che J., Yamaji N., Ma J. F., 2018 – *Efficient and flexible uptake system for mineral elements in plants*, New Phytologist, 219(2): 513-517.
 39. Christman A., Grill E., Huang J., 2013 – *Hydraulic signals in long-distance signaling*. Curr. Opin. Plant Biol. 16, 293-300.
 40. Christman A., Weiler E.W., Steudle E., Grill E., 2007 – *A hydraulic signal in root-to-shoot signalling of water shortage*. Plant J. 52, 167-174.
 41. Ciofu R., Stan N., Popescu V., Chilom P., Apahidean S., Horgaș A., Berar, V., Lauer K.F., Atanasiu N., 2004 - *Tratat de legumicultură*. Ed. Ceres, București;
 42. Collins W. L., Jensen M. N., 1983 – *Hydroponics: A 1983 Tehcnology Overview – Environmental research laboratory*, University of Arizona.
 43. Cui X., 2012 – *Nutrient Sensing in Plants*. Molecular Plant, 5(6):1167-1169.
 44. Davidescu D., Davidescu V., 1992 – *Agronomie horticola*, Ed. Academiei Române, București;
 45. Davidescu Velicia, Madjar Roxana, 2009 – *Agrochimie*. Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară, București, România.
 46. Davies E., 1987 – *Action potentials as multifunctional signals in plants: a hypothesis attempting to unify apparently disparate wound responses*. Plant Cell and Environment, 10: 623-631.
 47. Davies E., Zawadski T., Witters D., 1991 - *Electrical activity and signal transmission in plants: how do plants know?* In: Penel C., Greppin H (eds). Plant signaling, plasma membrane and change of state, University of Geneva Press, Geneva, Switzerland, p. 119-137.
 48. Davies E., 2004 – *New functions for electrical signals in plants*. New Phytol. 161, 607-610.
 49. Dick R.P., 1997 – *Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health*. In : Pankhurst C.E., Doube B.M., Gupta VVSR, editors. Biological Indicators of Soil Health. Wallingford, USA : CAB International, p. 121-156.
 50. Docea E., Cristea S., Iliescu H., 2012 - *Bolile plantelor legumicole*. Ed. Ceres, București, România;
 51. Doran J.W., Parkin T.B., 1994 – *Defining and assessing soil quality*. In : Doran J.W., editor. *Defining Soil Quality for Sustainable Environment*. SSSA Special Publication. Madison, WI: Soil Science Society of America, Inc. and American Society of Agronomy, Inc., 3-23.

52. Doran J. W., Zeiss M. R., 2000 – *Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality* – Appl. Soil. Ecol., 15: 3-11.
53. Doran J. W., Coleman D. C., Bezdicek D. F., Stewart B. A., 1994 - *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Spec. Publ. nr. 35 Soil Sci Soc. Am., Madison WI.
54. Dumitrescu M., Scurtu I., Stoian L., Glăman Gh., Costache M., Dițu D., Roman Tr., Lăcătuș V., Rădoi V., Vlad C., Zăgran V., 1998 - *Producerea legumelor*. Editura București.
55. Dziubinska H., Trebacz K., Zawadski T., 1989 - *The effect of excitation on the rate of respiration in the liverwort Conocephalum conicum*. Physiol Plant;75:417–23.
56. Evans M. J., Morris R. J., 2017 – *Chemical agents transported by xylem mass flow propagate variation potential*, Plant J. 91, p. 1029-1037.
57. Fageria N. K., 2009 – *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press, USA, p. 86-192.
58. FAO, 2017 – *Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable production in the South East European countries*. FAO Publishing house, p. 82-83.
59. Felle H. H., 2001 – *pH: Signal and messenger in plant cells*. Plant Biol. 3, 577-591.
60. Filipov F., 2005 – *Pedologie*, Editura “Ion Ionescu de la Brad”, Iași.
61. Filipov F., Bodale I., Stoleru V., 2019 - *Rehabilitation of under-ploughed compacted layer of tunnels soils growth with organic vegetables*, United Nations/Romania International Conference on Space Solutions for Sustainable Agriculture and Precision Farming - Parallel session on The 9th International Symposium Soil Minimum Tillage Systems, pp.39, Cluj-Napoca – Romania
62. Fisahn J., Herde O., Willmitzer L., Pena-Cortes H., 2004 – *Analysis of the transient increase in cytosolic Ca²⁺ during the action potential of higher plants with higher temporal resolution: requirement of Ca²⁺ transients for induction of jasmonic acid biosynthesis and PINII gene expression*. Plant and Cell Physiology, 45: 456-459;
63. Fromm J., Lautner S., 2007 – *Electrical signals and their physiological significance in plants*. Plant cell and Environment, 30: 249-257.
64. Fromm J., Hajirezaei M., Wilke I., 1995 – *The biochemical response of electrical signaling in the reproductive system of Hibiscus plants*. Plant Physiology, 109: 375-384.
65. Gamalero E., Glick B.R., 2011 – *Mechanisms used by plant growth-promoting bacteria in Bacteria in agrobiology: plant nutrient management*, Maheshwari D.K. (ed), Springer, Berlin, Heidelberg, Germany, p. 17-46.

66. Gosselin A., Trudel M. J., 1984 – *Interactions between root-zone temperature and light levels on growths, development and photosynthesis of *Lycopersicon esculentum* Mill. "Vendor"*. Scientia Horticulturae, 23(4): 313-321.
67. Gradmann D., 2001a – *Impact of apoplast volume on ionic relations in plant cells*, J. Membr. Biol. 184(1), p. 61-69.
68. Gradmann D., 2001b – *Models for oscillations in plants*, Funct. Plant Biol. 28(7), p. 577 – 590.
69. Grams T. E., Koziol C., Lautner S., Matyssek R., Fromm J., 2007 – *Distinct roles of electric and hydraulic signals on the reaction of leaf gas exchange upon re-irrigation in *Zea mays* L.* Plant Cell Environ. 30:79-84.
70. Grams T. E., Lautner S., Felle H. H., Matyssek R., Fromm J., 2009 – *Heat-induced electrical signals affect cytoplasmic and apoplastic pH as well as photosynthesis during propagation through the maize leaf*. Plant Cell Environ. 32: 319-326.
71. Gratani L., Pesoli P., Crescente M. F., Aichner K., Larcher W., 2000 - *Photosynthesis as a temperature indicator in *Quercus ilex* L.* Global and Planetary Change, 24, 153–163.
72. Gul A., 2018 – *Soilles cultivation in Turkey*. Xxx International Horticulture Congress, Istanbul, Turkey, p. 23-27.
73. Gyaneshwar P., Naresh Kumar G., Parekh L. J., Poole P. S., 2002 – *Role of soil microorganisms in improving P nutrition in plants*. Plant and soil, 245(1): 83-93.
74. Herzog K. M., Thom R., Zweifel R., Hasler R., 1997 – *Heat balance measurements – to quantify sap flow in thin stems only*. Agricultural and Forest Meteorology, 83(1-2): 75-94.
75. Hedrich R., Salvador-Recatala V., Dreyer I., 2016 – *Electrical wiring and long-distance plant communication*. Trends Pland Sci. 21, 376-387.
76. Hlavackova V., Krchnak P., Naus J., Novak O., Spundova M., Strnad M., 2006 – *Electrical and chemical signals involved in short-term systemic photosynthetic responses of tobacco plants to local burning*. Planta 225, 235-244.
77. Hochmuth G., Hochmuth R., 2003 – *Keys to successful Tomato and Cucumber Production in Perlite Media*. Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida, HS927.
78. Hoza, G., 2008 - *Legumicultură generală*. Ed. Elisavaros, București.
79. Hussain A., Iqbal K., Aziem S., Mahato P., Negi A.K., 2014 – *A review on the Science of growing crops without soil (soilles culture) – A novfel alternative grewing crops*. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 7(11): 833-843.

80. Indrea D., Apahidean S., Apahidean Măria, Mănuțiu D., Sima Rodica, 2007 – *Cultura legumelor*. Ed. Ceres, București.
81. Kafkaki U., Tarchitzky J., 2011 - *Fertigation a tool for efficient fertilizer and water management*. International Fertilizer Industry Association, Paris, France, p. 93-98.
82. Kai L., Xi G., Fan L., Meng X., Gao X., Liu Q., 2011 - *The changes of electrical signals in corn at different temperatures*. In: Proc. 3rd international conference on environmental science and information application technology ESIAT.
83. Koziolok C., Grams T. E. E., Schreiber U., - 2003, *Transient knockout of photosynthesis mediated by electrical signals*. New Phytol;161:715–722
84. Lacatusu R., 2006 – *Metoda pentru aprecierea vulnerabilității solurilor la impactul agenților chimici* – Lucr. Simp. St. Univ. “Al. I. Cuza” Iași-Fac. Geografie, vol. V, serie nouă, pag. 23-28.
85. Lautner S., Grams T. E. E., Matyssek R., Fromm J., 2005 – *Characteristics of Electrical Signals in Poplar and Responses in Photosynthesis*. Plant Physiol. 138, 2200-2209.
86. Lopez-Arredondo D.L., Sanchez-Calderon L., Yong-Villalobos L., 2017 – *Chapter 1 – Molecular and genetic basis of plant macronutrient use efficiency: concepts, opportunities and challenges in Plant Macronutrient Use Efficiency*. Hossain M.A., Kamiya T., Burrit D.J., Tran S.P., Fujiwara T. (ed), Academic Press, p. 1-29.
87. Maffei M., Bossi S., 2006 - *Electrophysiology and plant responses to biotic stress*. In: Volkov AG, editor. Plant electrophysiology – theory & methods. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; p. 461–81.
88. Martynenko A. I., 2000 – *Electrophysiological investigation of frost resistance in plants: 3. Critical points detected on the freezing of winter wheat*. Russian Journal of Plant Physiology, 47(6): 734-739.
89. Massantini F., 1973 - *L'Aeroponica. Realizzazioni Practice Studi e Recherche*, 3-rd Int. Congr. Soilles Culture.
90. Mihalache M., 2003 - *Consumul de legume proaspete, o necesitate pentru sănătatea omului*. Hortinform, nr. 10/134, pg. 6-9.
91. Munteanu N., Stoleru V., 2012 - *Bazele tehnologice ale horticulturii ecologice*, Ed. Performantica, Iași, România;
92. Munteanu N., 2003 – *Tomatele, Ardeii și Pătlăgelele Vinete*. Ed. Ion Ionescu de la Brad, Iași, România.
93. Nagendran R., 2011 – *Chapter 24 – Agricultural waste and pollution in waste*. Letcher T.M., Vallero D.A. (ed), Academic Press, Boston, United States of America, p. 341-355.
94. Novikova E. M., Vodemeev V. A., Sukhov V. S., 2017 – *Mathematical model of action potential in higher plants with account for the involvement*

- of vacuole in the electrical signal generation*, Biochem Moscow Suppl Ser. A 11, p. 151-167.
95. Olympios C., 1991 – *Soilles Culture of Vegetable and Flowers Crops. Protected Cultivation in the Mediterranean Climate*. FAO, Rome.
 96. Pandey R., 2015 – *Mineral nutrition of plants*, In: *Plant biology and biotechnology*. Bahadur B., Venkat Rajam M., Sahjiram L., Krishnamurthy K., (ed), Springer, New Delhi, India, p. 499-539.
 97. Pereş C., Cazacu A., Bodale I., Mihalache G., Teliban G. C., Cojocaru A., Munteanu N., Iurea D., Stoleru V., 2019 - *Yield and physiological parameters of siriana F1 under unconventional and conventional stimulants*. International Scientific Congress "Life sciences, a challenge for the future", (pp.30), Iasi – Romania
 98. Petrasek J., Friml J., 2009 – *Auxin transport routes in plant development*. Development, 136(16): 2675-2688.
 99. Petrescu C., Țuțuianu M., 1999 - *Extinderea în cultură a unor specii de legume mai puțin cunoscute*. Agricultorul Român, nr. 8, pg. 20-21;
 100. Pickard B. G., 1973 – *Action potentials in higher plants*. The botanical review, 39(2): 172-201.
 101. Popescu V., Horgaş A., 2004 - *Plante legumicole solano-fructoase în Tratat de legumiultură*. Ed. Ceres, București;
 102. Porras A., Montanero A., 1994 - *Automatas programables (in Spanish)*. McGraw Hill, Spain
 103. Reganold J. P., Wachter J. M., 2016 – *Organic agriculture in the twenty-first century*. Nature Plants, 2(2): 1-8.
 104. Rodriguez H., Fraga R., 1999 – *Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion*. Biotechnology Advances, 17(4-5): 319-339.
 105. Rodríguez F., Berenguel M., 2004 - *Control y robótica en agricultura*. University of Almería, Publication Service, Spain.
 106. Saraiva G. F. R., Ferreira A. S., Souza G. M., 2017 – *Osmotic stress decreases complexity underlying the electrophysiological dynamic in soybean*, Plant Biol. 19, p. 702-708.
 107. Sato E. M., Hijazi H., Bennet M. J., Vissenberg K., Swarup R., 2015 – *New insights into root gravitropic signalling*. Journal of experimental botany, 66(8): 2155-2165.
 108. Savci S., 2012 – *Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environmen*. APCBEE Procedia, 1:287-292.
 109. Schroeder J., Hedrich R., 1989 - *Involvement of ion channels and active transport in osmoregulation and signaling of higher plant cells*. Trends Biochem Sci;14:187–92.
 110. Shabala S., Shabala L., Gradmann D., Chen Z., Newman I., Mancuso S., 2006 – *Oscillations in plant membrane transport: model predictions*,

- experimental validation and physiological implications. J Exp Bot. 57, p. 171-184.*
111. Souza G. M., Ferreira A. S., Saraiva G. F. R., Toledo G. R., 2017 – *Plant "electrome" can be pushed toward a self-organized critical state by external cues: Evidences from a study with soybean seedlings subject to different environmental conditions*, Plant Signal Behav. 12.
 112. Stan N., Stan T., 2010 – *Legumicultură generală*. Ed. Ion Ionescu de la Brad.
 113. Stiles W., Jorgensen I., 1914 - *The measurement of electrical conductivity as a method of investigation in plant physiology*. New Phytologist, 13(6-7), 226–242 doi:10.1111/j.1469-8137.1914.tb05752.x.
 114. Stoleru V., Țenu I., Stan T., Muraru V., Teliban G.C., Cojocaru A., Bodale I., Cazacu A., Mihalache G., Gheorghitoaie M.V., Achiței V., Pereș C.I., 2020 - *Perspective moderne în fertirigarea legumelor din spații protejate*. Editura „Ion Ionescu de la Brad”, Iași.
 115. Stoleru V., Filipov F., Stan N., Munteanu N., Stoleru Carmen, 2006 - *The compost effect on some stagnic horticultural soils characteristics cultivated with vegetable in ecological system*. Lucrări științifice vol.49, Horticultură, USAMV Iași, pg. 1045-1050.
 116. Stoleru V., 2013 – *Managementul sistemelor legumicole ecologice*. Editura "Ion Ionescu de la Brad" Iași, România, p. 136-142.
 117. Taiz L., Zeiger E., 2006 – *Mineral nutrition in Plant physiology fourth Edition*, Sinauer, Sunderland, Massachusetts, United States of America, p. 67-86.
 118. Toma L. D., Jităreanu C. D., 2007 – *Fiziologie vegetală*. Editura "Ion Ionescu de la Brad", Iași, România.
 119. Trebacz K., Dziubinska H., Krol E., 2006 – *Electrical signals in long distance communications in plants*. In: Baluska F, Mancuso S, Volkmann D, editors. *Communication in plants – neuronal aspects of plant life*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, p. 277-290.
 120. Trebacz K., Zawadzki T., 1985, 1985 – *Light-triggered action potentials in the liverwort Conocephalum conicum*. Physiologia Plantarum, 64(4):482-486.
 121. Tuzel Z., Oztekin G. B., 2018 – *Protected cultivation in Turkey*. Xxx International Horticulture Congress, Istanbul, Turkey, p. 21-25.
 122. Van Os E. A. și Benoit F., 1999 – *State of art of the Dutch and Belgian greenhouse horticulture and hydroponics*. Acta Horticulturae, 481(96): 765-767.
 123. Vian A., Henry-Vian C., Davies E., 1999 – *Rapid and systemic accumulation of chloroplast mRNA-binding transcripts after flame stimulus in tomato*. Plant Physiology, 121(2): 517-524.

124. Vodeneev V., Orlova A., Morozova E., Orlova L., Akinchits E., Orlova O., Sukhov V., 2012 – *The mechanism of propagation of variation potentials in wheat leaves*, J Plant Physiol. 169, p. 949-954.
125. Vodeneev V., Mudrilov M., Akinchits E., Balalaeva I., Sukhov V., 2018 – *Parameters of electrical signals and photosynthetic responses induced by them in pea seedlings depend on the nature of stimulus*, Funct Plant Biol. 45, p. 160-170.
126. Voican V., Lăcătuș V., 2004 – *Cultura protejată a legumelor în sere și solarii*. Editura Ceres, București, România.
127. Voican V., Lăcătuș V., 1998 – *Cultura protejată a legumelor în sere și solarii*. Editura Ceres, București, România.
128. Voican V., 1984 – *Răsadnițe și solarii*. Ed. Ceres, București, România.
129. Volkov A., Ranatunga R., 2006 - *Plants as environmental biosensors*. Plant Signal Behav;1:105–15.
130. Volkov A., Waite A., Wooten J., Markin V., 2012 - *Circadian rhythms in biologically closed electrical circuits of plants*. Plant Signal Behav;168:1753–60.
131. Weissert C., Kehr. J., 2017 – *Macronutrient sensing and signaling in plants in Plant Macronutrient Use Efficiency*. Hossain M.A., Kamiya T., Burrit D.J., Tran L.-S.P., Fujiwara T. (ed), Academic Press, p. 45-64
132. Witter S. H., Honma S., 1979 – *Greenhouse tomatoes, lettuce & cucumbers*. Michigan State University Press Publishing house, United States of America.
133. Yuan M. (1988). *Excitability in ordinary higher plants*. Dissertation, China Agriculture University, China.
134. Zamfirache M. M., 2005 – *Fiziologie vegetală*, Editura Azimuth, Iași, România, p.81-190.
135. *** Anuar statistic FAO 2017 – <http://www.fao.org/faostat/en/#data/Qc>
136. ***Dicționarul explicativ al limbii române (ediția a II-a revăzută și adăugită) Academia Română, Institutul de Lingvistică Editura Univers Enciclopedic Gold, 2009
137. ***Micul dicționar academic, ediția a II-a Academia Română, Institutul de Lingvistică Editura Univers Enciclopedic, 2010
138. *** IBM SPSS Statistics – One Way ANOVA

ANEXE
ANNEXES

LISTA FIGURILOR

Figura 5.1 Modul de instalare al electrozilor pe plantă	74
Figura 5.2 Unitatea de măsură și înregistrare Keysight B2981A	74
Figura 5.3 Necroza țesutului vegetal în punctul de inserție	75
Figura 5.4 Schema electrică de principiu a invenției	76
Figura 5.5 Semnalul electric unic înregistrat pe o plantă în 24 de ore	78
Figura 5.6 Curenții electrici înregistrat pentru toate variantele de tratament timp de 24 de ore	78
Figura 5.7 Determinări asupra ratei fotosintezei, conductanței stomatale și a concentrației de CO ₂ substomatal	80
Figura 5.8 Determinarea conținutului total de clorofilă (foto original)	81
Figura 6.1 – Variația înălțimii plantelor la fertilizarea cu diferite tratamente cu macroelemente	84
Figura 6.2 – Influența fertilizării minerale diferențiate asupra suprafeței foliare	85
Figura 6.3 – Dinamica numărului de fructe recoltate	86
Figura 6.4 – Reprezentarea grafică a numărului de fructe recoltate la cultura de tomate	87
Figura 6.5 – Reprezentarea grafică a masei fructelor de tomate	87
Figura 6.6 – Reprezentarea grafică a diametrului și înălțimii fructelor de tomate	89
Figura 6.7 – Reprezentarea producției totale la cultura de tomate	90
Figura 6.8 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra fotosintezei	91
Figura 6.9 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra ratei de transpirație	92
Figura 6.10 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra radiației active fotosintetice	93
Figura 6.11 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra conductanței stomatale	94
Figura 6.12 - Influența fertilizării minerale asupra concentrației de CO ₂ substostomatal	95
Figura 6.13 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra conținutului total de clorofile	96
Figura 6.14 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra vâscozității	97

Figura 6.15 - Influența fertilizării minerale diferențiate asupra fermității fructelor	98
Figura 6.16 - Conținutul de apă la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare	99
Figura 6.17 Variația conținutului de proteine la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare	99
Figura 6.18 Variația conținutul de fibre la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare	100
Figura 6.19 Variația conținutul de fibre dietetice la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare	101
Figura 6.20 Variația conținutul de extract neazotat la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare	102
Figura 6.21 Influența factorilor de fertilizare asupra valorii energetice a fructelor de tomate cv Brilliant F1	103
Figura 6.22 Conținutul de fier la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare fertilizare	103
Figura 6.23 Conținutul de calciu la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare	104
Figura 6.24 Conținutul de magneziu la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare	105
Figura 6.25 Conținutul de zinc la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare	105
Figura 6.26 Conținutul de potasiu la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare	106
Figura 6.27 Conținutul de sodiu la tomate cv Brillant F1 sub influența factorilor de fertilizare	107
Figura 6.28a Variația semnalului electric de la o fenofază la alta – V1	107
Figura 6.28c Variația semnalului electric de la o fenofază la alta- V3	108
Figura 6.28b Variația semnalului electric de la o fenofază la alta – V2	108
Figura 6.28f Variația semnalului electric de la o fenofază la alta -V6	108
Figura 6.28g Variația semnalului electric de la o fenofază la alta – V7	109
Figura 6.28h Variația semnalului electric de la o fenofază la alta – V8	109
Figura 6.28d Variația semnalului electric de la o fenofază la alta – V4	110
Figura 6.28e Variația semnalului electric de la o fenofază la alta – V5	110
Figura 6.28i Variația semnalului electric de la o fenofază la alta - V9	110
Figura 6.28j Variația semnalului electric de la o fenofază la alta - V10	111
Figura 6.28k Variația semnalului electric de la o fenofază la alta – V10	111
Figura 6.29. Semnalul electric înregistrat pentru V ₇ (mixt de MgSO ₄ - KNO ₃ - KH ₂ PO ₄) între 10.00-21.00 care prezintă un maxim la ora 19.00	112
Figura 6.30. Rata de fotosinteză înregistrată pentru V ₇ (mixt de MgSO ₄ - KNO ₃ - KH ₂ PO ₄) care prezintă un minim la ora 19.00 (a), măsurată cu sistemul LCPro+ (b)	113

Figura 6.31. Cantitatea de CO ₂ înregistrată pentru V ₇	113
Fig. 6.32 Semnalul electric (a), rata fotosintezei (b), cantitatea de CO ₂ înregistrată pentru V ₇	114

LIST OF FIGURES

Figure 5.1 Installation of electrodes on the plant(original)	74
Figure 5.2 Keysight B2981A measurement and recording unit (original)	74
Figure 5.3 Necrosis of plant tissue at the point of insertion (original)	75
Figure 5.4 Schematic diagram of the invention (original)	76
Figure 5.5 The unique electrical signal recorded on a plant in 24 hours	78
Figure 5.6 Electric signals recorded for all treatment options for 24 hours	78
Figure 5.7 Determinations on the rate of photosynthesis, stomatal conductance and substomatal CO ₂ concentration (original)	80
Figure 5.8 Determination of total chlorophyll content (original)	81
Figure 6.1 – Variation of plant height when fertilizing with different treatments with macroelements	84
Figure 6.2 – The influence of differentiated mineral fertilization on the leaf surface	85
Figure 6.3 – Dynamics of the number of fruits harvested	86
Figure 6.4 – Graphical representation of the number of fruits harvested at the tomato crop	87
Figure 6.5 – Graphic representation of the mass of tomato fruits	87
Figure 6.6 – Graphic representation of the diameter and height of tomato fruits	89
Figure 6.7 – Representation of total production in tomato cultivation	90
Figure 6.8 - The influence of differentiated mineral fertilization on photosynthesis	91
Figure 6.9 - The influence of differentiated mineral fertilization on the perspiration rate	92
Figure 6.10 - The influence of differentiated mineral fertilization on photosynthetic active radiation	93
Figure 6.11 - The influence of differentiated mineral fertilization on the stomatal conductance	94
Figure 6.12 - The influence of mineral fertilization on the concentration of substomatal CO ₂	95
Figure 6.13 - The influence of differentiated mineral fertilization on the total chlorophyll content	96
Figure 6.14 - The influence of differentiated mineral fertilization on viscosity	97

Figure 6.15 - The influence of differentiated mineral fertilization on fruit firmness	98
Figure 6.16 - Humidity content of tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors	99
Figure 6.17. Variation of protein content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilization factors	99
Figure 6.18 Variation of fiber content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors	100
Figure 6.19 Variation of dietary fiber content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors	101
Figure 6.20 Variation of nitrate extract content in Brilliant F1 cv tomatoes under the influence of fertilization factors	102
Figure 6.21 The influence of fertilization factors on the energy value of Brilliant F1 cv tomato fruits	103
Figure 6.22 Iron content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilization factors fertilization	103
Figure 6.23 Calcium content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of factors	104
Figure 6.24 Magnesium content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors	105
Figure 6.25 Zinc content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors	105
Figure 6.26 Potassium content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors	106
Figure 6.27 Sodium content in tomatoes cv Brillant F1 under the influence of fertilizing factors	107
Figure 6.28a Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V1	107
Figure 6.28c Variation of the electrical signal from one phenophase to another - V3	108
Figure 6.28b Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V2	108
Figure 6.28f Variation of the electrical signal from one phenophase to another -V6	108
Figure 6.28g Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V7	109
Figure 6.28h Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V8	109
Figure 6.28d Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V4	110
Figure 6.28e Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V5	110

Figure 6.28i Variation of the electrical signal from one phenophase to another - V9	110
Figure 6.28j Variation of the electrical signal from one phenophase to another - V10	111
Figure 6.28k Variation of the electrical signal from one phenophase to another – V10	111
Figure 6.29 The electrical signal recorded for V7 (mixed MgSO ₄ - KNO ₃ - KH ₂ PO ₄) between 10.00-21.00 showing a maximum at 19.00	112
Figure 6.30. The rate of photosynthesis recorded for V7 (mixed MgSO ₄ - KNO ₃ - KH ₂ PO ₄) showing a minimum at 19.00 (a), measured with the LCPro + system (b)	113
Figure 6.31 The amount of CO ₂ recorded for V7	113
Figure 6.32 Electrical signal (a), rate of photosynthesis (b), amount of CO ₂ recorded for V7	114

LISTA TABELELOR

Tabelul 1.1 Principalele funcții ale substanțelor nutritive din plante	38
Tabelul 1.2 Ghidul de cultură al tomatelor: totalul cerințelor nutriționale	38
Tabelul 2.1 Rata de nutrienți recomandată pe ha pe zi și pe faza de creștere	48
Tabelul 2.2 Conținutul de nutrienți în frunzele plantelor de tomate	49
Tabelul 2.3 Formele elementelor nutritive asimilate de către plantă	50
Tabelul 5.1 Rezultate cu privire la temperatură	69
Tabelul 5.2 Rezultate cu privire la umiditatea relativă a aerului	70
Tabelul 5.3 Rezultate cu privire la intensitatea luminoasă	70
Tabelul 5.4 Compoziția substratului folosit în cadrul experimentului	71
Tabelul 5.5 Variantele experimentale	72
Tabelul 6.1 Dinamica înălțimii plantelor de tomate (cm)	83
Tabelul 6.2 Dinamica numărului de fructe de tomate recoltate pe plantă (buc)	85
Tabelul 6.3 Numărul de fructe recoltate de la plantele de tomate și masa acestora	86
Tabelul 6.5 Diametrul și înălțimea fructelor (mm)	88
Tabelul 6.6 Producția totală la cultura de tomate (t/ha)	89

LIST OF TABLES

Table 1.1 The main functions of plant nutrients	38
Table 1.2 Tomato cultivation guide: total nutritional requirements	38
Table 2.1 Recommended nutrient rate per ha per day and per growth phase	48
Table 2.2 The content of nutrients in the leaves of tomato plants	49
Table 2.3 The forms of nutrients assimilated by the plant	50
Table 5.1 Temperature results	69
Table 5.2 Results on relative air humidity	70
Table 5.3 Results on light intensity	70
Table 5.4 The composition of the mixture used in the experiment	71
Table 5.5 Experimental variants	72
Table 6.1 Height dynamics of tomato plants (cm)	83
Table 6.2 Dynamics of the number of tomato fruits harvested per plant (pcs)	85
Table 6.3 Number of fruits harvested from tomato plants and their mass	86
Table 6.5 Fruit diameter and height (mm)	88
Table 6.6 Total tomato crop production (t/ha)	89

LISTA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE PUBLICATE

LIST OF PUBLISHED SCIENTIFIC PAPERS

1. Gheorghitoaie M.V., Bodale I., **Achiței V.**, Teliban G.C., Cojocaru A., Caruso G., Mihalache G., și Stoleru V. 2022 - *Potential of Continuous Electric Current on Biometrical, Physiological and Quality Characteristics of Organic Tomato*. Applied Science 2022, 12(9), p. 4211-4224;
2. Bodale I., Mihalache G., **Achiței V.**, Teliban G.C., Cazacu A., Stoleru V. - *Evaluation of the Nutrients Uptake by Tomato Plants in Different Phenological Stages Using an Electrical Conductivity Technique*. Agriculture. 2021; 11(4), p. 292-303. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040292>
3. Gheorghitoaie M.V., **Achiței V.**, Teliban G.C., Stoleru V. *Optimization of tomato cultivation technology under greenhouse through the use of continuous electric current*. Scientific Papers. Series B. Horticulture, Vol. LXIV, No. 1, 2020 p. 379-383.
4. Mihalache G., Pereș C.I., Bodale I., **Achiței V.**, Gheorghitoaie M.V., Teliban G.C., Cojocaru A., Butnariu M., Muraru V. și Stoleru V. 2020. *Tomato Crop Performances under Chemical Nutrients Monitored by Electric Signal*. Agronomy mdpi. p. 1915-1935 doi: 10.3390/agronomy10121915.
5. **Achiței V.**, Bodale I., Gheorghitoaie M.V., Cazacu A., Teliban G.C., Cojocaru A., Stoleru V. *Possibility of using tomato plants as biosensor in the fertilization systems. Posibilitatea utilizării plantelor de tomate ca biosenzor în sistemele de fertilizare*. Lucrări Științifice seria Horticultură, 62 (2) / 2019, USAMV IAȘI p. 25-28.
6. Gheorghitoaie M.V. , **Achiței V.**, Bodale I. , Teliban G.C., Stoleru V. *Optimization of tomato cultivation technology in protected areas through the use of continuous electric current*. Lucrări Științifice seria Horticultură, 62 (1) / 2019, USAMV IAȘI p. 219-224.
7. **Achiței V.**, Gheorghitoaie M., Teliban G.C., Cojocaru A., Stoleru V. *Preliminary results regarding the determination of the water supply of eggplants*. Lucrări Științifice seria Horticultură Editura “Ion Ionescu de la Brad” Iași Vol. 61 Nr. 1 2018 p. 255-258.

8. Gheorghitoaie M., **Achiței V.**, Teliban G.C., Stoleru V. *Preliminary results regarding electrostimulation of the physiological rhythm by using continuous electric current in pepper crops*. Lucrări științifice Vol. 61 Nr. 1 Seria Horticultură Editura "Ion Ionescu de la Brad" Iași 2018 p. 259-262.

REZUMATE/POSTERE PUBLICATE:

1. Bodale I., Mihalache G., **Achiței V.**, Gabriel Ciprian Teliban, Ana Cazacu, Vasile Stoleru, 2020 - *Evaluation of the Ions Uptake by Tomato Plants in Different Phenological Stages*, RO-ICFP-2020-05, 14th ed. International Conference of Food Physicists (ICFP) November 5 – 6, Iasi, p. 34;
2. **Achiței V.**, Stoleru V., Cojocaru Al., Teliban G., Pereș Cătălina, Mihalache Gabriela, Bodale I. (pp.47), 2020 - *Use of tomato plants as a biosensor in greenhouse fertigation systems*, International Scientific Congress "Life sciences, a challenge for the future", Engineering and Environmental Protection Section, 22-23 October 2020, Iasi – Romania.
3. Bodale I., Cazacu A., Mihalache G., Pereș C., Teliban G.C., Cojocaru A., **Achiței V.**, Gheorghitoaie M.V., Munteanu N., Jităreanu G., Stoleru V., 2019 - *Evaluation of the physiological activity using the electric signal in tomato plants generated by nitrogenous nutritional elements*. International Scientific Congress "Life sciences, a challenge for the future", 17-18 October, Iasi – Romania, p. 51.
4. Bodale I., Mihalache G., Cazacu A., **Achiței V.**, Gheorghitoaie M.V., Teliban G.C., Cojocaru A., Filipov F., Stoleru V., 2019 - *The electric signal measurements in tomato plants generated by the most important nutritional elements*, International Scientific Congress "Life sciences, a challenge for the future", 17-18 October, Iasi – Romania, p.47;
5. Bodale I., Vasile S., Gabriela M., Cazacu A., Peres C., Teliban G.C., **Achitei V.**, Cojocaru A., Feodor F., 2019 - *Measurements of the electric signal in tomatoes generated by the most important nutritional elements*, United Nations/Romania International Conference on Space Solutions for Sustainable Agriculture and Precision Farming - Parallel session on The 9th International Symposium Soil Minimum Tillage Systems, 06-10 May, Cluj-Napoca – Romania, p.35.

BREVET: Brevet de invenție nr. a 2020 00094 cu data de depozit 24/02/2020, cu titlul PROCEDU ȘI INSTALAȚIE DE IRIGARE A PLANTELOR CU BIOSENZOR – autori: Stoleru V., **Achiței V.**, Gheorghitoaie M.V., Bodale I., Muraru V.M

CARTE: Stoleru V., Țenu I., Stan T., Muraru V., Teliban G.C., Cojocaru A., Bodale I., Cazacu A., Mihalache G., Gheorghitoaie M.V., **Achiței V.**, Pereș C.I., 2020 -

Perspective moderne în fertirigarea legumelor din spații protejate. Editura „Ion Ionescu de la Brad”, Iași.

PREMII:

1. Diplomă, medalie de bronz, Stoleru V, Muneanu N., Țenu I., Stan T., Muraru V., Teliban G.C., Cojocaru A., Bodale I., Cazacu A., Mihalache G., Gheorghitoaie M.V., **Achiței V.**, Pereș C.I. *Perspective moderne în fertirigarea legumelor în spații protejate.* Euro Invent Book Salon - mai 2021
2. Diplomă de excelență, medalie de argint, Stoleru V., **Achiței V.**, Gheorghitoaie M.V., Bodale I., Muraru V.M., *Procedeu și instalație de irigare a plantelor cu biosenzor/ Procedure and installation of plant irrigation with biosensor.* Inventica iun 2021