

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

TEZĂ DE DOCTORAT

Doctorand,
Ing. Mădălin Vasile GHEORGHIȚOAIE

Conducător de doctorat,
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. Mădălin Vasile GHEORGHIȚOAIE

PhD Coordinator,
Prof. Vasile STOLERU, PhD

IAȘI, 2022

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

TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND OPTIMIZAREA
TEHNOLOGIEI DE CULTIVARE A
TOMATELOR ÎN SPAȚII PROTEJATE
PRIN UTILIZAREA CURENTULUI
ELECTRIC CONTINUU**

Doctorand,
Ing. Mădălin Vasile GHEORGHIȚOAIE

Conducător de doctorat,
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 OPTIMIZATION OF
TOMATO GROWING TECHNOLOGY
UNDER PROTECTED AREAS USING
DIRECT ELECTRIC CURRENT**

PhD Student,
Eng. Mădălin Vasile GHEORGHIȚOAIE

PhD Coordinator,
Prof. Vasile STOLERU, PhD

IAȘI
2022

CUPRINS

INTRODUCERE	15
REZUMAT.....	19
PARTEA I – STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND UTILIZAREA CURENTULUI ELECTRIC CONTINUU ÎN CULTURA TOMATELOR.....	31
CAPITOLUL I. CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND CULTURA TOMATELOR.....	32
1.1. Importanța cultivării tomatelor	32
1.2. Cercetări cu privire la producția obținută și suprafața cultivată, la nivelul pieței mondiale a tomatelor.....	32
1.3. Studii privind originea și taxonomia tomatelor.....	33
1.4. Centrul de origine și distribuția la nivel mondial a tomatelor.....	34
1.5. Particularitățile morfofiziologice ale tomatelor cultivate	34
1.6. Cerințele ecologice ale plantelor de tomate	35
1.6.1. Cerințe tomatelor față de temperatură.....	35
1.6.2. Cerințele tomatelor față de lumină.....	37
1.6.3. Cerințele tomatelor față de umiditate.....	37
1.6.4. Cerințele tomatelor față de sol	38
1.6.5. Regimul de nutriție al tomatelor	39
1.6.6. Cerințele tomatelor față de aer	40
1.7. Tomatele - valoarea nutritivă și terapeutică.....	41
CAPITOLUL II. STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII PRIVIND UTILIZAREA CURENTULUI ELECTRIC ÎN CULTIVAREA PLANTELOR	43
2.1. Studii cu privire la utilizarea conductivității electrice în plante	43
2.1.1. Istoricul cercetărilor pe plan mondial	43
2.1.2. Studii ale influenței curentului electric asupra plantelor în spațiul cosmic...	47
2.2. Interpretări ale rezultatelor studiilor privind utilizarea curentului electric asupra plantelor pe plan mondial.....	50
2.2.1. Studii recente cu privire la utilizarea curentului electric în domeniul legumicol, pe plan mondial.....	63
2.3. Studii privind electrofiziologia plantelor	66
2.4. Corelarea rezultatelor obținute în cadrul cercetărilor științifice.....	67
PARTEA A II-A – REZULTATELE CERCETĂRILOR PROPRII.....	69
CAPITOLUL III. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRILOR. MATERIALUL ȘI METODOLOGIA DE LUCRU	70
3.1. Motivația cercetărilor.....	70
3.2. Scopul și obiectivele cercetării	70

3.3. Materiale utilizate și metodologia de lucru.....	71
3.3.1. Materialul biologic.....	71
3.3.2. Materiale biotehnice.....	72
3.4. Organizarea cercetărilor.....	73
3.4.1. Echipamente utilizate pentru cercetare	73
3.4.2. Determinări efectuate în vederea urmăririi particularităților specifice fiecărei variante de plante supusă tratamentelor electrice.....	77
3.4.3. Echipamente folosite și mod de lucru în vederea realizării determinărilor de calitate ale tomatelor	78
3.5. Analiza statistică	82
CAPITOLUL IV. STUDIUL CONDIȚIILOR DE CADRU NATURAL	83
4.1. Amplasarea geografică a Stațiunii Didactice	83
4.2. Caracterizarea reliefului.....	83
4.3. Caracterizarea hidrologică	83
4.4. Caracterizarea pedologică.....	84
4.5. Caracterizarea climatică.....	85
4.6. Organizarea serei didactice și de cercetare	85
4.7. Date climatice specifice anilor de studiu	86
CAPITOLUL V. REZULTATE OBTINUTE ȘI DISCUȚII	88
5.1. Rezultate privind influența curentului electric continuu asupra caracteristicilor morfologice ale tomatelor	88
5.1.1. Rezultate privind regimul de înălțime al plantelor de tomate	88
5.1.2. Rezultate privind numărul de frunze formate	89
5.1.3. Rezultate privitoare la diferențierea numărului de inflorescențe formate.....	90
5.1.4. Rezultate privind numărul mediu de fructe.....	90
5.1.5. Rezultate privind dimensiunea fructelor	91
5.1.6. Rezultate privind masa medie a fructelor obținute în cadrul experimentului.....	93
5.1.7. Rezultate obținute privind suprafața foliară la variantele experimentale.....	94
5.1.8 Rezultate privind masa vegetală a tomatelor	94
5.2. Rezultate privind influența curentului electric continuu asupra unor indicatori fiziologici ai tomatelor	95
5.2.1. Rezultate privind conținutul total de pigmenți clorofilieni	96
5.2.2. Rezultate asupra reacțiilor metabolice determinate la nivelul suprafeței foliare	96
5.3. Rezultate privind influența aplicării curentului electric continuu asupra caracteristicilor biochimice ale tomatelor	100
5.3.1. Rezultate privind fermitatea fructelor	100
5.3.2. Rezultate privind aciditatea fructelor de tomate	101
5.3.3. Rezultate privind cantitatea de substanță uscată solubilă	102
5.3.4. Rezultate obținute cu privire la influența curentului electric continuu asupra substanței uscate și a umidității fructelor de tomate	103

5.3.5. Rezultate cu privire la capacitatea antioxidantă a fructelor	105
5.3.6. Rezultate asupra compoziției fructelor de tomate, în compuși primari de metabolism.....	106
5.3.7. Rezultate cu privire la conținutul de elemente minerale al fructelor tomatelor supuse experimentului	108
5.3.8. Rezultate privind compoziția antinutrițională a fructelor de tomate, în condiții diferite de tratament cu curent electric.....	109
5.4. Rezultate privind influența curentului electric continuu asupra producției ...	110
CAPITOLUL VI. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI	112
BIBLIOGRAFIE.....	118
ANEXE	128
LISTA FIGURILOR	129
LISTA TABELELOR.....	131
LISTA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE PUBLICATE	133

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION	17
ABSTRACT.....	25
Ist PART – CURRENT STATE OF THE ART ON THE USE OF CONTINUOUS ELECTRICITY IN TOMATO CROPS.....	29
CHAPTER I. GENERAL CONSIDERATIONS REGARDING TOMATO CROPS.....	32
1.1. The importance of growing tomatoes	32
1.2. Research on the production obtained and the cultivated area, at the level of the worldwide tomato market	32
1.3. Studies on the origin and the taxonomy of tomatoes	33
1.4. The center of origin and worldwide distribution of tomatoes.....	34
1.5. Morphophysiological features of cultivated tomatoes	34
1.6. Ecological requirements of tomato plants.....	35
1.6.1. Tomato temperature requirements	35
1.6.2. Tomatoes requirements for light.....	37
1.6.3. Tomatoes requirements for humidity	37
1.6.4. Tomatoes requirements to the soil	38
1.6.5. Nutrition regimes of tomatoes.....	39
1.6.6. Tomato requirements for air	40
1.7. Tomatoes - nutritional and therapeutic value.....	41
CHAPTER II. CURRENT STATE OF THE ART ON THE USE OF ELECTRIC CURRENT IN PLANT CULTIVATION	43
2.1. Studies on the use of electrical conductivity in plants	43
2.1.1. Worldwide research history	43
2.1.2. Studies of the influence of electric current on plants in outer space.....	47
2.2. Interpretations of the results of studies on the use of electric current on plants worldwide	50
2.2.1. Recent studies regarding the use of electricity in legumiculture domain worldwide	63
2.3. Studies on plant plant electrophysiology	66
2.4. Correlation of results obtained in scientific research.....	67
IInd PART – OWN RESEARCH RESULTS.....	67
CHAPTER III. AIM AND OBJECTIVES OF THE RESEARCH. MATERIAL AND RESEARCH METHODOLOGY.....	70
3.1. Research motivation.....	70
3.2. Aim and objectives of the research.....	70
3.3. Materials used and research methodology	71
3.3.1. Biological material.....	71
3.3.2. Biotechnical materials.....	72

3.4. Research Organisation	73
3.4.1. Equipment used for research.....	73
3.4.2. Determinations performed in order to follow the specific features of each plant variant subjected to electrical treatments	77
3.4.3. Equipments used and working method for making quality determinations of tomatoes	78
3.5. Statistical analysis	82
CHAPTER IV. STUDY OF NATURAL FRAMEWORK CONDITIONS	83
4.1. Geographical location of the didactical station.....	83
4.2. Characterization of the relief.....	83
4.3. Hydrological characterization.....	83
4.4. Pedological characterization	84
4.5. Climate characterization	85
4.6. Organization of the didactic and research greenhouse.....	85
4.7. Climatic data specific to the study years.....	86
CHAPTER V. OBTAINED RESULTS AND DISCUSSIONS	88
5.1. Results on the influence of direct current on the morphological characteristics of tomatoes.....	88
5.1.1. Results regarding the height regime of tomato plants.....	88
5.1.2. Results regarding the number of leaves formed.....	89
5.1.3. Results regarding the differentiation of the number of inflorescences formed.....	90
5.1.4. Results regarding the average number of fruits.....	90
5.1.5. Results regarding fruit size.....	91
5.1.6. Results of the average mass of fruit obtained in the experiment.....	93
5.1.7. Results obtained regarding the leaf surface of the experimental variants.....	94
5.1.8. Results regarding the vegetable mass of tomatoes.....	94
5.2. Results regarding the influence of direct electric current on some physiological indicators of tomatoes	95
5.2.1. Results regarding the total chlorophyll content pigments.....	96
5.2.2. Results on the metabolic reactions determined at the level of the leaf surface.....	96
5.3. Results regarding the influence of the application of continuous electric current on the biochemical characteristics of tomatoes.....	100
5.3.1. Results regarding the fruits firmness.....	100
5.3.2. Results regarding the acidity of tomato fruits.....	101
5.3.3. Results regarding the amount of soluble dry matter.....	102
5.3.4. Results obtained regarding the influence of direct electric current on the dry matter and moisture content of tomato fruits.....	103
5.3.5. Results regarding the antioxidant capacity of fruits.....	105
5.3.6. Results on the composition of tomato fruits, in primary metabolism	

compounds.....	106
5.3.7. Results regarding the content of mineral elements of the tomato fruits subjected to the experiment.....	108
5.3.8. Results regarding the antinutritional composition of tomato fruits, under different conditions of electric current treatment.....	109
5.4. Results on the influence of direct current on production	110
CHAPTER VI. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	115
BIBLIOGRAPHY	118
ANNEXES	128
LIST OF FIGURES	130
LIST OF TABLES	132
LIST OF PUBLISHED SCIENTIFIC PAPERS	133

INTRODUCERE

*„Progresele în medicină și agricultură au salvat
mult mai multe vieți decât s-au pierdut
în toate războaiele din istorie.”*
(Sagan, 1996)

Legumicultura a fost încă din cele mai vechi timpuri una din activitățile de bază ale omului, aceasta delimitându-se ulterior ca știință de sine stătătoare pe măsură ce s-au aplicat tehnologii tot mai performante ce au putut extinde capacitatea de producție prin creșterea perioadei de cultivare a legumelor pe parcursul anului, indiferent de climat, prin utilizarea de echipamente tehnologice din ce în ce mai complexe, fiind totodată studiate mult mai intens particularitățile biologice ale plantelor, a relațiilor dintre acestea, cât și relațiile plantelor cu ecosistemul și factorii de mediu din care acestea fac parte. Dezvoltarea acestei științe a dus la obținerea unor tehnologii de cultură din ce în ce mai performante, capabile să procure hrana din ce în ce mai necesară populației în continuă creștere (Stan și Stan 2010).

Dezvoltarea în timp a tehnologiei de cultivare s-a datorat studierii amănunțite a importanței pe care o au solul, irigarea, asigurarea nutriției corespunzătoare a plantelor, cât și înțelegerea necesităților pe care le au plantele în ceea ce privește factorii de mediu și asigurarea condițiilor climatice cât mai favorabile pentru a obține recolte din ce în ce mai mari din punct de vedere cantitativ și calitativ.

Specialiștii, deși au reușit prin îmbunătățirea tehnologiei de cultură să mărească constant capacitatea de producție, explozia demografică din ultimul secol i-a determinat pe aceștia să gasească noi soluții din ce în ce mai sofisticate pentru a răspunde noilor nevoi, fiind astfel adoptate noi tehnologii care au reușit să genereze cantități mult mai mari de legume, în detrimentul calității fructelor, chiar prin eliminarea solului ca substrat de cultură, prin aplicarea de fertilizanți obținuți din compuși chimici de sinteză sau aplicarea de tratamente chimice pentru combaterea bolilor și a dăunătorilor.

Revenirea la metodele de cultivare în regim ecologic, prin implementarea tehnologiilor de cultivare sustenabile și durabile reprezintă o încercare de a se reveni la metodele de obținere a hranei de calitate superioară, chiar dacă scade cantitatea recoltei, ceea ce reprezintă o conștientizare a faptului că trebuie pus accentul și pe obținerea de hrană calitativă, chiar dacă există riscul de a nu se putea obține cantitatea de hrană necesară pentru a acoperi nevoile de consum. Perspectivile de cultură moderne arată însă faptul că cercetarea poate aduce un echilibru între obținerea unor producții atât cantitative cât și calitative prin utilizarea curentului electric ca potențial stimul în metabolismul plantelor și utilizarea de plante pilot dintr-o cultură ca biosenzori pentru determinarea nevoilor legate de necesarul de apă

sau substanțe nutritive al culturii respective, aspecte ce au potențialul de a duce la un cu totul alt nivel modul de producere al hranei (Stoleru și colab., 2020).

Una dintre cele mai importante plante de cultură din cadrul legumiculturii este reprezentată de tomate – *Lycopersicon esculentum* Mill., fructele prezentând o deosebită importanță alimentară, agrotehnică, economică și socială (Stan și colab., 2003). Fructele de tomate sunt utilizate la prepararea a peste 125 de sortimente culinare, aspect de unde rezultă utilizarea pe larg a acestora în alimentație (Patron, 1989).

Întrucât tomatele reprezintă una dintre cele mai importante plante de cultură din domeniul legumicol, acest fapt constituie un factor determinant în alegerea acestora ca obiect de studiu în ceea ce privește cercetările științifice în vederea experimentării de tehnologii noi, ce pot fi ulterior adaptate pentru a putea fi utilizate pe larg și în cadrul altor culturi (Atheron și Rudich, 1994).

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.

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.

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.

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

*“Advances in medicine and agriculture have saved
vastly more lives than have been lost
in all the wars in history.”*

(Sagan, 1996)

Vegetable farming has been one of the basic human activities since ancient times, later delimiting itself as an independent science as more and more advanced technologies have been applied which have been able to expand production capacity by increasing the cultivation period of vegetables during the year, regardless of climate, through the use of increasingly complex technological equipment, much more intense the biological particularities of the plants, the relations between them, as well as the relations of the plants with the ecosystem and the environmental factors of which they are a part also being studied. The development of this science has led to the obtaining of increasingly efficient cultivation technologies, capable of providing the increasingly necessary food to the ever-growing population. (Stan and Stan 2010).

The development of cultivation technology over time has been because of the detailed study of the importance of the soil, irrigation, ensuring proper plant nutrition, as well as understanding the needs of plants in terms of environmental factors and ensuring the most favorable climatic conditions to get bigger and bigger crops in terms of quantity and quality.

Although specialists have managed to constantly increase production capacity by improving crop technology, the demographic explosion of the last century has led them to find new and more sophisticated solutions to meet new needs, thus adopting new technologies that have managed to generate much larger quantities of vegetables, to the detriment of fruit quality, even by removing the soil as a growing medium, by applying fertilizers obtained from synthetic chemicals or by applying chemical treatments to control diseases and pests.

Returning to organic farming methods by implementing sustainable and durable cultivation technologies represents an attempt to return to methods of obtaining high quality food, even if the yield of the crop decreases, which raises the awareness of the need to emphasize and on obtaining quality food too, even if there is a risk of not being able to obtain the amount of food needed to cover consumption needs. However, with the modern culture perspectives, it shows that research can strike a balance between both quantitative and qualitative production with the usage of electricity as a potential stimulus in plant metabolism and the use of pilot plants in a culture as biosensors to determine the needs of water or nutrients of the respective crop, aspects that have the potential to take to a completely different level the way of food production (Stoleru et al. 2020).

One of the most important crops in vegetable growing is represented by tomato - *Lycopersicon esculentum* Mill., the fruits presenting a great food source and also having a agro-technical, economical and social importance (Stan et al., 2003). Tomato fruits are used in the preparation of over 125 culinary varieties, aspect of which it results their widespread use in food (Patron, 1989).

As tomatoes plants are one of the most important crop plants in the field of legumiculture, this had been the determining factor in choosing them as a subject of study in terms of scientific researches in order to experiment with new technologies, which can be subsequently adapted so that they can be widely used in other cultures (Atheron and Rudich, 1994).

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.

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.

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.

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.

Author

REZUMAT

Cuvinte cheie: tomate, curent electric, câmp magnetic, cultură horticolă smart

Studiile și cercetările efectuate în scopul realizării tezei de doctorat cu titlul *Cercetări privind optimizarea tehnologiei de cultivare a tomatelor în spații protejate prin utilizarea curentului electric continuu* s-au desfășurat în perioada 2019-2021, în cadrul serei didactice și de cercetare existente la nivelul sectorului legumicol din Institutul 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 șase capitole.

Partea I – Stadiul actual al cercetărilor privind utilizarea curentului electric continuu în cultura de tomate

Capitolul 1 – Considerații generale - cultura tomatelor

Capitolul 2 – Stadiul actual al cunoașterii privind utilizarea curentului electric în culturile plantelor

Partea a II-a – Rezultatele cercetărilor proprii

Capitolul 3 – Scopul și obiectivele cercetărilor. Material și metodologia de lucru

Capitolul 4 – Studiul condițiilor cadrului natural

Capitolul 5 – Rezultate obținute și discuții

Capitolul 6 – Concluzii și recomandări

La finalul tezei sunt prezentate bibliografia ce cuprinde un număr de 133 de referințe bibliografice, atât din România, cât și din străinătate, cât și anexele ce cuprind lista figurilor, lista tabelelor, respectiv lista lucrărilor științifice publicate.

Prima parte a tezei de doctorat, stadiul actual al cercetărilor privind utilizarea curentului electric continuu în cultura de tomate, este alcătuită din două capitole ce cuprind o serie de informații cu caracter general din cadrul literaturii de specialitate.

Capitolul 1 – Considerații generale privind cultura tomatelor

Acest capitol este structurat în șapte subcapitole în care sunt prezentate o serie de noțiuni introductive, de la necesitatea cultivării tomatelor, corelarea producției cu suprafețele și nivelul pieței globale, originea tomatelor, distribuția acestei culturi la nivel global, particularitățile morfo-fiziologice ale plantelor de tomate, exigențele ecologice ale acestora, până la aspectele ce privesc valoarea nutritivă și terapeutică a fructelor de tomate. Aceste noțiuni prezintă tehnologia recomandată de cultivare și cerințele generale ecologice ale tomatelor, respectiv date referitoare la importanța nutritivă a acestora. Prin urmare acest capitol atestă faptul că plantele de tomate sunt cultivate pe scară largă, la nivel mondial, datorită

proprietăților nutritive ale fructelor, cât și al gustului plăcut al acestora, motiv pentru care s-au efectuat numeroase studii care să susțină proprietățile benefice ce reies din consumul fructelor de tomate.

Capitolul 2 – Stadiul actual al cunoașterii privind utilizarea curentului electric în cultivarea plantelor

Acest capitol cuprinde patru subcapitole unde este prezentată istoria descoperirii și utilizării conductivității electrice în plante, studii ce s-au realizat atât pe suprafața terestră, cât și pe stații orbitale pentru a se evita interacțiunea câmpului electromagnetic ce este generat în mod natural de către Pământ.

În primul subcapitol sunt prezentate studiile ce se referă la descoperirea capacității plantelor de a conduce curentul electric. Aici am detaliat pe larg istoricul studiilor efectuate atât la nivelul suprafeței terestre, cât și cercetările efectuate în spațiul cosmic. În cadrul acestui subcapitol, cea mai reprezentativă publicație este cea în care s-au demonstrat efectele prezente la nivel celular, pentru plantele care au fost scoase din zona de interacțiune cu câmpul electromagnetic ce este generat în mod natural de către Pământ. Importanța acestor studii este deosebită, întrucât astfel se poate asigura baza materială fundamentală pentru prezenta cercetare ce atestă posibilitatea obținerii unor rezultate favorabile, comparativ cu cele obținute de către alți oameni de știință până în prezent.

Cel de-al doilea subcapitol scoate în evidență interpretările rezultatelor de cercetare obținute la nivel mondial în cadrul altor studii oficiale ce au fost documentate prin intermediul publicațiilor științifice. Pe baza datelor din cadrul bazei științifice disponibile este expusă o centralizare a principalelor efecte pe care utilizarea electricității sau a câmpului magnetic îl prezintă asupra unor specii diferite de plante, în funcție de organul de plantă supus stimulilor, fiind prezentate punctual efectele pozitive sau negative înregistrate.

La nivelul subcapitolului trei sunt prezentate noțiuni ce țin de electrofiziologia plantelor, fiind prezentat modul în care reacționează plantele la nivel celular, datorită modificării potențialului de membrană. În scopul unei mai clare înțelegeri a modului în care organismul plantelor permite transmiterea impulsurilor electrice prin organismul lor sunt prezentate succint o serie de aspecte ce țin de mecanismele din cadrul electrofiziologiei plantelor. Tot la nivelul acestui subcapitol este prezentată și posibilitatea dezvoltării de biosenzori, prin exemplificarea modalității de obținere a imunosenzorilor umani.

În încheierea acestui capitol, prin intermediul subcapitolului patru, sunt apoi corelate și discutate rezultatele obținute în cadrul cercetărilor științifice efectuate de către cercetătorii interesați de dezvoltarea acestei ramuri prin care culturile plantelor pot fi revoluționate odată cu aplicarea unor stimuli exteriori de natură fizică. Acești stimuli constau în utilizarea unor cureți electrice sau câmpuri magnetice, aplicați

sub diferite modalități, intensități sau durate de timp, în scopul obținerii de recolte sustenabile, mai bogate și mai calitative.

Partea a doua a tezei de doctorat unde sunt cuprinse rezultatele cercetărilor proprii, este cea mai vastă, aici fiind regăsite celelalte patru capitole.

Capitolul 3 – Scopul și obiectivele cercetărilor. Materialul și metodologia de lucru, este structurat în cinci subcapitole.

Primul subcapitol reprezintă motivația efectuării acestor cercetări științifice dată de numărul extrem de restrâns de cercetători care au început să studieze efectele curentului electric asupra plantelor, rezultatele favorabile obținute de aceștia, respectiv de provocarea științifică personală de a studia comportamentul organismului plantelor în funcție de modul, intensitatea și momentul de aplicare a curentului electric.

În cel de al doilea subcapitol a apărut astfel necesitatea de a stabili scopul prezentului studiu și anume evaluarea influenței curentului electric continuu ce este aplicat în mod permanent asupra plantelor de tomate, pentru a se putea stabili parametrii optimi de cultură în vederea obținerii unor maxime de recoltă din punct de vedere cantitativ și calitativ. Acest scop, odată stabilit, a condus la realizarea obiectivelor de evaluare, determinare și studiere a particularităților morfologice, fiziologice și biochimice ale plantelor de tomate electrostimulate.

Al treilea subcapitol prezintă materialul și metodologia de lucru folosite în cadrul poligonului de cercetare al disciplinei de legumicultură din cadrul Institutului de Cercetări pentru Agricultură și Mediu Iași, pe parcursul anilor de studii din 2019, 2020, respectiv 2021. Ca material biologic a fost folosit hibridul de tomate *Qualitet F1*, datorită caracteristicilor pe care acest hibrid le prezintă în condițiile de cultură prezente în cadrul spațiilor protejate. Pentru materialul biotehnic a fost utilizat un substrat sub formă de amestec omogen, compus din turbă, compost, perlit și orgevit. Pe parcursul perioadei de vegetație, la intervale de timp bine stabilite au fost aplicați fertilizanți, datorită volumului limitat de nutrienți ce se regăsesc în interiorul vasului de cultură. Aceste stimulări nutritive au fost realizate în mod similar pentru toate plantele supuse cercetării științifice.

Organizarea cercetărilor descrisă în cel de-al patrulea subcapitol prezintă modul de organizare a cercetării, prin gruparea numărului total de treizeci de plante în șase variante de studiu cu câte cinci plante pe repetiție. Pentru fiecare variantă a fost utilizată câte o metodă distinctă de aplicare a stimulilor electrici. În cazul primelor trei variante fiind aplicați curenți de intensități diferite prin intermediul unor spirale montate în jurul organelor aeriene ale plantelor. Pentru cea de-a patra variantă administrarea curentului s-a realizat direct în corpul plantelor, la cea de-a cincea varianta curentul s-a administrat la nivel radicular cu ajutorul unor electrozi, în timp ce un grup de cinci plante au rămas pentru îndeplinirea rolului de plante de referință.

În cazul tuturor celor cinci variante unde au fost aplicați stimulii electrici durată de aplicare a curentului a fost de la data de 1 mai, până la data de 31 august a fiecărui an de studiu, timp de 24 h/zi.

Tot la nivelul acestui subcapitol au fost stabilite și determinările ce s-au efectuat asupra culturii de tomate, respectiv s-au precizat și descris echipamentele cu ajutorul cărora am efectuat măsurătorile necesare, fiind prezentate și imagini ce demonstrează efortul depus în cadrul acestei lucrări.

În subcapitolul cinci este prezentată metoda de analiză statistică prin care datele rezultate în urma determinărilor sunt prezentate în cadrul tezei de doctorat.

Capitolul 4 – Studiul condițiilor de cadru natural

La nivelul acestui capitol se regăsesc șapte subcapitole unde sunt detaliate condițiile de studiu din punct de vedere al amplasării geografice și al caracteristicilor reliefului din prisma rețelei hidrologice, a componentelor pedologice, a datelor climatice, respectiv a modului de organizare a serei didactice unde a fost realizat experimentul.

Locul de desfășurare al experimentelor a fost amplasat într-o bază de cercetare modernă, dotată la nivelul standardelor europene de cultivare în regim protejat. Cercetările s-au derulat în cadrul compartimentului numărul II din cadrul complexului didactic al Institutului de Cercetări pentru Agricultură și Mediu, unde este amplasată sera ce aparține disciplinei de legumicultură din cadrul Facultății de Horticultură. Condițiile de mediu asigurate pe parcursul celor trei ani de cercetări au fost identice pentru toate cele șase variante de studiu (lumină, temperatură, umiditate relativă a aerului). Totodată norma de udare aplicată plantelor a fost de asemenea identică pentru toate plantele, cum este de altfel cazul tuturor lucrărilor de îngrijire aplicate.

La nivelul ultimului subcapitol accentul s-a pus în mod special pe datele ecologice înregistrate pe parcursul derulării cercetării științifice, tocmai în ideea de a arăta faptul ca datele furnizate de sistemul informatic al serei au fost similare pe parcursul anilor de studii.

Capitolul 5 – Rezultate obținute și discuții

În cadrul acestui subcapitol se regăsesc patru subcapitole unde este structurat întregul bilanț de cercetare, prin prisma grupării datelor în funcție de caracteristicile indicatorilor urmăriți.

Pentru prezentarea caracteristicilor morfologice s-a urmărit efectuarea unei serii de determinări asupra înălțimii plantelor, a numărului de frunze, a numărului de fructe, a dimensiunilor acestora (înălțimea și diametrul fructelor), a masei fructelor recoltate, după care s-au determinat suprafețele foliare și masele plantelor pentru

partea aeriană a acestora. În urma acestor determinări au fost obținute rezultate favorabile, acestea indicând fie o serie de diferențe semnificative din punct de vedere statistic, fie variații nesemnificative, dar care pot conduce la factori de impact, odată cu extrapolarea rezultatelor la unități de suprafață pentru cultivarea acestor plante în regim de producție. Diferența cea mai mare obținută, în cadrul acestor determinări, s-a realizat în cazul regimului de înălțime al plantelor.

La cel de-al doilea subcapitol este prezentată influența pe care curentul electric continuu o are asupra tomatelor din perspectiva indicatorilor fiziologici, de această dată urmărind următoarele aspecte: conținutul de pigmenți clorofilieni, rata fotosintezei, indicele de radiație luminoasă de la suprafața frunzei, fiind totodată efectuate determinări și asupra conductanței stomatale, a concentrației de dioxid de carbon substomatale, cât și asupra evapotranspirației. Rolul determinărilor fiziologice a fost acela de a evalua nivelul de similaritate în cultura tomatelor supuse experimentului, prin comparație cu plantele martor. Rezultatele obținute pentru acești indicatori au fost nesemnificative, pe durata tuturor celor trei ani de studiu, aspect datorat faptului că toate plantele au fost amplasate la nivelul aceluiași compartiment din cadrul serei didactice.

În subcapitolul trei sunt prezentate rezultatele obținute în urma determinărilor biochimice. Aceste determinări prezintă o importanță deosebită întrucât acestea sunt specifice calității fructelor obținute, aspect determinant în selectarea produselor de către clienți. Pentru a se prezenta o imagine cât mai relevantă, în acest sens, au fost efectuate determinări asupra unei categorii cât mai complexe de indicatori, respectiv: fermitatea fructelor, aciditatea, substanța uscată solubilă, substanța uscată complementar cu gradul de umiditate al fructelor, conținutul în lichen, polifenoli și β -caroten. De asemenea s-au efectuat determinări asupra capacității antioxidante, a lipidelor brute, a proteinelor brute, a fibrelor brute și a celor dietetice, a energiei calorice, a conținutului de minerale (potasiu, calciu, magneziu, fier, zinc, sodiu), respectiv asupra conținutului de antinutrienți din fructe, unde s-au urmărit acidul fitic, taninurile, oxalații, saponinele, inhibitorii de tripsină și inhibitorul de α -amilază. Ca urmare a analizelor efectuate au fost obținute rezultate care fie au marcat o serie de diferențe semnificative statistic, cum este cazul majorității acestor indicatori, în special la plantele stimulate electric fiind obținute valorile maxime, fie diferențe nesemnificative statistic, acestea din urmă fiind specifice unui număr mai restrâns de indicatori. Drept urmare, din determinările biochimice se indică faptul că plantele stimulate prezintă caracteristici fitoterapeutice, nutritive și organoleptice superioare plantelor martor.

În cadrul ultimului subcapitol, sunt prezentate rezultatele privind producția obținută, ca medie pentru cei trei ani de studiu. Aceste rezultate sunt prezentate pentru a se observa dacă se realizează un contrast între indicatorii calitativi și cei cantitativi sau dacă ambii prezintă o evoluție favorabilă, aspect în urma căruia s-a

constatat faptul că ambii indicatori prezintă rezultate favorabile prin utilizarea curentului electric continuu în cultura plantelor de tomate.

Capitolul 6 – Concluzii și recomandări

În ultimul capitol din cadrul acestei teze de doctorat sunt prezentate concluziile privind particularitățile morfologice, fiziologice și biochimice, cât și datele privind producția din cadrul condițiilor experimentale, concluzii ce indică rezultate favorabile, ca urmare a activității de cercetare desfășurată. Totodată este arătat faptul că prin utilizarea curentului electric ca factor de stimul se pot obține rezultate pozitive, venind astfel în întâmpinarea nevoilor actuale de satisfacere a cerințelor de hrană din ce în ce mai drastice de la nivel mondial, nevoi datorate în special creșterii numărului populației, dar și în urma degradării mediului înconjurător din cauza poluării. Astfel s-a ajuns la recomandarea utilizării unui astfel de sistem de automatizare de tip smart și la încurajarea continuării cercetărilor de acest tip pe o scară cât mai largă de specii de plante.

ABSTRACT

Keywords: tomato, electric current, magnetic field, smart horticultural culture

Studies and research carried out in order to complete the PhD thesis with the title ***Optimization of tomato cultivation technology in protected areas through the use of direct current*** took place in 2019-2021, in the didactic and research greenhouse existing in the vegetable sector from Research Institute for Agriculture and Environment and in the discipline laboratory of Vegetable Growing from the Faculty of Horticulture Iași.

The PhD thesis is structured in two parts and includes six chapters.

Ist PART – Current state of the art on the use of continuous electricity in tomato crops

Chapter 1 – General considerations regarding tomato crops

Chapter 2 – Current state of the art on the use of electric current in plant cultivation

IInd PART – OWN RESEARCH RESULTS

Chapter 3 – Aim and objectives of the research. Material and research methodology

Chapter 4 – Study of natural framework conditions

Chapter 5 – Results obtained and discussions

Chapter 6 – Conclusions and recommendations

At the end of the thesis the bibliography is presented and it includes a number of 133 bibliographic references, both from Romania and abroad, as well as the annexes that include the list of figures, the list of tables, respectively the list of published scientific papers.

The first part of the PhD thesis, „The current state of the art on the use of direct electricity in tomato cultivation”, consists of two chapters that include a series of general information within the specialized literature.

Chapter 1 – General considerations regarding tomato crops

This chapter is structured in seven subchapters in which a series of introductory notions are presented, from the need to grow tomato, the correlation of production with the areas and level of the global market, the origin of tomato, the distribution of this crop globally, the morphophysiological peculiarities of tomato plants, their ecological requirements, up to the aspects regarding the nutritional and therapeutic value of tomato fruits. These notions present the recommended cultivation technology and the general ecological requirements of tomato, respectively data on their nutritional importance. Therefore, this chapter

attests to the fact that tomato plants are widely cultivated worldwide, due to the nutritional properties of the fruits, as well as their pleasant taste, which is why numerous studies have been carried out to support the beneficial properties that results from the consumption of tomato fruits.

Chapter 2 – Current state of knowledge on the use of electric current in plant cultivation

This chapter includes four subchapters in which the history of the discovery and use of electrical conductivity in plants is presented, studies that have been done both on the Earth's surface and on orbital stations to avoid the interaction of the electromagnetic field that is naturally generated by the Earth.

In the first subchapter there are presented the studies that refer to the discovery of the capacity of plants to conduct electricity. Here I have detailed the history of the studies conducted both at the Earth's surface and research conducted in outer space. In this subchapter, the most representative publication is the one that demonstrated the effects present at the cellular level, for plants that were removed from the area of interaction with the electromagnetic field that is naturally generated by the Earth. The importance of these studies is a special one, as this can provide the fundamental material basis for this research which attests to the possibility of obtaining favorable results compared to those which were obtained by other scientists until now.

The second subchapter highlights the interpretations of research results obtained at an international scale in other official studies that have been documented through scientific publications. Based on the data from the available scientific basis, a centralization of the main effects that the use of electricity or the magnetic field has on different plant species is exposed, depending on the plant organ subjected to stimuli, being presented punctually the registered positive or negative effects.

In the third subchapter, the notions related to plant electrophysiology are presented, by the way of the plant's reaction at the cellular level, due to the modification of the membrane potential. In order to have a clearer understanding of how the plant organism allows the transmission of electrical impulses through their body, a series of mechanisms in plant electrophysiology are briefly presented. Also, at the level of this subchapter the possibility of developing biosensors, by exemplifying the way of obtaining human immunosensors is presented.

At the end of this chapter, through subchapter four, the results obtained in scientific research conducted by researchers interested in the development of this branch through which plant crops can be revolutionized with the application of external stimuli of a physical nature are then correlated and discussed. These stimuli

consist in the use of electric currents or magnetic fields, applied in different ways, intensities or durations, in order to obtain sustainable, richer and higher quality crops.

The second part of the PhD thesis, which includes the results of his own research, is the most extensive, here being found the other four chapters.

Chapter 3 - Aim and objectives of research. Material and research methodology, it is structured in five subchapters.

The first subchapter represents the motivation for conducting this scientific research given by the extremely limited number of researchers who began to study the effects of electricity on plants, the favorable results obtained by them, respectively by the personal scientific challenge to study the behavior of the plant organism according to the mode, intensity and moment of application of the electric current.

In the second subchapter, the need of establishing the purpose of this study arose, namely to assess the influence of direct current that is permanently applied on tomato plants, in order to be able to establish optimal crop indices in order to obtain maximum yields from a quantitative and qualitative point of view. This goal, once established, led to the achievement of the objectives of evaluation, determination and study of the morphological, physiological and biochemical peculiarities of electrostimulated tomato plants.

The third subchapter presents the material and the research methodology used in the research polygon of the vegetable cultivation discipline within the Research Institute for Agriculture and Environment Iași, during the study years of 2019, 2020, respectively 202. As biological material was used the tomato hybrid *Qualitet F1*, due to the characteristics which this hybrid presents in the culture conditions present in the protected areas. For the biotechnical material a substrate in the form of a homogeneous mixture was used, composed of peat, compost, perlite and orgevit. During the vegetation period, fertilizers were applied at well-established intervals, due to the limited volume of nutrients found inside the culture vessel. These nutritional stimuli were applied similarly for all plants subject to scientific research.

The organization of the research described in the fourth subchapter presents the way of organizing the research, by grouping the total number of thirty plants in six variants of study with five plants per repetition. For each variant a distinct method of application of electrical stimuli was used. In the case of the first three variants the current being applied at different intensities by means of spirals mounted around the aerial organs of the plants. For the fourth variant the current administration was performed directly in the body of the plants, in the fifth variant the current was administered at the root level with the help of some electrodes, while a group of five plants remained to fulfill the role of reference plants. In the case of all the five

variants where the electrical stimuli were applied, the duration of the current application was from 1st of May, until 31st of August of each year of study, for 24 hours / day.

Also at the level of this subchapter were established the determinations that were made on the tomato crop, respectively specified and described the equipment with the help of which I performed the necessary measurements, being presented images that demonstrate the effort made in this research paper.

Subchapter five presents the method of statistical analysis by which the data resulting from the determinations are presented in the PhD thesis.

Chapter 4 – Study of natural framework conditions

At the level of this chapter there are seven subchapters where the research conditions are detailed from the geographical and geomorphological point of views, with the influence of the hydrological network, pedological components, climate data, also of the way of organizing the didactic greenhouse where the scientific experiment was conducted.

The place of the experiment was located in a modern research greenhouse, equipped at the European standards level of cultivation in a protected regime. The research took place in the number II compartment within the didactic complex of the Research Institute for Agriculture and Environment, where the greenhouse which belongs to the discipline of vegetable growing within the Faculty of Horticulture is located. The climatic conditions provided during the three years of research were identical for all six study variants (light, temperature, relative air humidity). At the same time, the watering norm applied to the plants was also identical for each plants group, as is the case with all the applied care.

At the level of the last subchapter, the emphasis was especially put on the ecological data recorded during the scientific research, precisely with the idea of showing that the data provided by the computer system of the greenhouse were similar during the years of study.

Chapter 5 – Results obtained and discussions

Within this chapter there are four subchapters where the entire research balance is structured in terms of grouping the data according to the characteristics of the indicators followed.

In order to present the morphological characteristics, a series of determinations were performed on the height of the plants, the number of leaves, the number of fruits, their dimensions (height and diameter of the fruits), the mass of the harvested fruits, the leaf areas were determined. and finally, the masses of the plants for their aerial part. Following these determinations, favorable results were obtained,

these indicating either a series of statistically significant differences or insignificant variations, which may lead to impact factors with the extrapolation of the results to area units for the cultivation of these plants in the production regime. The most significant difference obtained in these determinations was made in the case of the plant's height regime.

In the second subchapter is presented the influence that the direct electric current has on tomatoes from the perspective of physiological indices, this time following the next aspects: chlorophyll content index, the rate of photosynthesis, light radiation index from the leaf surface, at the same time determinations being made on stomatal conductance, substomatal cavities carbon dioxide concentration as well as on evapotranspiration. The role of the physiological determinations was to evaluate the level of similarity in the culture of the tomatoes subjected to the experiment, by comparison with the control plants. The results obtained for these indices were insignificant, during all the three years of study, aspect due to the fact that all the plants were placed at the level of same compartment within the teaching greenhouse.

In the subchapter three are presented the results obtained from biochemical determinations. These determinations are of particular importance as they are specific to the quality of the fruits obtained, a decisive aspect in the selection of products by potential customers. In order to present a more relevant image, on this aspect, determinations were made on a category of indicators as complex as possible, respectively: fruit firmness, acidity, total soluble solids, dry matter complementary to the moisture content of the fruit, lycopene content, polyphenols and β -carotene. Also determinations were made on antioxidant activity, crude lipids, crude protein, crude fiber and dietary fiber, calorific value, mineral content (potassium, calcium, magnesium, iron, zinc, sodium), respectively on the antinutrient content in the fruits, where the phytic acid, tannins, oxalates, saponins, trypsin inhibitors and α -amylase inhibitor were monitored. As a result of the analyzations performed, results that either marked a series of statistically significant differences, as is the case with most of these indicators, especially for the plants that were electrically stimulated, obtaining maximum values or statistically insignificant differences, the latter being specific to a number more restricted by indicators were obtained. As a result of the biochemical determinations, it is indicated that the stimulated plants present phytotherapeutic, nutritional and organoleptic characteristics superior to the control plants.

In the last subchapter, the results on the production obtained are presented, as an average for the three years of study. These results are presented to see if a contrast was achieved between qualitative and quantitative indices or if both showed a favorable evolution, aspect of which, as a result, it was found that both indicators present favorable results through the use of direct electric current in the cultivation of tomato plants.

Chapter 6 – Conclusions and recommendations

In the last chapter of doctoral thesis, are presented the conclusions on morphological, physiological and biochemical features, as well as the data on production under experimental conditions, conclusions that indicate favorable results, as a result of the research activity carried out. At the same time, it was shown that by using electricity as a stimulus factor, positive results can be obtained, thus meeting the current needs of meeting increasingly stringent food requirements worldwide, needs mainly due to the increase of the population number, but also due to the degradation of the environment due to pollution. This has led to the recommendation of using such a smart automation system and to encourage the continuation of such research on a wide range of plant species.

**PARTEA I – STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR
PRIVIND UTILIZAREA CURENTULUI ELECTRIC
CONTINUU ÎN CULTURA TOMATELOR**

**Ist PART – CURRENT STATE OF THE ART ON THE USE
OF CONTINUOUS ELECTRIC CURRENT IN TOMATO
CROPS**

CAPITOLUL I
CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND CULTURA
TOMATELOR
CHAPTER I
GENERAL CONSIDERATIONS REGARDING TOMATO
CROPS

1.1. Importanța cultivării tomatelor

Fructele de tomate, datorită beneficiilor pentru sănătate, sunt consumate pe tot globul, interesul consumatorilor fiind în continuă creștere. Consumul de tomate este asociat cu reducerea formelor de cancer (Sharoni și colab., 2016) și al bolilor cardiovasculare (Mordente și colab., 2011). Efectele benefice se datorează conținutului de compuși ce oferă o varietate de hidrofile și lipofile dietetice cum sunt: acidul ascorbic, carotenoizii (β -caroten și lycopen), tocoferoli, compuși fenolici (acid cafeic, naringenină, acid ferulic, acid clorogenic) (Periago și colab., 2009; García-Valverde și colab., 2013). Consumul tomatelor în stare proaspătă este recomandat, întrucât conținutul de vitamine și săruri minerale este unul ridicat, fiind asimilate de organismul uman aproape în totalitate. În ceea ce privește valoarea alimentară, un fruct de tomate cu masa de aproximativ 150 g, are o valoare energetică de 25 calorii, conține 20 mg Na, 340 mg K, 5 g carbohidrați, 1 g fibre dietetice, 3 g zahăr, 1 g proteine, respectiv cantități importante de vitamina A, vitamina C, calciu și fier, spre deosebire de alte alimente. Tomatele sunt de asemenea bogate în acizi organici, aminoacizi, săruri de fier, potasiu, sodiu, magneziu ce sunt esențiali unei bune funcționări a organismului.

Din aceste motive, atenția deosebită a consumatorilor pentru tomate poate fi remarcată la nivel mondial, datorită faptului că fructele fiind bogate în numeroși nutrienți prezintă un gust deosebit și constituie o sursă de hrană excelentă. Indicele de culoare al fructelor este dat de lycopen, acesta fiind principalul carotenoid. Studiile arată faptul că prin ingerare fructele prezintă efecte antimutagene, antiinflamatorii și anticarginogene (Sharoni și colab., 2016).

1.2. Cercetări cu privire la producția obținută și suprafața cultivată, la nivelul pieței mondiale a tomatelor

Una dintre cele mai importante plante legumicole cultivate la nivel mondial este reprezentată de tomate, mai ales datorită valorii nutritive a fructelor, fapt ce constituie plasarea acestora în topul alimentelor din dieta zilnică a populației. Suprafața ocupată de această cultură la nivel mondial se întinde pe circa 4 848 000

hectare, de pe care se obține o recoltă de până la 182 302 000 tone, în Uniunea Europeană fiind produs de un procent de 10% din această cantitate. Asia era la nivelul anului 2017 liderul mondial al producătorilor de tomate cu un procent de 54%, urmat de Africa cu 27% (FAO, 2017).

În țara noastră suprafața ocupată de tomate este de cca. 46 800 ha, ceea ce reprezintă 17.5% din suprafața cultivată la nivelul UE, însă din punct de vedere al recoltei, se produc doar 4% din total, raportat la nivelul uniunii (FAO, 2017).

Prin efectuarea unor analize comparative ale producțiilor medii, exprimate în tone și cel al suprafețelor cultivate (ha), la nivel național nu există creșteri semnificative în intervalul de timp cuprins între anii 2010 și 2017, conform datelor statistice furnizate pe platforma FAOSTAT, țara noastră deținea o producție de 15.4 t/ha, însă în perioada 2018-2020, producția obținută s-a îmbunătățit, ajungând la o medie de 19.5 t/ha.

În ceea ce privește nivelul exporturilor la nivel global, acesta a atins pragul de 7,3 milioane tone în anul 2018, rata de creștere anuală a acestuia fiind de 1.6%, în intervalul 2007-2018. La nivelul anului 2018, cel mai important exportator de tomate era Mexic cu o cantitate de cca 1.8 milioane tone, urmat de Olanda cu 1,1 milioane tone, Spania cu aproape 800 000 tone, Maroc 550 000 tone și Turcia 365 000 tone, aceste cinci țări însumând un total de 63% din exporturile mondiale totale.

Cel mai accelerat ritm de creștere al exporturilor de tomate înregistrat în perioada 2007-2018 a fost atins de către Azerbaidjan, care și în anul 2020 a continuat ritmul evolutiv, când a obținut o producție dublă față de anul 2018.

1.3. Studii privind originea și taxonomia tomatelor

Tomatele aparțin genului *Solanum* ce cuprinde circa 1500 de specii, fiind regăsit sub denumirea *Lycopersicon esculentum* Mill. sau *Solanum lycopersicum* și face parte din familia *Solanaceae*. Planta este originară din zona de vest a continentului America de Sud, tomatele cultivate fiind derivate din alte două specii salbatice, *Solanum cerasiforme*, respectiv *Solanum pimpinellifolium*.

Există specii salbatice de tomate ce prezintă utilizare în ceea ce privește trăsăturile dorite de calitate, mărirea rezistenței la boli, etc. (Ranc și colab., 2008). Conform taxonomiei plantelor de tomate sălbatice prezentate de către Peralta, Spooner și Knapp în anul 2008, sunt diferențiate, conform studiilor, 12 specii distincte de tomate sălbatice, în timp ce în anul 1990, Rick și colab., prezentau ca existând un număr de 9 specii. Dintre aceste 12 specii, toate prezintă o mare diversitate genetică și fenotipică, cu o gamă bogată în ceea ce privește sistemele de biologie reproductivă și polenizare (Bedinger și colab., 2010).

1.4. Centrul de origine și distribuția la nivel mondial a tomatelor

Tomatele își au originea pe fâșia cuprinsă între coasta Oceanului Pacific din zona de vest a continentului America de Sud, până la munții Anzi (WWF și UICN, 1997). Această zonă se extinde din zona Ecuatorului, de la Insulele Galapagos, prin statul Ecuador, până în zona de nord a statului Chile (Jenkins, 1948; Nuez și colab., 1996). Din punct de vedere al coordonatelor cardinale, distribuția nativă a genului de tomate ce cresc în mod spontan se situează între meridianele -60° și -80° longitudine vestică și paralelele 0° și -20° latitudine sudică (Taylor, 1986). Plantele de tomate sunt cultivate la nivel mondial pe toate continentele.

1.5. Particularitățile morfofiziologice ale tomatelor cultivate

Tomatele prezintă din punct de vedere al elementelor biologice și botanice următoarele componente:

Sistem radicular – este bine dezvoltat atât la suprafața solului, cât și în profunzime, ceea ce indică faptul că tomatele necesită o cantitate importantă de apă pe parcursul perioadei de vegetație, absorbția apei și implicit a elementelor nutritive fiind îmbunătățită prin manipularea corectă a trăsăturilor arhitecturii acestuia (Koevoets și colab., 2016). Prin acoperirea cu sol a tulpinii, planta poate emite rădăcini adventive care de asemenea intră ulterior în alcătuirea sistemului radicular.

Tulpina – la plantele tinere este una erectă, erbacee, iar odată cu dezvoltarea plantei aceasta devine solidă. Cu toate că la plantele mature tulpina poate ajunge la o grosime de până la 3 cm, datorită alungirii și a masei fructelor ce se formează, necesită susținere pentru a nu cădea la sol, datorită sistemului mecanic slab dezvoltat. În funcție de soi tulpina poate avea creștere determinată sau nedeterminată. La axila frunzelor, pe tulpină, apar copili ce necesită a fi îndepărtați, întrucât aceștia întârzie și diminuează recolta, datorită faptului că pentru dezvoltarea lor planta va consuma o parte importantă din nutrienții de care dispune.

Frunza – este un organ extrem de important pentru plantă, întrucât aceasta îndeplinește o serie largă de roluri esențiale cum sunt metabolizarea substanțelor organice prin procesul de fotosinteză, respirația și transpirația. La tomate este însă recomandată defolierea frunzelor de la baza plantei, deoarece acestea nu beneficiază de un aport suficient de mare de lumină pentru a contribui la sinteza de substanțe necesare plantei, însă planta consumă nutrienți pentru menținerea vitalității acestora. Totodată se recomandă și îndepărtarea de îndată a frunzelor îngălbenite, uscate sau ofilite pentru a permite o mai bună aerare a plantei și a facilita accesul luminii la nivelul fructelor. Dezvoltarea aparatului foliar se face sub forma unei spirale, frunza având nuanțe diferite de verde.

Florile – sunt actinomorfe, hermafrodite, grupate sub forma unor ciorchini dispuși extraxilar, ce au capacitatea de a se forma atât pe tulpină, cât și pe copili,

dacă nu este efectuată lucrarea de copilit. Florile sunt alcătuite dintr-un caliciu cu 5 sepale unite, în timp ce corola este alcătuită din 5 petale unite.

Fructele – pot avea culori, forme și dimensiuni diferite, fiind o bacă zemoasă și cărnosă, în funcție de caracteristicile soiului. Indicele de formă se determină prin calcularea raportului dintre înălțimea și diametrul fructului. Astfel dacă fructele sunt globuloase raportul este egal cu 1, dacă raportul este mai mic decât 1 fructele au forma turtită, iar dacă raportul este mai mare decât 1, fructele sunt alungite. Fructele alungite se folosesc de obicei pentru industrializare, nefiind apreciate de consumatori.

Recoltarea fructelor se realizează fie la atingerea maturității tehnologice, fie la cea a maturității de consum.

La nivelul fructelor se formează și semințele ce au dimensiuni reduse, culoarea galben și diametrul cuprins între 2 și 4 mm. În interiorul unui fruct se pot forma aproximativ 150-300 semințe, numărul acestora prezentând variații în special în funcție de dimensiunea fructelor.

1.6. Cerințe ecologice ale plantelor de tomate

Plantele de tomate prezintă exigențe reduse față de factorii de mediu, datorită faptului că această specie prezintă o plasticitate ecologică ridicată. Cu toate acestea, tomatele răspund favorabil la asigurarea unor condiții optime ce permit un randament mai ridicat de bioconversie ce conduce la favorizarea creșterii și dezvoltării plantelor (Apahidean și Apahidean, 2007).

1.6.1. Cerințele tomatelor față de temperatură

Valorile temperaturii solului cât și ale aerului au capacitatea de a influența plantele de tomate. Datorită faptului că tomatele sunt iubitoare de căldură, la înregistrarea de temperaturi sub 10° C pentru o perioadă mai lungă de timp, apare fenomenul de scurtnodare a vârfurilor și implicit este blocată creșterea plantelor. Temperaturile ce depășesc 32° C, cauzează o slabă fecundare a florilor, întrucât tubul polinic se rupe (Voican, 2004).

La valori ale temperaturii cuprinse între 20-22° C, are loc germinația optimă a semințelor, iar pentru răsadurile tinere (cu vârsta cuprinsă între 6 și 12 zile), este necesară asigurarea unei temperaturi cuprinse în intervalul 10° - 32° C, în timp ce pentru a induce mai devreme prima inflorescență, care să aibă și un număr mai ridicat de flori, sunt necesare temperaturi de 8-10° C (Popescu și Popescu, 2012).

În ceea ce privește temperatura solului, în lunile mai reci ale anului, aceasta trebuie menținută la 16-17° C, iar din a doua jumătate a lunii aprilie la valori de 18-20° C. În cazul înregistrării de temperaturi sub 10° C, absorbția din sol a fosforului este foarte mult îngreunată (Ciofu și colab., 2004).

Atunci când temperaturile scad sub pragul de 5-6° C, are loc încetarea funcțiilor sistemului radicular, iar dacă se înregistrează valori de sub 0° C rădăcinile sunt distruse.

Temperaturile ce depășesc 30-35° C reduc de asemenea funcțiile rădăcinii, în timp ce temperaturile de 40-50° C conduc la stoparea funcțiilor sistemului radicular, iar la peste 50° C rădăcinile își încetează activitatea definitiv. Aceste temperaturi care manifestă o acțiune dăunătoare asupra sistemului radicular se răsfrâng și asupra celorlalte organe ale plantelor.

Modul de absorbție al nutrienților este de asemenea influențat de temperatura solului. La valori de 25-30° C, la nivelul sistemului radicular, respectiv 15-18° C în aer, se asimilează în exces azotul, fapt ce duce la o rezistență mai scăzută la boli și la afectarea culorii fructelor. În cazul înregistrării de valori de 15-20° C în sol și 25-30° C în aer, fosforul deși este optim mobilizat pentru respirație, are loc carența față de acest element (Munteanu, 2003).

De asemenea, în funcție de faza diurnă ori nocturnă, temperatura aerului poate avea efecte diferite, datorită fenofazei pe care plantele o parcurg. În funcție de valorile temperaturilor înregistrate pe parcursul zilei, noaptea se recomandă ca temperatura să fie cu 5-6 °C mai redusă, întrucât fenomenul de alungire al tulpinii plantelor este mai favorabil atunci când ziua se înregistrează 26,5 ° C, iar noaptea de la 16 până la 22 °C.

Vernalizarea răsadurilor este posibilă pentru stimularea mai timpurie a înfloririi și producerea unui număr de flori mai mare în inflorescență. În cazul semințelor vernalizarea la 5 °C ori mai puțin, nu produce efecte asupra înfloririi plantelor de tomate.

În momentul expansiunii cotiledoanelor, are loc o creștere a numărului de flori din inflorescență la temperatura de 14 °C.

La temperaturi mai ridicate are loc inducerea exerției stilare din conul anterior, ceea ce împiedică dezvoltarea pistilului și polenizarea. Cercetările efectuate de Stan (1999) au arătat că temperaturile mai reduse în faza de răsad pot determina o sporire a numărului total de muguri floriferi în inflorescență și o reducere a numărului de frunze până la prima inflorescență.

Dacă pe perioada nopții se menține o temperatură ridicată, creșterile vegetative se realizează în defavoarea dezvoltării generative, aspect ce conduce la formarea unui număr mai mic de flori și implicit de fructe, cu un randament redus, însă ceva mai timpuriu. De preferat este realizarea unui termoperiodism între faza diurnă și cea nocturnă și realizarea unui echilibru între numărul florilor și fructelor din inflorescență, astfel randamentul realizat fiind cel optim (Stoleru, 2013).

Precocitatea recoltei se constată la menținerea unor temperaturi de 17-23 °C, atât pe durata zilei cât și a nopții, aceasta crescând proporțional cu valoarea temperaturii. Dacă temperatura pe timp de zi este constantă, precocitatea este influențată de creșterea temperaturii pe timp de noapte, iar dacă temperatura

constantă este cea de noapte, atunci precocitatea crește odată cu valoarea temperaturii de zi (excepție fac temperaturile ce depășesc pragul de 25°C). La temperatură constantă, producția înregistrează un randament superior (între 17 °C și 23 °C), în timp ce temperaturile mai mici de 17 °C conduc la apariția de malformații ale fructelor.

1.6.2. Cerințele tomatelor față de lumină

Fiind originare din zona tropicală, tomatele au cerințe ridicate față de lumină, necesitând o insolație puternică în condițiile de zi scurtă. În ceea ce privește regimul de lumină, tomatele prezintă cerințe față de calitatea luminii, durata perioadei de lumină și nu în ultimul rând față de intensitatea luminoasă (Munteanu, 2003).

Aceste plante au o dezvoltare favorabilă la o durată a zilei cuprinsă între 12 și 14 ore. Sub influența directă a luminii se află și acumularea de masă vegetală și gradul de fructificare. Pentru tomate, intensitatea optimă a luminii este de aproximativ 20-25 klucși, în timp ce pragul minim necesar este de 4-5 klucși. În condiții cu o lumină deficitară cum este perioada octombrie-martie, se poate îmbunătăți gradul de valorificare al luminii prin asigurarea unei transparențe maxime a foliei, alegerea tipurilor de elemente constructive adecvate, diminuarea reflexiei externe, maximizarea gradului de reflexie internă folosind mulci reflectorizant, alegerea unor scheme de plantare favorabile prin evitarea umbririi reciproce între plante, etc. (Popescu și Zăvoianu, 2013).

Witter (1963) citat de Indrea și colab. (2012), a cercetat și corelat influența luminii și temperaturii asupra formării primelor frunze.

Începând cu cea de a 8-10 zi de la răsărire, plantele necesită o iluminare mai puternică. În cazul în care lumina asigurată nu este suficientă, plantele se alungesc și se obțin răsaduri firave. Indrea și colab., în 2012 au ajuns la concluzia că asigurarea unor condiții mai ridicate de lumină conduce la o creștere a gradului de acumulare de substanță în cazul răsadurilor.

1.6.3. Cerințele tomatelor față de umiditate

Așa cum este deja cunoscut, apa reprezintă suportul unde au loc toate procesele biochimice ce stau la baza creșterii și dezvoltării plantelor. Deși apa nu are implicații semnificative în absolut toate fenofazele, așa cum este cazul temperaturii, aceasta are rolul de a determina calitatea celei mai mari părți a proceselor morfologice ale plantelor.

Hoza (2008) a ajuns la concluzia că cerințele tomatelor față de umiditate sunt moderate, întrucât coeficientul de transpirație este unul redus (306 ± 29 g. apă/g.s.u.). În ceea ce privește umiditatea relativă a aerului aceasta este optimă în

jurul valorii de 60-65% în perioada septembrie-aprilie și 65-70% în restul anului. Este important ca umiditatea relativă să nu depășească valoarea de 75%.

Cultivarea prin răsad a tomatelor, unde sistemul radicular este unul superficial, impune irigarea plantelor, întrucât acestea nu se pot aproviziona cu apă la un nivel optim din straturile profunde ale solului (Hoza, 2000).

Cercetările au arătat că nivelul umidității din sol, în primele faze de creștere, este optim la un nivel de 68-70% din capacitatea de câmp, în timp ce pe durata perioadei de fructificare necesarul crește la 78-81%, odată cu creșterea accelerată a fructelor din prima inflorescență.

În momentul maturării fructelor este necesar ca perioadele de secetă și umiditate să nu oscileze, întrucât acestea vor crăpa, iar conținutul de substanță uscată va fi unul redus.

Un alt indicator ce a fost observat de către Rubin (1970), citat de Burzo și colab. (1999), ce prezintă o mare importanță este concentrația sucului celular de la nivelul frunzelor, ce este necesar să fie de 8-9% la nivelul optim, de aceea aprovizionarea optimă cu apă a plantelor constituie un aspect căruia îi trebuie acordată o atenție deosebită.

În cazul unei umidități ridicate, plantele consumă mai puțină apă la nivel radicular, aspect ce conduce la o scădere a alimentării fructelor cu calciu și o predispoziție la apariția de necroze în zona apicală. Pentru ca aceste boli să fie prevenite, este recomandată corelarea umidității relative a aerului cu lumina și temperatura, în timp ce udarea este preferabil să fie realizată prin deschiderea între rânduri a rigolelor.

1.6.4. Cerințele tomatelor față de sol

Tomatele preferă solurile mijlocii, însă în cazul înființării de culturi timpurii se recomandă solurile ușoare, fiind necesară asigurarea apei și a elementelor minerale. Solurile argiloase (grele) nu sunt favorabile unei dezvoltări a culturii de tomate.

Solul trebuie să fie lucrat bine, să aibă un conținut în humus de 5-6%, să fie fertilizat corespunzător și să permită o bună aerație și drenare a apei. De preferat în acest scop sunt terenurile plane, cu expoziție sudică, ușoare, ce prezintă posibilitatea facilă de nivelare a solului și irigare a culturii, pânza cu apă freatică fiind recomandat să se afle la o adâncime de aproximativ 3-4 metri. Este de asemenea necesar ca solul să nu fie infestat cu dăunători, boli, buruieni, iar valoarea pH-ului să fie cuprinsă în intervalul de 6-6,5 (Ciofu și colab., 2004).

La înregistrarea de valori a pH-ului mai mici de 5 sau mai mari de 7, are loc o scădere a masei tulpinii și a sistemului radicular, datorită faptului că reacția solului influențează semnificativ absorbția de micro și macroelemente, efectul imediat fiind vizibil asupra masei vegetale a plantelor. Creșterea valorii pH-ului la nivelul

substratului conduce la o reducere a gradului de absorbție al fierului, zincului, magneziului, borului și fosforului, în timp ce la scăderea valorii pH-ului are loc diminuarea gradului de absorbție al molibdenului (Munteanu, 2003).

Pentru a obține recolte favorabile este necesar ca solul să fie fertil, cu o umiditate corespunzătoare asigurată, bine aerat și cu o temperatură optimă pentru sistemul radicular.

1.6.5. Regimul de nutriție al tomatelor

În cartea publicată de către Popescu și Horgaș în anul 2004, apare o citare a altor autori publicată de Ghidia, Lăcătuș și colab. în anul 1980, care subliniază complexitatea și importanța regimului de nutriție, unde în cazul tomatelor se precizează faptul că necesarul specific variază în funcție de faza de vegetație, soi, sistemul de cultură. Cosumul specific de elemente este de asemenea mai ridicat în spațiile protejate decât în câmp.

Azotul prezintă un rol deosebit în ceea ce privește creșterea și fructificarea la tomate. Azotul în exces provoacă o creștere luxuriantă în primele faze de vegetație, în defavoarea producției, fenomenul fiind accentuat dacă există și un deficit de lumină. În cazul unei combinații de exces de azot cu un deficit de fosfor și potasiu se produce un grad de colorare deficitar al fructelor. De asemenea excesul de azot cauzează gofrarea și răsucirea frunzelor, în timp ce deficitul de azot face ca plantele să aibă frunze mici, iar tulpinile varfuri subțiri. Plantele de tomate prezintă sensibilitate față de azotul amoniacal, acesta având efectul de blocare al azotatului de calciu, în detrimentul sulfatului sau azotatului de amoniu.

Conținutul corespunzător unei aprovizionări optime de azot la nivelul frunzelor este cuprins între 0,3 și 0,4 %. Conținutul de peste 0,5 % azot conduce la avortarea florilor și implicit la diminuarea fructificării, fiind remarcată o influență negativă și la nivelul sistemului radicular.

Fosforul, prezintă importanță în procesul de asimilare al azotului, stimulând capacitatea de înflorire și fructificare, dacă este administrat în cantități reduse. Efectele pozitive sunt vizibile în special asupra sistemului radicular și asupra precocității. Carențele de fosfor determină avortarea florilor, subdezvoltarea sistemului radicular, aparatul foliar capătă nuanțe violacee, fructificarea este redusă, în timp ce fructele crapă la punctul de prindere a pedunculului. Gradul de absorbție al acestui element este influențat de temperatură și lumină, în condițiile existente în sere, la temperatură de 12-18°, se reduce absorbția fosforului cu aproximativ 50%. La nivelul suprafeței foliare absorbția fosforului este mai rapidă, însă prin aplicarea extraradiculară conținutul de fosfor la nivelul rădăcinilor scade.

Potasiul stimulează rezistența la boli și prezintă efecte asupra calității gustului și culorii fructelor. Necesarul tomatelor față de potasiu este unul ridicat, acest element având contribuții la formarea și transportul acidului ascorbic și al

hidraților de carbon în fructe. Dacă raportul K/N este unul favorabil, la nivelul sistemului radicular are loc o creștere și dezvoltare optimă. Un rol foarte important în absorbția acestui element îl are lumina. Carențele de potasiu se manifestă prin coloritul brun pe marginea frunzelor, restul frunzei prezentând un colorit mai deschis, are loc lemnificarea timpurie a tulpinilor, în timp ce fructele se patează pe parcursul maturării. Excesul de potasiu conduce la carențe de absorbție ale magneziului.

Calciul contribuie la dezvoltarea sistemului radicular al plantelor de tomate, oferind rezistență membranelor sistemului celular, pectatul de calciu acționând ca un agent de cimentare. Calciul se translocă spre frunze cu dificultate, cu toate că țesuturile sunt în faza de creștere activă, fiind dependente de transportul în xilem al apei și calciului. (Voican și Lăcătuș, 2004).

Magneziul este esențial pentru formarea moleculei de clorofilă, influențând în mod indirect calitatea fructelor, rezistența acestora la transport și păstrare. Carențele de magneziu sunt vizibile prin faptul că frunzele prezintă un aspect marmorat, nervurile rămân verzi, efectul fiind remarcat pentru frunzele din segmentul median și cel inferior al plantei. De obicei aceste carențe sunt specifice plantelor cultivate în sere, pe substraturi artificiale. Cele mai afectate sunt tomatele cu creștere nedeterminată, întrucât acestea prezintă o încărcătură de fructe ridicată (Munteanu, 2003).

Microelementele prezintă un rol foarte important în creșterea și fructificarea plantelor de tomate.

Manganul și *borul* influențează evoluția organelor de fructificare și sinteza hidraților de carbon. *Manganul* și *fierul* au rol în sintetizarea vitaminelor și a clorofilei, în timp ce *zincul* are un rol important în procesele respiratorii și în sinteza auxinelor. Carențele de bor se manifestă prin avortarea mugurilor floralii, mortificarea celulelor mugurelui apical și a celor din zona cambiană. Carențele de fier se manifestă prin cloroza frunzelor tinere, în timp ce carența manganului conduce la cloroza întregului aparat foliar al plantei (Voicu, 2013).

Pentru a cultiva plante sănătoase și a obține o recoltă de calitate, cu bune caracteristici organoleptice este foarte important ca la nivelul solului să existe un echilibru optim în microelemente și macroelemente.

1.6.6. Cerințele tomatelor față de aer

Aerul prezintă o importanță deosebită în cultura tomatelor, la baza sintezei de substanțe organice în procesul de fotosinteză aflându-se dioxidul de carbon (Ceașescu și colab., 1984).

În cadrul studiilor efectuate în spații protejate cercetătorii au arătat faptul că tomatele înregistrează o dezvoltare mult mai bună când nivelul concentrației de

dioxid de carbon este mai ridicat (0,09 – 0,14%), față de concentrația standard (0,03%).

În cazul cultivării tomatelor într-o atmosferă unde concentrația dioxidului de carbon a fost de 0,18%, s-a realizat un spor al recoltei obținute de 22%, existând de asemenea diferențe și între soiurile și hibridii cultivați. Cercetările ulterioare au arătat faptul că dacă se mărește concentrația de CO₂ la valori de 450-500 ppm, sporurile de producție pot crește cu 20% (Voicu, 2013).

1.7. Tomatele - valoarea nutritivă și terapeutică

Fructele de tomate se consumă fie sub formă de murături, fie în stare proaspătă, ajunse la maturitate fiziologică (Rubatzky, 1997). Datorită gustului extrem de plăcut, tomatele sunt foarte apreciate de consumatori, fructul tomatelor fiind utilizat pentru o varietate largă de preparate, pornind de la consum în stare proaspătă sub formă de aperitive, sosuri, supe, dar și în amestecuri cu alte legume. Tomatele se pretează foarte bine și pentru a obține alimente procesate cum sunt pasta de tomate, conservele, sucurile, etc.

Pe lângă cerințele din piața alimentară a tomatelor, există o cerere ridicată și în ceea ce privește conservarea acestora împreună cu produse din pește, carne, legume, constituindu-se astfel un produs de export foarte căutat. Pentru această piață cererea este preponderentă de tomate produse în sere (Măniuțiu, 2006).

Organizația pentru alimentație și agricultură (FAO) recomandă un consum distinct de legume, pe criterii de vârstă, consumul mediu anual pentru fiecare individ fiind de aproximativ 120-130 kg legume (Mihalache, 2003). Pe de altă parte, cadrele medicale consideră că în dieta zilnică a unui adult trebuie să se regăsească o cantitate de 700 g de alimente de natură animală și 1200 g de alimente de origine vegetală, dintre care aproximativ 400 g trebuie să fie reprezentate de legume, ceea ce înseamnă că se recomandă ca anual să se consume 140-150 kg legume per individ (Mihalache, 1999).

Din considerente nutriționale, tomatele ocupă o poziție principală în alimentația rațională, întrucât aceste alimente sunt bogate în săruri minerale și vitamine ce sunt esențiale în funcționarea normală a organismului (Butnariu și colab., 1992).

În afară de elementele nutritive prezentate anterior, în fructele tomatelor este regăsit încă un compus, extrem de apreciat în medicină, ce dă culoarea roșie fructelor, ce poartă numele de licopen. Acest compus are o acțiune antioxidantă în organismul uman, existând studii care atestă faptul că acest pigment are o acțiune directă asupra radicalilor liberi, a căror acțiune oxidativă este neutralizată (Mayeaux și colab., 2006).

Datorită faptului că licopenul nu poate fi sintetizat de către organismul uman, unica modalitate de a fi introdus în corp este prin ingerarea de alimente bogate

în acest compus. Prin preparare termică licopenul nu este distrus, ci dimpotrivă devine mai concentrat, fiind astfel mai ușor de asimulat la nivelul tractului digestiv, motiv pentru care concentrația acestui compus este mai ridicată în sosuri, bulion, pasta de tomate, supele creme de tomate decât în cazul fructelor consumate în stare proaspătă.

De asemenea, este bine de știut faptul că absorbția licopenului este favorizată și de consumul împreună cu grăsimi, deoarece licopenul este solubil în acestea (Martinez-Valverde și colab., 2002).

La nivelul Uniunii Europene se apreciază că unul dintre indicii reprezentativi care duc la încadrarea țărilor în anumite grade de dezvoltare este reprezentat chiar de consumul de legume pe cap de locuitor într-un interval de timp de un an (Beceanu, 1999).

La nivel mondial, ponderea de consum în stare proaspătă din cantitatea totală de tomate, este de aproximativ 20%, diferența de 80% fiind destinată comercializării sub formă procesată.

CAPITOLUL II
STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII PRIVIND
UTILIZAREA CURENTULUI ELECTRIC ÎN CULTIVAREA
PLANTELOR
CHAPTER II
CURRENT STATE OF THE ART ON THE USE OF ELECTRIC
CURRENT IN PLANT CULTIVATION

2.1. Studii cu privire la utilizarea conductivității electrice în plante

Apa, împreună cu sărurile minerale, este absorbită de plante la nivelul sistemului radicular, în mod activ și pasiv (Toma și Jităreanu, 2007). În condiții de umiditate normală, specific tipului de plantă studiat, la nivel celular se constată o stare de turgescență normală (Toma și Niță, 1995). Aceste caracteristici au fost îndelung studiate din punct de agronomic, în scopul dezvoltării sistemului de producere eficientă a hranei, dar a atras atenția și altor specialiști. Astfel cercetătorii din domeniul fizicii au studiat capacitatea de conducere a curentului electric de către seva plantelor, aspect demonstrat ca fiind posibil datorită ionilor dizolvați în apa absorbită de către plante (Ehrenberg, 1958; Monet și colab., 1959). Datorită acestor caracteristici, prin schimburile de ioni la nivel celular (Van Antwerpen și Franklin, 1954) se pot studia comportamentele unor sisteme biologice expuse electricității sau magnetismului (Young și Ratcliffe, 1969). Chimia bioanorganică consideră metalele prezente în sevă sub forma de ioni drept „metale ale vieții” (Palamaru și colab., 1997).

În acest scop, pe plan mondial, datorită debutului progresului tehnologic de după anul 1900, mai mulți oameni de știință au pornit o serie de cercetări în acest domeniu, fiind astfel înregistrate rezultate importante (Small, 1929).

2.1.1. Istoricul cercetărilor pe plan mondial

Conform datelor prezentate de către Peter Tompkins și Christopher Bird în cartea cu titlul „The secret life of plants” se arată că de-a lungul timpului oamenii de știință au încercat să utilizeze diverse metode tehnice în scopul obținerii unor producții mai ridicate. Utilizarea curentului electric reprezintă una dintre cele mai îndrăznețe încercări de sporire a producției, mai ales datorită faptului că în trecut curentul electric nu era aproape deloc înțeles ca fiind o forță fizică, ci mai degrabă ca o practică ocultă, motiv pentru care cei care încercau să cerceteze aceste efecte sfârșeau prin a fi uciși.

Profesorul Gardini a efectuat un experiment în Torino, Italia, în anul 1770, în grădina unei mănăstiri unde întinsese niște sârme prin care trecea un curent electric. Într-o primă etapă plantele au început să se dezvolte într-un ritm mai accelerat, după care au început să dea semne de ofilire. Călugării, observând cele întâmplate au îndepărtat firele considerând că aceasta era o practică ce presupunea vrăjitoria, iar profesurul a trebuit să oprească acolo experimentul. După îndepărtarea firelor plantele și-au revenit, omul de știință ajungând astfel la concluzia că probabil curentul utilizat era prea puternic și putea fi fatal metabolismului plantelor.

În anul 1844, William Ross a efectuat un experiment ce a presupus utilizarea curentului electric într-o cultură de cartofi. Acesta a utilizat o tablă de cupru și una de zinc, cu dimensiuni de 35 de cm lățime și 150 cm lungime. O tablă a fost încorporată în sol la capătul a trei rândului de cartofi, iar cealaltă la celălalt capăt, acestea fiind ulterior legate între ele, astfel fiind obținut un mic generator electrochimic în care coala de zinc funcționa ca anod, iar cea de cupru servea drept catod. La momentul recoltei au fost obținute rezultate concludente, tuberculii de pe cele trei rânduri unde se utilizase curentul electric aveau un diametru de aproximativ șase centimetri, în timp ce pe restul parcelei diametrul tuberculelor era semnificativ mai redus. Cu acest studiu omul de știință a trimis un raport către Oficiul American pentru brevete, unde procedeul i-a fost aprobat, acesta primind brevetul cu titlul „Experiențe galvanice asupra vegetației”.

Un an mai târziu, în 1845, este publicat la Londra primul număr al jurnalului „Horticultural Society” unde agronomul Edward Solly și-a publicat experiențele sale privitor la influența pe care electricitatea o are asupra vegetației, acesta utilizând atât fire încărcate electric ce au fost suspendate deasupra unei plantații, așa cum era cazul în cadrul experimentului efectuat de către Gardini, cât și prin utilizarea unor coli de cupru și zinc, ca în cazul metodei folosite de către Ross.

Agronomul a efectuat șaptezeci de experiențe, însă a obținut rezultate contradictorii. În cazul a aproximativ 20 de experiențe a obținut rezultate favorabile printr-o creștere ușoară a producției, în cazul altor 20 de experiențe curentul electric a avut efecte nocive, iar în restul de 10 experiențe nu s-a înregistrat nici un efect prin utilizarea electricității.

Diferențele atât de mari în ceea ce privesc rezultatele obținute de către Ross și Solly nu au putut fi înțelese, întrucât echipamentele tehnice din acea perioadă de timp nu erau suficient de bine puse la punct pentru a putea determina efectele specifice ale electricității, nici nu era prea bine înțeles felul în care curentul electric poate influența metabolismul plantelor, motiv pentru care acest tip de cercetări nu a mai fost efectuat decât izolat.

Cronologic, următoarea cercetare relevantă în ceea ce privește utilizarea curentului electric în vederea observării influențelor pe care această forță le are asupra plantelor a fost efectuată de către Seliem Lemström, un om de știință finlandez, în perioada 1868-1884. Teoria lui Lemström, în calitate de expert în ceea

ce privește magnetismul terestru și lumina polară în raport cu vegetația luxuriantă ce crește la aceste latitudini se datorează fenomenului numit „violenta manifestare electrică, aurora boreală” și nu zilelor de vară lungi, așa cum afirmau alți oameni de știință. După cum era deja cunoscut fenomenul prin care obiectele ascuțite atrag descărcările electrice atmosferice, datorită descoperirii paratrăsnetului de către Benjamin Franklin în anul 1752, Lemström a ajuns la concluzia că „vârfurile plantelor atrag electricitatea din atmosferă, acestea jucând rol de paratrâznete, astfel fiind facilitate schimburi de încărcături electrice între aer și sol”.

Studiile efectuate asupra disunerii cercurilor în trunchiurile de brad confirmă această teorie, viteza de creștere anuală dovedindu-se a fi în raport cu apariția petelor solare și a aurorelor boreale, accentuarea acestor corelații fiind din ce în ce mai pronunțată pe măsura ce se înainta către nord.

Pentru verificarea acestor descoperiri, Lemström a conectat la un generator static mai multe flori ce creșteau în ghivece metalice, acesta utilizând în acest scop o rețea de fire prin care trecea un curent electric, firele fiind poziționate la o distanță de 40 cm față de plante, iar pentru asigurarea împământării a utilizat un piron metalic ce a fost înfipt în pământ. Ca martor a utilizat alte flori ce aparțineau aceleiași specii și aceleași tipuri de ghivece, pe care le amplasase într-o altă zonă a casei, dar care beneficiaseră de aceleași condiții în ceea ce privește factorii de mediu. După doar opt săptămâni se putea deja observa faptul că plantele ce beneficiaseră de tratamentul care utiliza curentul electric prezentau creșteri vegetative mult mai accentuate, acestea având o masă cu 50% mai mare decât plantele martor.

Dorind să repete experimentul și la alte plante, omul de știință a instalat un dispozitiv similar în livadă, unde a supus o parcelă pe care erau cultivați stoloni de căpșuni, stimulării electrice. Recolta a fost dublă în cazul stolonilor unde fusese aplicat acest tratament, fructele fiind de altfel mult mai parfumate și cu un conținut de zaharuri mult mai ridicat decât în cazul plantelor martor.

Pe o altă parcelă, Lemström a aplicat același sistem și asupra unei culturi cu orz, recolta fiind cu o treime mai mare și în această situație față de plantele martor.

În urma acestor rezultate pozitive, omul de știință a hotărât reluarea experimentelor la diferite latitudini, ajungând până în Burgundia. Rezultatele obținute erau de fiecare dată mai mari la cerealele, fructele și legumele tratate electric în ceea ce privește productivitatea, spre deosebire de plantele martor, cercetările acestea fiind publicate în anul 1902 în cartea intitulată „Electrocultura” la Berlin.

În anul 1904, cartea publicată la Berlin cu doi ani mai devreme a fost tipărită și în Anglia sub titlul „Electricity in Agriculture and Horticulture”, această lucrare atrăgând atenția fizicianului sir Oliver Lodge. Acesta a manifestat un interes deosebit pentru aceste rezultate, promovând ideea. Fizicianul, expert în electromagnetism și unde radio a propus chiar o îmbunătățire a sistemului, prin suspendarea rețelei utilizând inele izolante ce au fost fixate pe stâlpi, astfel nefiind împiedicată trecerea utilajelor agricole, oamenilor sau animalelor în zonele experimentale.

Aplicând metoda utilizată de Lemström, Lodge a reușit să obțină o creștere a recoltei cu 40% mai mare pe o suprafață de teren cultivată cu grâu din soiul Red Fife, dar pe lângă producția mai ridicată a aflat din discuțiile purtate cu brutarii că din făina respectivă se obținea un aluat ce creștea mult mai bine, iar pâinea rezultată prezenta proprietăți organoleptice superioare.

John Newman, un colaborator al fizicianului sir Oliver a adaptat acest sistem la nevoile unei ferme din localitatea Evesham din Anglia, unde în primul an a obținut o creștere de 20% a recoltei de grâu, după care a implementat acest sistem și în Scoția, la o fermă din localitatea Dumfries, unde a obținut o creștere a producției de cartofi de aproape 25%. În ceea ce privește cultura de căpsune, prin aplicarea stimulării electrice, Newman a obținut rezultate extraordinare prin dublarea producției obținute, dar și prin calitatea superioară a fructelor ce prezentau un calibru mult mai mare, un conținut mai ridicat de zaharuri și o aromă specifică a fructelor mult mai intensă.

Aplicarea aceleiași metode în cazul unei culturi cu sfeclă de zahăr a condus la obținerea unei producții mai ridicate cu aproximativ 30%.

Toate aceste rezultate au atras imediat atenția și au fost publicate de către McGraw-Hill la New York în publicația cu titlul „Standard Handbook for Electrical Engineers” (Tompkins și Bird, 1973).

Așa cum reiese din volumul „*The measurment of electrical conductivity as a method of investigation in plant physiology*”, publicat de către Walter Stiles și Ingvar Jorgensen în anul 1914, în ceea ce privește cercetările pe plan mondial în domeniul descoperirii conductivității electrice în plante, s-au afirmat numeroși oameni de știință care au contribuit la progresul descoperirilor în acest sector de cercetare (Stiles și Jorgensen, 1914).

Un nume marcant al cercetătorilor conductivității electrice în plante este Friedrich Kohlrausch, un fizician german care a descoperit conductivitatea electrolică prin efectuarea de studii electrolitice. Acesta a determinat conductivitatea electrică folosind puntea Wheatstone, aparat care măsoară rezistențe electrice necunoscute, iar rezultatele cercetărilor sale au fost publicate în revista „*Annalen der Physik*”.

Unul dintre pionierii în cercetarea conductivității electrice în plante este Heald, care în anul 1902 a încercat să utilizeze fenomenul conductivității electrice în soluționarea problemelor legate de fiziologia plantelor. Acest cercetător a extras seva din diferite părți vegetale ale plantelor și a măsurat conductivitatea electrică pe sucular celular obținut prin metoda Kohlrausch. Astfel, el a ajuns la concluzia că sucular celular este un conductor excelent al energiei electrice, conductivitatea specifică crescând progresiv de la rădăcină spre vârf. Acesta a incinerat sucular celular obținut, iar cenușa rezultată a fost diluată la volumul original de sevă, după care a măsurat conductivitatea electrică. În acest fel, Heald a arătat că măsurătorile brute ale

conductivității specifice au valori relative în funcție de cantitatea de minerale prezente în suc celular.

În anul 1907, Nicolosi-Roncati a utilizat o metodă similară cu cea a lui Heald, arătând și el creșterea graduală a conductivității specifice a sevei de la rădăcină spre vârf. Acesta a mai măsurat și punctul de îngheț al sucului celular și a arătat că există o legătură între conductivitatea electrică și scăderea temperaturii datorită prezenței substanțelor dizolvate. Tot el a mai observat faptul că există o scădere a conductivității electrice a sucului celular în timpul proceselor de maturare a fructelor la speciile de *Arum italicum* și *Solanum laciniatum*. Cercetătorul a mai încercat să determine conductivitatea la nivelul scoarței și a cilindrului central, dar nu a obținut rezultate cu diferențe remarcabile general valabile (Stiles și Jorgensen, 1914).

2.1.2. Studii ale influenței curentului electric asupra plantelor în spațiul cosmic

În lucrarea „*The use of an electric field in increasing the resistance of plants to the action of unfavorable space flight factors*” a lui Nechitalio și Gordeev este prezentată acțiunea curentului electric la nivel celular, această lucrare fiind poate cea mai relevantă în scopul înțelegerii modului în care metabolismul plantelor ajunge să fie influențat de acțiunea curentului electric și a câmpului magnetic. Experimentul s-a realizat pe stații orbitale, întrucât acolo nu există o influență a câmpului electromagnetic al Pământului și nici a forței de atracție gravitațională, la nivelul navelor spațiale condițiile electrice fiind total diferite față de cele existente la nivelul suprafeței terestre. În ontogeneză, plantele de pe suprafața terestră sunt expuse în mod constant unui câmp electromagnetic ce este generat în mod natural de către Pământ, câmp ce nu poate fi considerat ca neavând nici o influență asupra plantelor. Acești factori determină polaritatea bioelectrică a unui organism vegetal, care este un indicator integral al polarității celulelor, țesuturilor și organismului în ansamblu programat în aparatul genetic (Dubinin și Vaulina, 1979).

Perturbările din polaritatea biologică și alți factori de zbor spațial, care se află într-o interacțiune complexă, provoacă diferite influențe negative asupra organismelor vegetale, în funcție de nivelul organizării lor, condițiile de creștere și caracteristicile biologice specifice. În experimentele efectuate pe stațiile orbitale, sateliții artificiali ai Pământului și în modelele experimentale, au fost observate modificări ale schimburilor ionice, a proceselor biochimice, dar și la nivelul morfologiei celulare în organisme testate. Drept urmare, plantele au fost afectate, nu au dat semințe productive și au murit uneori în stadiul regenerativ. Aceste efecte negative iau amploare pe măsură ce timpul în care organismele rămân în stare de imponderabilitate crește (Mashinsky, 1997).

Pentru a compensa principalii factori negativi, s-au folosit câmpuri electrice de slabă intensitate. Baza teoretică a electrostimulării plantelor sub imponderabilitate a fost descrisă de Gordeev în 1999 (Nechitalio și Gordeev, 2004).

Așa cum rezultă din numeroase experimente realizate la sol, câmpul electric stimulează activitatea plantelor, accelerează procesul de creștere inițială și crește conținutul de biomasă. Merkis, în 1976 a dovedit relația dintre diferența de potențial și o reacție geotropă. Este firesc ca dacă celulele plantelor și membranele lor posedă caracteristici electrice, atunci aplicarea unor tensiuni exterioare similare ca mărime și parametri pot produce schimbări importante în unele procese celulare. S-a stabilit experimental că aplicarea diferenței de potențial de-a lungul organelor axiale ale plantelor poate schimba în esență caracterul de penetrare și mișcare a elementelor minerale în plante și distribuția fitohormonilor, totodată fiind posibilă și modificarea gradului de permeabilitate a membranelor celulare. Odată cu aplicarea unui câmp electric constant, se observă o îmbunătățire a activității mitotice la nivel radicular în cazul tomatelor și al cepei. Această particularitate se manifestă în special în metafază și anafază printr-un ritm mai accelerat al diviziunii celulare (Vyrodov și Zhuchenko, 1979).

Există date cu privire la acțiunea câmpului electric asupra unei varietăți de organe celulare, cum ar fi amiloplastele, cloroplastele, etc. Au fost efectuate investigații la stațiile orbitale pentru a elucida rolul câmpului electric în formarea rezistenței plantelor la factori adversi de zbor spațial.

Studiile au fost realizate în condiții de imponderabilitate reală la stațiile orbitale Salyut, Mir și pe clinostate orizontale care stimulează lipsa de gravitație cu o rotație lentă (1,8-2 revoluții/minut). Plantele au fost cultivate în vase de polietilenă (0,23-1 L). Substratul fiind reprezentat de un sol artificial cu rășini ionice. Electrostimularea s-a realizat folosind celule galvanice uscate cu tensiune reglată de un potențiomtru. Electrozii din țesut de carbon (UUT-2) au fost așezați pe fundul vasului și pe suprafața substratului. Cele mai interesante rezultate au fost obținute în experimente cu ajutorul unui clinostat utilizând planta *Arabidopsis* până la dezvoltarea sa. Pornirea în vegetație a plantelor electrostimulate a fost puternică și clar orientată perpendicular pe suprafața substratului (adânc în vas). Cele mai înalte și cele mai productive plante au fost obținute la tensiuni de 600 mV.

Efectul electrostimulării se manifestă pozitiv și la nivel celular. La nivel microscopic, celulele de mazăre de la plantele din spațiu au arătat că pereții celulari erau mai subțiri și mai curbați, cu ruperi în unele locuri, iar spațiul intercelular era mult mai mare, în timp ce în cazul plantelor unde a fost aplicată electrostimularea celulele țesuturilor de mazăre prezentau o formă aproape normală și pereți îngroșați și uniformi (fig. 2.1).

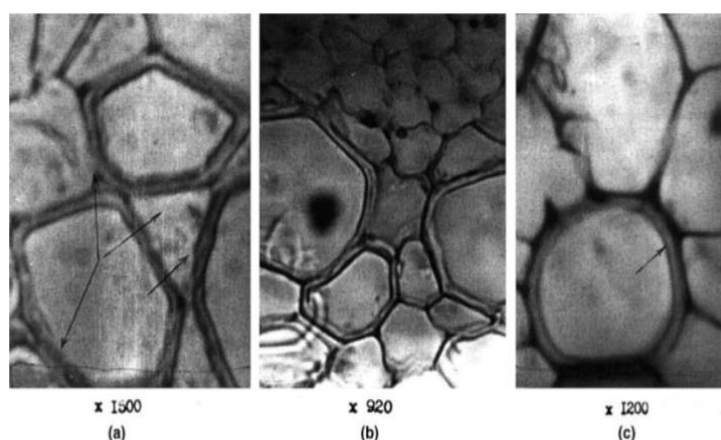


Fig. 2.1 Date microscopice preluate de pe Stația spațială Mir în cazul experimentului pe mazăre în condiții fără gravitație, fără și cu electrostimulare

Fig. 2.1 Microscopic data taken from the Mir Space Station regarding the experiment on peas in zero gravity conditions, without and with electrostimulation

(sursa: The use of an electric field in increasing the resistance of plants to the action of unfavorable space flight factors – Nechitalio și Gordeev, 2004)

- a) celule radiculare de mazăre nesupuse electrostimulării (cu spații intercelulare foarte mari și pereți celulari fisurați)
- b) celule radiculare de mazăre în cazul plantei martor
- c) celule radiculare de mazăre în condiții lipsite de gravitație ca și în cazul a), dar aici se poate observa cum și-au recăpătat forma, iar spațiile intercelulare au revenit la normal.

Așa cum indică datele evaluării microscopice, un câmp electric de slabă intensitate poate produce un efect favorabil asupra organelor celulare ale statenchimului central ale diferitelor plante. În special, structura interioară a celulelor meristematice ale rădăcinii de mazăre a fost afectată considerabil atunci când acțiunea gravitațională a fost diminuată cu ajutorul unui clinostat, în timp ce prin aplicarea unui tratament electric s-a normalizat aranjarea și structura amiloplastelor, a reticulului endoplasmatic, mitocondriei, nucleului și a aparatului Golgi. Cu alte cuvinte se poate spune cu certitudine, luând în calcul un număr limitat de materiale experimentale, că în condiții extreme electrostimularea poate avea efecte compensatorii pozitive ce suplinesc absența gravitațională.

Efectul electrostimulării este explicat obiectiv de teoria de formare în condiții extreme a unei bariere de protoni la nivelul plasmalemei celulelor radiculare. În reacțiile adaptative ale plantelor, un rol excepțional îl joacă biomembranele celulelor radiculare. Primul lor răspuns la modificările mediului este depolarizarea sau hiperpolarizarea potențialului membranei datorită alternării echilibrului ionilor, în primul rând a tuturor ionilor de hidrogen H^+ .

În condiții de mediu nefavorabile, organismul vegetal activează procesele fiziologice care asigură o îmbunătățire a forței de mișcare a protonilor.

În mod deosebit este intensificată respirația, activitatea ATP crește, ceea ce servește ca un impuls universal pentru fluxurile de ioni la nivelul plasmalemei celulelor plantelor unde transferul ionic este de asemenea intensificat.

Bariera de protoni, ca formațiune fizică, este ușor distrusă de un câmp electric slab, creat în atmosferă. Drept urmare, electrostimularea îmbunătățește transferul ionilor prin membrane, ceea ce normalizează alte procese fiziologice (Nechitalio și Gordeev, 2004).

În volumul 2 din publicația „*Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants Under Changing Environment*” ce îi are ca autori pe Paravaiz Ahmad și Mohd. Rafiq Wani, ambii doctori botaniști, este realizat un studiu ce prezintă modelele de creștere ale plantelor de tomate supuse la două tipuri de stres abiotic, respectiv iradierii UV-C și câmpuri electrice. Utilizarea câmpului electric a avut loc la o cultură în sistem hidroponic, unde nivelul de soluție a fost menținut constant pe toată durata experimentului. Studiul a arătat că utilizarea unui curent electric continuu la tomate determină diferențe semnificative în ceea ce privește dezvoltarea sistemului radicular, dar și a creșterilor vegetative la nivelul organelor superioare ale plantelor, fiind evidențiat un gradient de dezvoltare mult mai ridicat către plantele situate în apropierea electrodului ce prezenta o sarcină pozitivă (Ahmad și Wani, 2014).

2.2. Interpretări ale rezultatelor studiilor privind utilizarea curentului electric asupra plantelor pe plan mondial

Deși domeniul științific al studiilor privind influențele pe care curentul electric și câmpul magnetic natural, generat de Pământ, îl are asupra culturii plantelor, dar mai ales cel generat în mod artificial și aplicat culturilor agricole este unul încă aflat la nivel experimental pe plan mondial, există totuși o serie de publicații științifice ce prezintă o bază fundamentală de date.

O lucrare de acest fel, ce prezintă efectul pe care curentul electric îl are asupra plantelor, a fost publicată în anul 2018 de către Dennis Dannehl. Autorul prezintă o centralizare a rezultatelor obținute de o serie de oameni de știință, rezultate ce sunt prezentate în tabelul următor, în ordine alfabetică, după specia de plantă supusă experimentului.

Astfel, în tabelul 2.1 sunt prezentate rezultatele științifice obținute prin expunerea la intensități electrice ridicate a mai multor specii de plante în scopul observării reacțiilor fiziologice sau biochimice pe care acestea le-au avut:

Tabelul 2.1 / Table 2.1

Răspunsul plantelor prin expunere la curenți electrici și câmpuri magnetice de înaltă putere (Dannehl, 2018)**Plant response by exposure to electric currents and high power magnetic fields (Dannehl, 2018)**

Specia de plantă	Organul de plantă supus tratamentului	Condițiile experimentale	Efectul rezultat	Referința bibliografică
<i>Abelmoschus esculentus</i> (bamă)	Semințe	99mT, 3min	Rata germinației (+) Creșteri vegetative (+) Randament (+)	Naz și colab., (2002)
<i>Apium graveolens</i> (țelină)	Plante	3.5–136mT apă magnetizată, irigare 158 zile	Randament (+) Grad de absorbție al apei (+)	Maheshwari și Grewal (2009)
<i>Avena sativa</i> (ovăz)	Plante	40kV/m, 2m deasupra culturii	Randament (+)	Blackman (1924)
<i>Beta vulgaris</i> var. <i>canditiva</i> (sfeclă roșie)	Semințe	5mT, 16Hz, 2h	Masa rădăcinii (+) Suprafața foliară (+)	Rochalska (2008)
	Semințe	5mT, 16Hz, 2h	Pigmenți clorofilieni (+) Conținut de azot (+)	Rochalska (2005)
<i>Brassica napus</i> (rapită)	Semințe	10mT, 15min	Creșteri vegetative (-) Masa verde (-) Masa uscată (-)	Shabrangi (2010)
<i>Cicer arietinum</i> (năut)	Semințe	200mT, 2h	Germinație (+) Lungimea răsadului (+) Lungimea rădăcinii (+) Suprafața rădăcinii (+) Volumul rădăcinii (+)	Vashisth și Nagarajan (2008)

Tabelul 2.1 continuare / Table 2.1 continuation

<i>Cryptotaenia japonica</i> (pătrunjel japonez)	Semințe	0.75mT, 7Hz, 16 zile	Rata germinației (+)	Kobayashi și colab., (2004)
<i>Fragaria ananassa</i> (căpșun)	Plante	0.096 T, 50Hz, aplicate in perioada de creștere	Producția de fructe (+)	Esitken și Turan (2004)
		0.192 Hz 0.384 Hz 50 Hz, aplicate in perioada de creștere	Conținut de Ca, Mg (+) Număr de fructe (-) Masa fructelor (-)	
<i>Glycine max</i> (soia)	Semințe	150mT, 250mT, 60min	Lungimea răsadului (+) Masa verde a răsadului (+) Masa uscată a răsadului(+) Fotosinteză (+) Grad de absorbție al apei (+)	Shine și colab., (2011)
	Semințe	1500nT, 10Hz, 5 zile	Catalază (+)	Radhakrishnan și Kumari (2012)
<i>Helianthus annuus</i> (floarea-soarelui)	Semințe	200mT, 2h	Rata germinației (+) Lungimea răsadului (+) Lungimea rădăcinii (+) Suprafața rădăcinii (+) Volumul rădăcinii (+) Masa uscată a răsadului (+)	Vashisth și Nagarajan (2010)
	Semințe	15mT, 2h	Pigmenți colofilieni (+)	Turker și colab., (2007)

Tabelul 2.1 continuare / Table 2.1 continuation

<i>Hordeum vulgare</i> (orz)	Plante	10kV/m	Randament (+)	Lemström (1904)
	Răsad	125mT, 1min–24h	Lungimea răsadului (+) Masa răsadului (+)	Martinez și colab., (2000)
	Semințe	100kV/m	Rata germinației (+)	Lynikiene și Pozeliene (2003)
<i>Lactuca sativa</i> (salată)	Semințe	18–105kV/m, 60Hz	Rata germinației (+)	Zhang și Hashinaga (1997)
<i>Leymus chinensis</i> (secară sălbatică)	Semințe	200mT, 10min	Creșteri vegetative (+) Peroxidază (+)	Xia și Guo (2000)
<i>Linum usitatissimum</i> (in)	Plante	apă magnetizată 55 zile, irigație de două ori pe săptămână	Creșteri vegetative (+) Clorofila a (+) Clorofila b (+) Acid indol-3-acetic (+) Fenoli (+)	Qados și Hozayn (2010)
<i>Phaseolus vulgaris</i> (fasole)	Semințe	7mT, 7 zile	Rata germinației (0) Creșteri vegetative (0) Masa uscată a rădăcinii (0) Masa uscată a organelor aeriene (0)	Cakmak și colab., (2010)
	Semințe	1.8mT, 30min/zi, 10 zile	Rata germinației (-) Creșteri vegetative (-) Pigmenți clorofilieni (-) Flavonoide (-)	Najafi și colab., (2013)

Tabelul 2.1 continuare / Table 2.1 continuation

	Plante	130mT permanent	Creșteri vegetative (0) Înălțimea frunzei (0) Glutation peroxidază (+)	Mroczek-Zdyrska și colab., (2016)
<i>Pisum sativum</i> (mazăre)	Semințe	250mT, 1 min – 24h	Lungimea răsadului (+)	Carbonell și colab., (2011)
	Răsad	1500μT, 15min	Superoxid dismutază (+)	Polovinkina și colab., (2011)
	Plante	3.5–136mT apă magnetizată, irigație timp de 143 zile	Randament (+) Grad de absorbție al apei (+)	Maheshwari și Grewal (2009)
<i>Raphanus sativus</i> (ridiche)	Semințe	18-105kV/m, 60Hz	Rata germinației (+)	Zhang și Hashinaga (1997)
	Semințe	5mT, 60Hz, 21zile	Perioada germinativă (-) Creșteri vegetative (+) Masa plantei (+)	Smith și colab., (1993)
	Răsad	650 μT	Catalază (+)	Serdyukov și Novitskii (2013)
		185–325μT	Superoxid dismutază (+) Catalază(+) Superoxid dismutază (-)	
<i>Solanum lycopersicum</i> (tomate)	Semințe	4–12 kV/cm; 30–45s	Rata germinației (+)	Moon și Chung (2000)

Tabelul 2.1 continuare / Table 2.1 continuation

	Semințe	160 mT, 60Hz, 1min	Rata germinației (+) Lungimea rădăcinii(+) Lungimea organelor aeriene (+) Masa uscată a rădăcinii(+) Masa uscată a organelor aeriene (+) Suprafața foliară (+)	De Souza și colab., (2010)
	Semințe	100mT, 10min	Suprafața foliară (+) Masa uscată a frunzelor (+) Masa fructelor(+) Randament (+)	De Souza și colab., (2006)
	Semințe	0.9T, 30 min	Ramificații (+)	Dayal și Singh (1986)
<i>Solanum tuberosum</i> (cartof)	Răsad	4 mT, 20 zile, 25°C	Creșteri vegetative (+) Fotosinteză (+) Masa în stare proaspătă (+) Masa în stare uscată (+)	Iimoto și colab., (1996)
		6 mT, 20 zile, 25°C	Creșteri vegetative (0) Fotosinteză (0) Masa în stare proaspătă (-) Masa în stare uscată (0)	

Tabelul 2.1 continuare / Table 2.1 continuation

<i>Triticum aestivum</i> (grâu comun)	Plante	40kV/m, 2m deasupra culturii	Randament (+)	Blackman (1924)
	Semințe	0.18T, 240h, 23°C	Rata germinației (+)	Pittman și Ormrod (1970)
	Plante	0.2-0.4kV/m, dis- tanța de expune- re 40, 14, 8 și 2m	Randament (+)	Soja și colab., (2003)
	Semințe	7mT, 7 zile	Rata germinației (+) Creșteri vegetative (+) Masa uscată a rădăcinii (+) Masa uscată a oganelor aeriane (+)	Cakmak și colab., (2010)
	Semințe	0.3T apă magnetizată	Rata germinației(+/-) Lungimea organelor aeriane (+) Lungimea rădăcinii (+) Lungimea plantei (+) Masa în stare proaspătă (+) Număr de legături proteice (+)	Almaghrabi și Elbeshehy (2012)
	Semințe	apă magnetizată	Rata germinației (+) Masa uscată a răsadului (+) Lungimea organelor aeriane (0) Lungimea rădăcinii (-)	Ijaz și colab., (2012)

Tabelul 2.1 continuare / Table 2.1 continuation

<i>Vigna unguiculata</i> (fasole de păstai lungi)	Plante	apă magnetizată, 50 zile	Masa verde a frunzelor (+) Masa uscată a frunzelor (+) Suprafața foliară (+) Masa verde a tulpinii (+) Masa uscată a tulpinii (+) Conductanța stomatală (+) Gradul de absorbție al apei (+)	Sadeghipour și Aghaei (2013)
<i>Zea mays</i> (porumb)	Plante	10kV/m, curent străbatere plantă 0.075μA	Randament (0)	Collins și colab., (1929)
	Semințe	125mT, 1h; 250mT, 10min	Rata germinăției (+) Lungimea răsadului (+) Masa în stare proaspătă (+)	Florez și colab., (2007)
	Semințe	5mT, 10–200Hz	Dezvoltare radiculară (+)	Muraji și colab., (1998)
	Semințe	10mT, 15min	Creșteri vegetative (+) Masa în stare proaspătă (+) Masa în stare uscată (+)	Shabrangi și colab., (2010)
	Semințe	100mT, 2h	Clorofilă (+) Fotosinteză (+)	Anand și colab., (2012)
	Semințe	235mT apă magnetizată, 24h	Lungimea răsadului (+) Masa răsadului (+)	Mahmood și Usman (2014)
	Plante	0.2-0.4kV/m, distanța de expunere 40, 14, 8 și 2m	Randament (+)	Soja și colab., (2003)

* randament – producția de fructe calculată ca număr de fructe de pe o suprafață de un ar, raportat la masa medie a fructelor.

În mod similar, s-a efectuat o centralizare a rezultatelor obținute prin aplicarea unor stimuli electrici de slabă intensitate, conform tabelului 2.2:

Tabelul 2.2 / Table 2.2

Răspunsul plantelor prin expunere la curenți electrici și câmpuri magnetice de joasă intensitate (Dannehl, 2018)
Plant response by exposure to electric currents and low-intensity magnetic fields (Dannehl, 2018)

Specia de plantă	Organul de plantă supus tratamentului	Condițiile experimentale	Efectul rezultat	Referința bibliografică
<i>Arabidopsis thaliana</i> (specie de plantă erbacee)	Plantă	Aproape 0 T	Creșteri hipocotile (-) Timp de înflorire (-)	Xu și colab., (2012)
	Plantă	Aproape 0 T	Biosinteză gibereline (-)	Xu și colab., (2017)
	Plantă	Aproape 0 T	Acumulare biomasă (-)	Xu și colab., (2013)
<i>Amaranthus hypochondriacus</i> (moțul curcanului)	Semințe	500 mA 2-3 min	Conținut de fenoli la semnințe germinate (+) Activitate fiziologică (+) Activitatea peroxidică (+) Catalază (+) Flavonoizi (-)	Ozuna și colab., (2017)
<i>Cicer arietinum</i> (năut)	Răsad	30-199 mA	Formononetină (+)	Kaimoyo și colab., (2008)
<i>Cucumis sativus</i> (castravete)	Fructe	3 mA, 1h	Etilenă (+)	Inaba și colab., (1995)

Tabelul 2.2 continuare / Table 2.2 continuation

<i>Glycine max</i> (soia)	Răsad	0,6 kV/cm, 120 impul-suri	Isoflavonoizi (+) Transport transmembrantar activ (+)	Guderjan și colab., (2005)
	Semințe	1500nT, 10 Hz, 20 zile	Randament (+) Lungimea plantei (+) Masa în stare proaspătă (+) Masa uscată a plantei (+) Polifenoloxidaz ă (+) Fe, Cu, Mn, Zn, Mg, K, Na (+) Ca (-)	Radhakrishnan și Kumari (2012)
<i>Helianthus annuus</i> (floarea- soarelui)	Semințe	20 μT, 16 Hz, 12 zile	Rata germinației (0) Masa verde a tulpinii (+) Masa verde a sistemului radicular (+) Masa totală în stare uscată (0)	Fischer și colab., (2004)
<i>Hordeum vulgare</i> (orz)	Răsad	10 nT	Masa verde a tulpinii (-) Masa uscată a tulpinii (-) Masa verde a rădăcinii (-) Masa uscată a rădăcinii (-)	Lebedev și colab., (1977)

Tabelul 2.2 continuare / Table 2.2 continuation

<i>Lepidium sativum</i> (creson)	Rădăcină	583 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	Conținut total de fenoli în frunză (+) Activitatea antioxidantă în frunză (+) Clorofila a în frunză (+) Clorofila b în frunză (+) Proteine în frunză (+) N, Ca, Fe, Cu, Al, Cr, Ni, Pb în frunză (+)	Dannehl și colab., (2012)
<i>Medicago truncatula</i> (lucernă A17)	Răsad	30–199 mA	Naringenină în rădăcini (+) Afromosin în rădăcini (+)	Kaimoyo și colab., (2008)
<i>Nicotiana tabacum</i> (tutun)	Calus	2 μA ,	Țesut celular în stare verde (+) Țesut celular în stare uscată (+)	Rathore și colab., (1988)
<i>Pisum sativum</i> (mazare)	Răsad	1 nT	Vacuole (+) Cytosegresomes (+) Corpuri paramurale (+) Ca (+)	Belyavskaya (2004)
	Răsad	30–199 mA	Pisatin (+)	Kaimoyo și colab., (2008)
<i>Raphanus sativus</i> (ridiche)	Rădăcină	600 și 1000 mA, 1 h/zi, 16 zile	Fenoli totali (+) Activitatea antioxidantă (+) Antociani (+)	Dannehl și colab., (2009)

Tabelul 2.2 continuare / Table 2.2 continuation

<i>Solanum lycopersicum</i> (tomate)	Fruct	1.2 kV/cm, 18 impulsuri, 0.1Hz	Fenoli totali (+) Capacitate antioxidantă (+) Coținut de licopen (+)	Vallverdú-Queralt și colab., (2012)
<i>Solanum scabrum</i> (coacaz)	Plantă	73 și 127 μ A, 8 h/zi, 12 zile	Înălțimea plantei (0) Număr de frunze (0) Diametrul tulpinii (0) Număr de rădăcini principale(0)	Gogo și colab., (2016)
		73 μ A, 8 h/zi, 12 zile	Calitatea frunzelor (+)	
		127 μ A, 8h/zi, 12 zile	Luteină în frunze (0) β -caroten în frunze (0) Coținut total de carotenoizi în frunze (0) Clorofila a în frunze (0) Clorofila b în frunze (0) Hemiceluloză(+) Luteină în tulpină (+) β -caroten în tulpină (+) Coținut total de carotenoizi în tulpină (+) Clorofila a în tulpină (+) Clorofila b în tulpină (+)	

Tabelul 2.2 continuare / Table 2.2 continuation

<i>Solanum tuberosum</i> (cartof)	Tubercul	0 T, 14 zile	Creșteri radiculare (+/-) Creșteri ale tulpinii (+/-) Creșteri ale suprafeței foliare (+/-)	Rakosy-Tican și colab., (2005)
	Plantă	15 μ A/ plantă	K (+) Ca (+)	Black și colab., (1971)
	Plantă	6 V	Masa verde a tulpinii (+) Masa verde a tuberculilor (+)	Ward (1996)
		6 V	Ca, K, Mg (+)	
<i>Taxus chinensis</i> (tisa)	Celulele plantei	10 V/m, 50 Hz	Taxani (+) Număr de celule (0)	Ye și colab., (2004)
<i>Triticum aestivum</i> (grâu)	Semințe	20 μ T, 16 Hz, 12 zile	Rata germinației (+) Masa în stare verde (+) Masa verde a rădăcinii (+) Masa uscată a rădăcinii(+)	Fischer și colab., (2004)
<i>Zea mays</i> (porumb)	Plante	0.6kV/cm 120 impulsuri	Fitosterol (+) Transport transmembranar activ (+)	Guderjan și colab., (2005)
		7.3 kV/cm, 120 impulsuri	Fitosterol (-)	

* randament – producția de fructe calculată ca număr de fructe de pe o suprafață de un ar, raportat la masa medie a fructelor.

2.2.1. Studii recente cu privire la utilizarea curentului electric în domeniul legumicol, pe plan mondial

De-a lungul timpului, oamenii de știință au efectuat studii privind influența curentului electric asupra plantelor. Cele mai reprezentative rezultate în ceea ce privește cercetările recente se pot rezuma într-o serie de lucrări științifice.

Naz și colab., (2012) au utilizat curentul electric asupra plantelor de *Abelmoschus esculentus*, plantele fiind supuse în stadiul de sămânță unor tratamente electrice, după care semințele au fost plantate, observându-se ulterior performanțele genetice pe care acest tratament le-a putut transmite viitoarelor plante.

Datele obținute de către oamenii de știință sunt prezentate în tabelul 2.3:

Tabelul 2.3 / Table 2.3

Efecte ale curentului electric asupra germinației, creșterii și recoltei bamelor Effects of electricity on germination, growth and harvest of okra

Variabila măsurată	Varianta martor	99 m T 3 min	99 m T 11 min	Coeficient de variație (%)
Germinația semințelor(%)	53 ± 3.17 b	70.75 ± 6.58 a	71.00 ± 4.55 a	14.31
Nr de flori pe plantă (buc)	7.25 ± 2.02 c	15.00 ± 1.83 b	21.75 ± 1.80 a	23.36
Suprafața foliară (cm ²)	124.56 ± 3.87 b	175.38 ± 11.30 a	170.41 ± 14.40 a	14.96
Înălțimea plantei la maturitate(cm)	73.21 ± 1.34 b	99.80 ± 1.01 a	102.20 ± 1.88 a	12.88
Nr. de păstai pe plantă(buc)	10.5 ± 0.30 b	12.0 ± 0.20 b	16.2 ± 1.10 a	13.23
Masa păstailor pe plantă (g)	350.0 ± 23.80 c	486.0 ± 28.80 b	692.0 ± 40.90 a	11.85
Nr. de semințe pe plantă (buc)	59.8 ± 1.90 c	75.3 ± 11.90 b	133.9 ± 8.30 a	17.08

Eşitken și colab., (2004) au studiat efectele utilizării unui curent electric ce străbătea o serie de conductori electrici poziționați deasupra unei culturi de căpșun, cultură înființată în interiorul unei sere. Câmpurile magnetice astfel generate au avut o putere de 0.096 T, 0.192 T, respectiv 0.384 T.

Prin creșterea intensității câmpului magnetic s-a reușit îmbunătățirea productivității plantelor, obținând fructe de dimensiuni mai mari, de la 208,50 g/plantă la varianta martor la 246,07 g/plantă prin utilizarea unui câmp magnetic cu intensitatea de 0,096T. S-a constatat că atunci când câmpul magnetic depășea 0.096 T capacitatea de producție a plantelor se reducea.

Ca urmare a acestor constatări, echipa de cercetători condusă de către Eşitken a concluzionat menționând faptul că „ Utilizarea unui câmp magnetic de joasă intensitate la plantele de căpșuni a avut un rezultat pozitiv asupra producției de fructe atât din punct de vedere al masei fructelor, cât și al numărului de fructe”(Eşitken și colab., 2004).

Cercetări cu privire la utilizarea curentului electric ca factor extern în vederea observării influențelor acestuia strict asupra plantelor de tomate au fost efectuate de către un grup reînnoit de cercetători, cele mai relevante publicații în acest sens fiind următoarele:

Moon și Chung au publicat în anul 2000 lucrarea cu titlul „Accelerarea germinării semințelor de tomate prin aplicarea de câmpuri electrice și magnetice de curent alternativ”. Aceștia au studiat efectele asupra semințelor de plante de tomate, ce sunt expuse pe perioade diferite de timp, la o serie de intensități de câmpuri magnetice generate de cureți alternativi.

În figura de mai jos aceștia prezintă rezultatele obținute în ceea ce privește procentul de semințe germinate pe o perioadă de șapte zile.

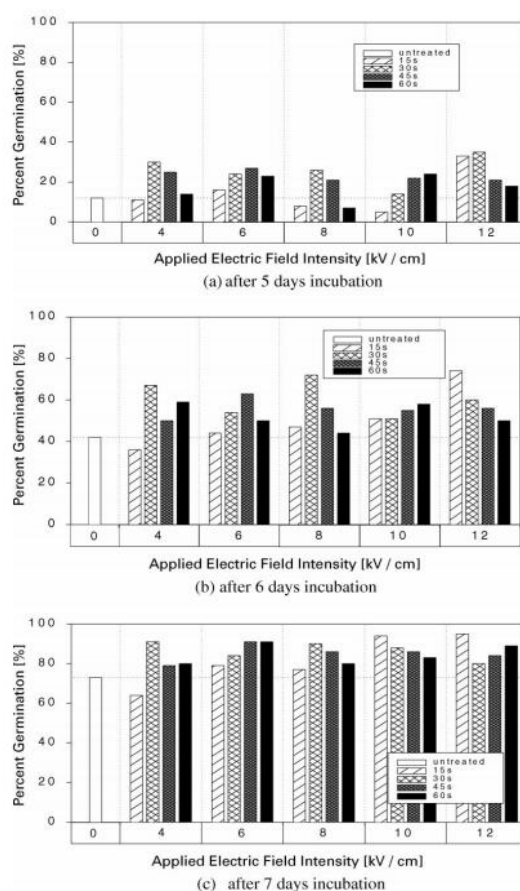


Fig 2.2 Procentul de germinare al semințelor de tomate pentru diferite intensități ale câmpului electric aplicat și timpul de expunere la fiecare perioadă de timp de incubare fix.

Fig 2.2 Germination rate of tomato seeds for different intensities of the applied electric field and exposure time at each fixed incubation time period (Moon și Chung, 2000)

Concluziile la care au ajuns cei doi cercetători arată că „tratamentul semințelor de tomate prin câmp electromagnetic variabil pentru perioade scurte de timp a accelerat procentul de germinare. În comparație cu semințele netratate, procentele de germinare au fost îmbunătățite de 1,1-2,8 ori, folosind câmpuri electrice și magnetice de curent alternativ, iar punctele de saturație ale germinării pot fi atinse cu o zi mai devreme”(Moon și Chung, 2000).

De Souza și echipa sa de cercetători, (2006) au studiat de asemenea efectele tratamentelor magnetice asupra creșterilor vegetative și productivității plantelor de tomate. Semințele de tomate au fost expuse fie la un câmp magnetic variabil de 120 mT (indus de un electromagnet experimental) timp de 10 minute, fie la un câmp de 80 mT, timp de 5 minute. Semințele netratate au fost utilizate ca martori. Plantele au fost cultivate în parcele experimentale (20,2 m²) și cultivate în conformitate cu

practicile agricole standard. La maturitatea fiziologică, plantele au fost recoltate, din fiecare parcelă fiind determinate numărul fructelor, greutatea medie a fructelor, producția de fructe pe plantă și producția de fructe raportată la suprafața cultivată. În timpul etapei vegetative, rata relativă de creștere a frunzelor, tulpinii și rădăcinii plantelor derivate din semințe tratate magnetic a fost mai mare decât cea prezentată de plantele martor. În etapa generativă, rata relativă de creștere a fructelor aparținând „plantelor tratate magnetic” a fost mai mare decât cea a fructelor plantelor de control. La etapa de maturitate a fructelor, semințele tratate magnetic au produs plante cu fructe semnificativ mai mari (17,9-21,3%), cu o greutate medie semnificativ mai mare a fructelor (22,3-25,5%) și cu un randament mai mare de fructe pe plantă (47,3-51,7%), cu o producție sporită de fructe raportată la suprafața cultivată (48,6-50,8%), prin comparație cu plantele de referință. Tratamentele magnetice de pre-însămânțare par să îmbunătățească creșterea și randamentul tomatelor cultivate târziu în sezon.

Cercetatorul a continuat seria de experimente, acesta publicând în anul 2010 o nouă lucrare unde s-a studiat influența tratamentelor de câmp magnetic la pre-însămânțare asupra germinării semințelor de tomate și a creșterii răsadurilor în condiții de laborator. Semințele au fost expuse la unde magnetice sinusoidale neuniforme rectificate cu undă completă (MF), la o frecvență de 60 Hz, câmpurile magnetice fiind induse de un electromagnet la 80, 120, 160 și 200 mT (rms) timp de 1, 3, 5, 10, 15 și 20 de minute. În condiții de laborator, diferite combinații de intensitate a câmpului magnetic și timpul de expunere au îmbunătățit semnificativ performanța semințelor în ceea ce privește reducerea timpului necesar primelor semințe pentru a completa germinarea. Combinațiile 160 mT timp de 1 min și 200 mT timp de 1 min au dat cele mai bune rezultate. În sol, expunerea semințelor la aceste două câmpuri magnetice a condus la o creștere semnificativă a indicelui de germinare, a lungimii lăstarilor, a rădăcinilor și a suprafeței frunzelor răsadurilor. Măsurătorile au fost efectuate la 28 de zile în condiții de cultivare în spații protejate, rezultatele fiind comparate cu cele ale răsadurilor de control. Prin urmare, tratamentele magnetice de pre-însămânțare au potențialul de a spori gradul de germinare a semințelor de tomate și de creștere timpurie a răsadurilor (De Souza și colab., 2010).

2.3. Studii privind electrofiziologia plantelor

Electrofiziologia plantelor reprezintă studiul fenomenelor electrochimice asociate cu celulele și țesuturile biologice din plante (Volkov, 2012).

Unul dintre cei mai importanți cercetători care a studiat pe larg gama de fenomene electrice, inclusiv potențialele de acțiune declanșate și autonome sau depolarizările tranzitorii lente evocate de stimuli electrici și magnetici este Trontelj. Acesta, împreună cu echipa sa a ajuns la concluzia că toate plantele investigate au răspuns la stimulare, fenomenul fiind detectat magnetic (Trontelj și colab., 2006).

Este bine cunoscut faptul că celulele stimulate electric generează un potențial de acțiune, prin modificarea potențialului de membrană. Acesta implică măsurători electrice potențiale și curenți pe o mare varietate de scări de la canale ionice unice la țesuturi vegetale întregi. Proprietățile electrice ale celulelor vegetale derivă în cea mai mare parte din proprietățile electrochimice ale membranelor lor. Studiul electrofiziologic al plantelor include măsurători ale activității electrice la nivelul floemului și xilemului, al plasmodesmelelor și stomatelor, semnalele electrice propagându-se de-a lungul membranei plasmatică. Potențialele de acțiune sunt răspunsuri caracteristice ale membranei celulare care pot fi induse de stimuli precum: presiune aplicată, substanțe chimice, stimuli termici, stimuli electrici sau magnetici și stimuli mecanici (Volkov, 2012).

Ca urmare a acestor studii se pot dezvolta o serie de biosenzori, cum sunt imunosenzorii umani dezvoltați pe bază de anticorpi (Jeong-Yeol, 2016), ce pot fi ulterior folosiți și în cadrul unor cercetări asupra celulelor vegetale ale plantelor de cultură.

2.4. Corelarea rezultatelor obținute în cadrul cercetărilor științifice

Pe baza studiilor efectuate de diferiți cercetători se poate susține faptul că un factor de stres abiotic de natură electrică sau magnetică poate avea capacitatea de a modifica starea metabolică a plantelor. În contextul actual, publicațiile științifice, analizate din punct de vedere statistic, conform procedurilor de analiză statistică (Țițeică, 2000), au arătat că există mai multe avantaje prin aplicarea unor curenți electrici sau a unor câmpuri magnetice puternice sau slabe, aspect ce a determinat și debutul prezentului studiu. Aplicarea acestor metode electrice pe semințe, ca pretratare, este o metodă simplă pentru îmbunătățirea dezvoltării ulterioare a plantelor. Aceasta include rata de germinare, lungimea rădăcinii și a lăstarilor, a masei totale în stare proaspătă sau uscată, a calității fructelor, dar și o creștere a suprafeței foliare, a ramurilor, a intensității fotosintezei, a conținutului de pigmenți clorofilieni, a conductanței stomatelor și asupra acumulării de diferiți ioni. Semințele expuse la câmpuri magnetice pot de asemenea să răspundă cu o producție mai mare și o activare asociată a sistemelor de apărare antioxidante.

Aplicarea apei magnetizate pe plante poate fi clasificată ca fiind o aplicare indirectă a câmpurilor magnetice pe plante. Această arie de cercetare se află încă la început, majoritatea studiilor utilizând apă puternic magnetizată. Acest procedeu de tratare a semințelor pare a fi suficient de eficient pentru stimularea ratei de creștere în lungime a organelor aeriene, rădăcinii și răsadului. Același lucru este valabil și pentru plantele irigate cu apă magnetizată în timpul creșterii vegetative a acestora. S-a observat că pe lângă faptul că parametrii morfologici ai plantei au cunoscut

îmbunătățiri, conținutul de clorofilă și fenol total s-a îmbunătățit, ceea ce sugerează că a fost indus un răspuns la un factor de stres.

Electrozii fixați în corpul plantei permit trecerea unui curent slab și pot de asemenea reprezenta o alternativă, această metodă fiind însă una dificil de realizat, întrucât este necesar un număr semnificativ de instalații care să furnizeze același curent electric fiecărei plante, ceea ce conduce la un necesar foarte mare de echipamente tehnice. Din acest motiv, aceste metode se utilizează în principal pentru cercetarea de bază. Cu toate acestea, aplicarea curenților electrici prin plante determină o creștere a înălțimii acestora, a numărului de frunze, a masei în stare proaspătă și uscată, dar și a conținutului de minerale și compuși bioactivi valoroși cum sunt compușii fenolici, carotenoizi și pigmenții clorofilieni.

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

IInd PART – OWN RESEARCH RESULTS

CAPITOLUL III
SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRIILOR.
MATERIALUL ȘI METODOLOGIA DE LUCRU
CHAPTER III
AIM AND OBJECTIVES OF THE RESEARCH. MATERIAL
AND RESEARCH METHODOLOGY

3.1. Motivația cercetărilor

Tomatele sunt plante de cultură ce prezintă o importanță deosebită la nivel global din punct de vedere alimentar și economic, întrucât această cultură are potențialul de a asigura venituri ce fac ca această activitate să fie una rentabilă din punct de vedere economic pentru producători. Cultura tomatelor prezintă de asemenea o mare importanță alimentară, fructele de tomate fiind consumate la nivel mondial, deoarece reprezintă unul dintre produsele alimentare de bază, datorită valorii nutritive foarte ridicate.

Calitățile organoleptice ale fructelor sunt primordiale în ceea ce privește calitatea producției, astfel fiind scoase în evidență trăsăturile de bază în ceea ce privește potențialul de valorificare al producției și randamentul economic ce poate fi generat.

În ceea ce privește utilizarea curentului electric în domeniul agronomic, cercetările efectuate arată o serie de rezultate ample, unele favorabile din punct de vedere al îmbunătățirii randamentului de producție, în timp ce în cazul altor specii utilizarea anumitor valori ale curentului electric pot duce chiar la deprecieri ale cantității recoltelor.

Cercetătorii care au studiat efectele curentului electric asupra plantelor sunt destul de puțini, cu toate că domeniul de studiu este unul promițător în ceea ce privește posibilitatea de a obține rezultate favorabile în ceea ce privește creșterea producției sau îmbunătățirea unor indicatorilor de calitate ai fructelor.

Provocarea științifică a acestor cercetări o reprezintă studierea comportamentală a plantelor în funcție de momentul, modul și intensitatea aplicării curentului electric.

3.2. Scopul și obiectivele cercetării:

Scopul prezentului studiu a fost acela de a evalua influența aplicării curentului electric continuu asupra plantelor de tomate, în vederea stabilirii parametrilor optimi de cultură pentru maximizarea cantității și calității recoltei obținute.

În acest sens, se au în vedere următoarele obiective:

- evaluarea influenței aplicării curentului electric continuu asupra particularităților morfologice ale plantelor de tomate;
- evaluarea efectelor curentului electric continuu asupra particularităților fiziologice ale plantelor de tomate;
- studiul influenței aplicării curentului electric continuu asupra indicatorilor biochimici.

În cadrul propriilor cercetări s-au folosit șase variante experimentale, pentru fiecare variantă fiind utilizate câte cinci repetiții.

3.3. Materiale utilizate și metodologia de lucru

Experimentul a fost realizat în sera din cadrul Institutului de Cercetări pentru Agricultură și Mediu Iași, în condiții controlate de temperatură și umiditate, perioada 2019 – 2021. Plante de *Lycopersicon esculentum* Mill., Hibrid *Qualitet F1* cu o creștere semideterminată au fost utilizate pentru realizarea studiului. Caracteristica dominantă a acestui hibrid este că se pretează bine condițiilor de creștere din spațiile protejate și se adaptează bine producției timpurii.

Semănatul a avut loc la data de 15 februarie, în fiecare dintre cei trei ani de cercetări. Răsadurile au fost semănate în tavi alveolare, folosind două tăvi cu câte 70 de alveole, pentru a obține un răsad care va fi selectat ulterior în cadrul experimentului, pentru a utiliza doar plante viguroase, de dimensiuni similare. În fenofaza de dezvoltare a primei frunze adevărate, răsadurile au fost repicate din paletele alveolare în ghivece de 200 ml, iar apoi au fost transplantate încă odată la ghivece de 12 l.

Experimentul a fost realizat folosind un eșantion de 30 de plante de tomate care au fost împărțite în 6 variante a câte 5 plante.

După prepararea substratului și plantarea răsadurilor în vasele de cultură au fost montate o serie de echipamente în scopul aplicării curentului electric continuu asupra plantelor de tomate.

Lucrările de îngrijire aplicate culturii au fost identice pentru toate plantele aflate în cadrul experimentului, de la semănat, repicare, palisare, copilire, defolia frunzelor de la bază, cârnire, udare, fertilizare, și până la aplicarea de tratamente. În mod similar au fost asigurate aceleași condiții ecologice privind factorii de mediu, pentru toate plantele, acestea fiind poziționate sub aceeași schemă de densitate pentru fiecare repetiție.

3.3.1. Materialul biologic

Pentru efectuarea experimentului s-a utilizat hibridul *Qualitet F1*, acesta fiind un hibrid de tomate cu creștere semideterminată, ușor de cultivat în diferite

condiții tehnologice. Plantele sunt viguroase, manifestă în general un bun echilibru vegetativ și generativ și se comportă excelent în condiții de stres. Acest hibrid formează fructe mari (180-200 grame), uniforme și ferme, de culoare roșu strălucitor și un aspect foarte plăcut pentru consumatori, fiind destinat culturii timpurii.



Fig. 3.1 Tomate Qualitet F1
Fig. 3.1 Qualitet F1 tomato
(original)

3.3.2. Materiale biotehnice

Pentru amestecul de substrat s-au folosit vase de cultură cu un volum de 12 L, s-a folosit ca substrat un amestec ce a fost realizat folosind 300 l de turbă, 25 L de compost, 1,5 L de ORGEVIT® și 10 L de perlit. Fiecare dintre cele 30 de vase de cultură au fost umplute cu un volum 10 L din acest amestec.

În timpul experimentului, toate plantele au primit aceleași tratamente cu aceiași nutrienți, conform descrierii de mai jos:

- în prima săptămână 2 kg de ORGEVIT® diluat în 10 L de apă, aplicat în doze de 200 ml, în zilele de miercuri și duminică.

- în cea de a doua săptămână s-a aplicat o fertilizare cu 30 mL pentru fiecare plantă, amestec creat folosind 10,5 g de substanță care a fost cântărită din fiecare compus chimic utilizat, obținându-se o cantitate totală de 63 de grame care a fost dizolvată în de apă, conform următoarei relații chimice:

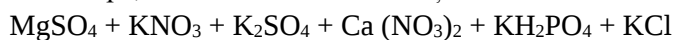




Fig. 3.2 Preparare substrat de cultură
Fig. 3.2 Preparation of crop substrate
(original)

3.4. Organizarea cercetărilor

Pentru desfășurarea experimentului s-au utilizat o serie de echipamente pentru aplicarea de stimuli electrici plantelor de tomate și diverse aparate ce au fost utilizate separat, în vederea efectuării determinărilor pentru obținerea de rezultate cuantificabile din punct de vedere științific.

3.4.1. Echipamente utilizate pentru cercetare

Pentru organizarea cercetărilor au fost folosite:

- a) 5 surse DC stabilizate de laborator 0-30V / 0-5A, conectate la o priza de 230 V, curent alternativ;
- b) conductori electrici cu lungimea de 4,5 m, dispuși sub formă de spirală cu diametrul de 5 cm, aceștia având o rezistență de 1,3 Ω , cele două capete ale spiralei fiind conectate fiecare la un conductor electric diferit cu lungimea de 4 m și rezistența de 1,7 Ω ;
- c) 3 rezistențe electrice de 20W și 15 Ω care au fost utilizate în cazul variantelor 1, 2 și 3, acestea fiind conectate la ieșirea terminalului „+” din cadrul circuitului.

Sursele de tensiune au fost reglate în așa fel încât să asigure în circuitul electric creat, curenți de intensități diferite, conectând în paralel la bornele sursei de laborator conductorii electrici pentru fiecare dintre variantele 1, 2 și 3.

Un curent electric continuu de intensitate scăzută a fost utilizat pentru a preveni moartea plantei, întrucât este deja cunoscut faptul că utilizarea de curenți electrici puternici pot polariza celulele plantei, până la ruperea membranei fapt ce poate provoca încetarea activității celulare la nivelul plantei (Angersbach și colab., 2000).

Modul de aplicare al stimulilor electrici este următorul pentru cele șase variante utilizate în cadrul experimentului:

- Varianta 1 - a fost utilizat un curent electric care a traversat circuitul astfel creat folosind un curent cu o intensitate de 0,15 A, curent continuu;
- Varianta 2 - a fost utilizat un curent electric care a traversat circuitul astfel creat folosind un curent cu o intensitate de 0,30 A, curent continuu;
- Varianta 3 – s-a utilizat un curent electric care a traversat circuitul astfel creat folosind un curent cu o intensitate de 0,45 A, curent continuu;

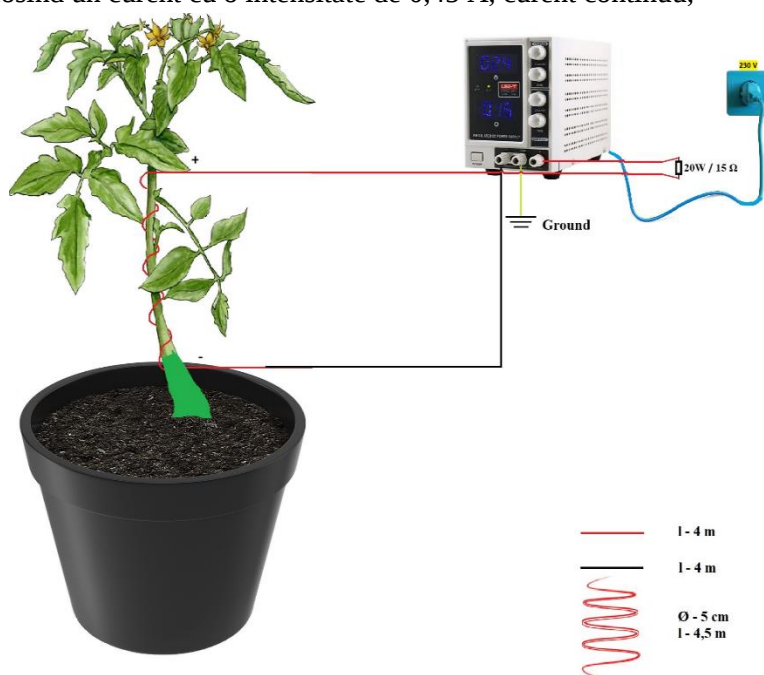


Fig. 3.3 Schema bloc a variantelor V1, V2, V3.

Fig. 3.3 Block diagram of variants V1, V2, V3 (original)

- În cazul variantei 4 (polaritate) s-au folosit ace de seringă care au traversat tulpina plantei, acestea fiind inserate în număr de două pentru fiecare plantă din cele 5 repetiții, un ac fiind montat în zona apicală, iar cealalt la baza tulpinii. În cadrul acestei variante firul de 4,5 m nu a fost folosit ca spirală, ci doar cele 2 fire cu lungimea de 4 m și rezistența de 1,7 Ω , conductorii electrici fiind conectați la cele

două ace de seringă cu ajutorul unor clești de tip crocodil. Tensiunea curentului electric aplicat a fost de 1,5 V, curent continuu;

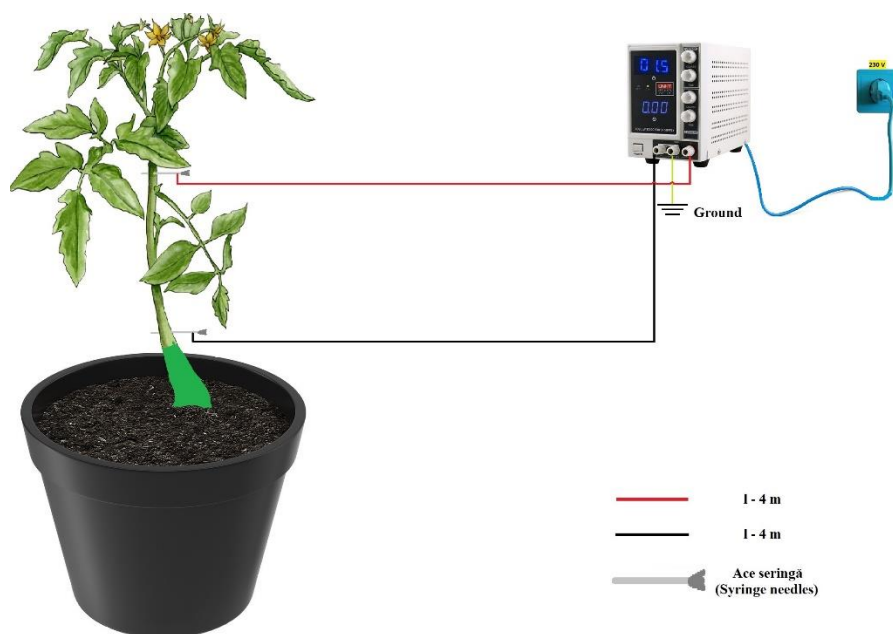


Fig. 3.4 Schema bloc a variantei V4 (polaritate)
Fig. 3.4 Block diagram of the V4 variant (polarity)
(original)

- Pentru varianta a 5-a (varianta de sol), întregul circuit a fost montat în aceleași condiții ca și în cazul variantei 4, diferența fiind că cei doi conductori electrici au fost conectați la 2 electrozi ce au fost introduși în sol;

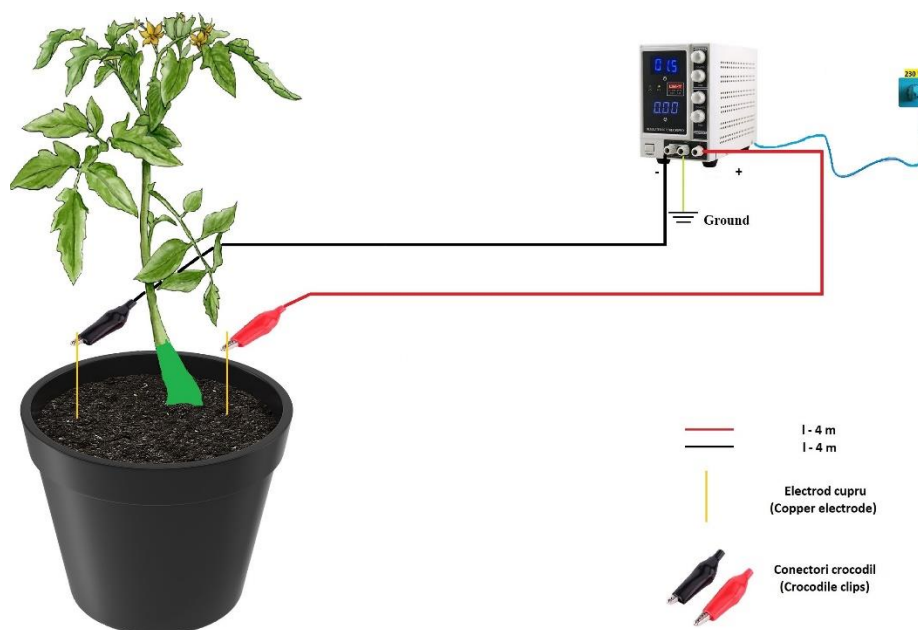


Fig. 3.5 Schema bloc a variantei V5 (electrozi în sol)
Fig. 3.5 Block diagram of variant V5 (electrodes in the soil)
(original)

- A șasea varianta a fost reprezentată de martor, ce a servit drept eșantion de referință, fiind aplicate aceleași elemente de tehnologie de cultură.

Pentru toate cele 5 variante unde s-au aplicat stimuli electrici, curentul a fost aplicat timp de 24 h/zi, de la începutul lunii mai, până la momentul desființării culturii (sfârșitul lunii august).



Fig 3.6 Modul de montare a echipamentelor electrice pe plantele de tomate
Fig 3.6 Method of installation of electrical equipment on tomato plants
(original)

3.4.2. Determinări efectuate în vederea urmăririi particularităților specifice fiecărei variante de plante supusă tratamentelor electrice

În cadrul cercetărilor s-au efectuat determinări prin care s-au urmărit următoarele particularități la nivelul plantelor de tomate:

- Studiul influenței curentului electric continuu asupra particularităților morfologice ale plantelor de tomate:
 - înălțimea plantei;
 - determinarea numărului de frunze;
 - analiza numărului de inflorescențe formate;
 - evaluarea numărului de fructe formate;
 - înălțimea fructelor de tomate recoltate;
 - diametrul fructelor de tomate la momentul recoltării;
 - determinarea masei fructelor;
 - determinarea suprafeței foliare;
 - masa plantei – partea aeriană;
- Studiul efectelor curentului electric continuu asupra particularităților fiziologice ale plantelor de tomate:
 - determinarea conținutului de pigmenți clorofilieni;
 - determinarea ratei fotosintezei;
 - radiația luminoasă fotoactivă de la suprafața frunzei;
 - conductanța stomatală;
 - concentrația de CO₂ sub-stomatală;
 - evapotranspirația;
- Studiul influenței curentului electric continuu asupra indicatorilor biochimici:
 - determinarea fermității fructelor;
 - determinarea acidității;
 - determinare substanței uscate solubile;
 - determinarea conținutului substanță uscată și de umiditate;
 - determinarea conținutului de licopen;
 - determinarea conținutului de polifenoli;
 - determinarea conținutului de β-caroten
 - determinarea capacității antioxidante;
 - determinarea cenușii;
 - determinarea lipidelor brute;
 - determinarea proteinelor brute;
 - determinarea fibrelor brute;
 - determinarea fibrelor dietetice;
 - determinarea valorii energiei calorice;
 - conținutul de minerale al fructelor;

- conținutul de antinutrienți (acid fitic, taninuri, oxalați, saponine, inhibitor de tripsină, inhibitorul α -amilazei).

- Studiul influenței curentului electric continuu asupra producției
- determinarea producției totale obținute.

3.4.3. Echipamente folosite și mod de lucru în vederea realizării determinărilor de calitate ale tomatelor

Pentru culegerea datelor în vederea efectuării calculelor și ulterior a interpretării acestora s-a folosit o serie de echipamente:

- Ruleta cu panglică de oțel utilizată pentru monitorizarea și determinarea valorilor înălțimii plantelor de tomate;



Fig 3.7 Determinarea înălțimii la plantele de tomate

Fig 3.7 Determination of height in tomato plants

(original)

- Aparat de determinare a suprafeței foliare Li-3100 LI-COR;

Determinarea suprafeței foliare, s-a efectuat cu ajutorul unui echipament special, Li-3100 LI-COR. Metoda de lucru este una simplă, întrucât caracteristicile aparatului permit determinarea suprafeței foliare prin simpla poziționare a frunzei pe o bandă transportoare ce va direcționa frunza prin dreptul unui senzor ce determină suprafața unei singure frunze, sau suprafața cumulată a mai multor frunze. Datele vor putea fi stocate pe un calculator sau citite în timp real, odată cu măsurarea frunzelor de pe afișajul digital al aparatului.



Fig 3.8 Aparat măsurare suprafață foliară
Fig 3.8 Foliar surface measuring device
(original)

- Cântar electronic pentru a determina masa plantei;



Fig 3.9 Cântar electronic
Fig 3.9 Electronic scale
(original)

Acest echipament a fost utilizat strict pentru efectuarea determinărilor asupra organelor aeriene ale plantelor utilizate în cadrul experimentului, tulpina și frunzele fiind cântărite la momentul desființării culturii.

- Șubler digital pentru a măsura înălțimea și diametrul fructelor și balanță analitică pentru a determina cu precizie masa fructelor recoltate;



Fig 3.10 Șubler digital și balanță analitică
Fig 3.10 Digital caliper and analytical scale
(original)

- Aparat de măsurat conținutul de clorofilă din frunze;



Fig 3.11 Aparat CCM-200 plus
Fig 3.11 CCM-200 plus device
(original)

- Aparat pentru determinarea de parametri fiziologici ai frunzelor (fotosinteza, radiația luminoasă fotoactivă de la nivelul suprafeței frunzei, concentrația de CO_2 sub-stomatal, evapotranspirație, conductanța stomatală);



Fig 3.12 Aparat pentru determinare de parametri fiziologici ale aparatului foliar
Fig 3.12 Device for determining the physiological parameters of the foliar apparatus
(original)

- Penetrometru pentru determinarea fermității fructelor;
Penetrometrul este un dispozitiv portabil practic pentru controlul gradului de maturitate al diferitelor tipuri de fructe. Cu ajutorul acestui dispozitiv se pot obține informații valoroase despre timpul optim de recoltare, dar și referitor la calitatea fructelor din timpul depozitării, transportului și distribuției ce poate fi de asemenea monitorizată.
- Exsicator, etuvă și alte echipamente de laborator necesare determinărilor de calitate a fructelor.



Fig 3.13 Pregătire fructe – etuvă
Fig 3.13 Fruit preparation – laboratory oven
(original)

- mod de lucru în vederea obținerii rezultatelor de laborator la fructele de tomate:
- a) în ceea ce privește determinarea acidității, metoda de lucru s-a bazat pe efectuarea de analize chimice, fiind determinat conținutul de acid citric.
- b) substanța uscată solubilă - pentru determinarea acestui parametru s-a utilizat un refractometru digital Brix, calibrat astfel încât valorile măsurate să fie exprimate în grade Brix, în conformitate cu standardul ICUMSA.
- c) metoda de determinare a substanței uscate prin cântărire se bazează pe eliminarea apei din produs prin încălzire în etuvă. Conținutul de substanță uscată se calculează cu relația:

$$\% \text{ substanța uscată} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} * 100$$

în care:

m_1 = reprezintă masa tăviței de aluminiu și a produsului analizat (g);

m_2 = masa tăviței de aluminiu și a reziduului după uscare (g);

m_0 = masa tăviței de aluminiu (g).

3.5. Analiza statistică

Rezultatele obținute au fost interpretate din punct de vedere statistic, analiza varianței fiind efectuată cu ajutorul editorului de date SPSS versiunea 21.0, prin metoda ANOVA, fiind selectat testul Tukey, unde s-a utilizat $p \leq 0.05$. În cadrul interpretărilor statistice, literele sunt semnificativ diferite conform testului Tukey folosind $p \leq 0,05$, litera „a” reprezintă cea mai mare valoare, iar „ns” indică existența unor diferențe nesemnificative din punct de vedere statistic.

CAPITOLUL IV
STUDIUL CONDIȚIILOR DE CADRU NATURAL
CHAPTER IV
STUDY OF NATURAL FRAMEWORK CONDITIONS

4.1. Amplasarea geografică a Stațiunii Didactice

Institutul de Cercetări pentru Agricultură și Mediu este amplasat în cadrul municipiului Iași, în zona de Nord-Vest, împreună cu ferma Vasile Adamachi, fiind destinat cercetărilor științifice.

Această stațiune didactică se învecinează din punct de vedere teritorial astfel:

- în partea de Nord cu Colegiul Agricol și de Industrie Alimentară „Vasile Adamachi” și societatea Vinifruit Copou S.A.;
- în Est se învecinează cu Universitatea pentru Științele Vieții "Ion Ionescu de la Brad" Iași
- în zona de Sud se află amplasată o parte din suprafața Grădina Botanică "Anastasie Fătu";
- la Vest se află Cramele Copou Iași.

4.2. Caracterizarea reliefului

Suprafața teritorială a fermei este cuprinsă în zona de silvostepă din cadrul Podișului Moldovenesc, fiind reprezentată de un relief frământat, dispus sub forma unui amfiteatru datorită versanților de altitudini cuprinse între 90 și 175 metri ce prezintă înclinații abrupte de până la 21% în unele zone, în timp ce în zona de platou înclinația este cuprinsă între 5 și 8 %.

Din suprafața totală a fermei didactice, se pot delimita trei tipuri de suprafețe clasificate în funcție de înclinația terenului astfel:

- versanți cu panta cuprinsă între 0 și 10%, ce prezintă caracteristici similare zonelor de platou, acoperă aproximativ 40 de hectare;
- versanți cu o înclinație medie a terenului de 10-14 % ce reprezintă 33 de hectare;
- versanți cu panta cuprinsă între 16 și 25 % ce reprezintă o suprafață de aproape 11 hectare.

4.3. Caracterizarea hidrologică

Din punct de vedere hidrologic ferma prezintă avantajul de a avea o serie de izvoare ce apar datorită apelor de suprafață, dar care în același timp pot genera probleme prin sporirea șanselor de apariție a alunecărilor de teren.

Originea acestor ape de suprafață este dată fie de topirea zăpezilor, fie din ploile de vară care pot forma torenți cu ajutorul cărora pot fi antrenate cantități însemnate de sol de la suprafață. Pentru combaterea acestor efecte s-au realizat lucrări de drenaj, astfel fiind gestionate corespunzător resursele de apă ce pot cauza probleme câmpurilor experimentale.

Volumele de apă colectate sunt transportate prin conducte sau canale deschise către emisarul principal din apropiere.

Spațiile protejate reprezentate de sere și solarii sunt aprovizionate cu apă din rețeaua municipală, prin stocare în bazine cu o capacitate de 3 metri cubi unde este încălzită la o temperatură de 20°C, după care aceasta este pompată în rețeaua de conducte prin intermediul unor pompe.

4.4. Caracterizarea pedologică

Din punct de vedere pedologic, în urma studiilor efectuate prin foraje de mare adâncime sau prin cercetări geofizice, în zonă s-a observat prezența unui fundament precambian vechi, metamorfozat și puternic cutanat. Acesta este acoperit cu o serie de depozite neozoice, paleozoice, în timp ce rocile naturale prezintă straturi înclinate spre zona de Sud-Est.

Roca mamă este caracterizată de tipuri de marne obișnuite și salifere luto-loessoide, însă aici se regăsesc și depozite caluvio-colviale. Solul de tip leossoid s-a format în urma procesului de loessoidare al depozitelor de pe terase sau al unor marne.

Studiile pedologice efectuate pe teritoriul stațiunii didactice au condus la identificarea următoarelor categorii de soluri:

- cernoziom cambic (acoperă aproximativ 80% din suprafața totală a fermei);
- cernoziom tipic și erodat.

Cernoziomurile cambice degradate au cel mai mare grad de răspândire pe versanții slab înclinați, dar și pe culmile interfluviale aflate pe suprafața fermei.

Morfologia predominantă a solului din cadrul stațiunii de cercetare didactică este următoarea: Am-A/B-Bv-Cca.

Orizontul amolic (Am) prezintă grosimi cuprinse în intervalul 40 și 45 cm, are culoarea brună închisă spre neagră când se află în stare uscată și brun-cenușie când solul este în stare umedă. Structura este una grăunțoasă, mică spre medie, cu porozități și suficient de bine afânată.

Orizontul de tranziție A/B prezintă o grosime de circa 15 - 25 cm, este de culoare brun-cenușie închisă.

Orizontul cambic (Bv) are o grosime de 15-25 cm, fiind de culoare brună dacă solul este uscat. La cernoziomurile cambice tipice ce prezintă un grad de degradare, în treimea inferioară a orizontului Bv apar unele neoformațiuni calcaroase de tipul vinelor, petelor și eflorescențelor.

Orizontul carbonato-acumulativ (CCA) cunoscut și ca orizont calcic se regăsește la o adâncime de aproximativ 90 cm, este de culoare brun-gălbui și prezintă acumulări de carbonați dispuși sub formă de vine, pete sau mici concrețiuni.

Valorile de pH ale solului sunt cuprinse între 6,8 și 7,3, cu un conținut mediu de humus de 4,7 g/100 grame sol.

4.5. Caracterizarea climatică

Caracterizarea climatică a zonei este una specifică întregului Podiș al Moldovei, cu un climat temperat-continental boreal, în care iernile sunt geroase prin prisma faptului că există o puternică influență continentală ce se manifestă în toată regiunea de Nord-Est a Europei. În lunile iulie și august se pot înregistra secete, anotimpul de vară fiind de obicei destul de călduros.

4.6. Organizarea serei didactice și de cercetare

Suprafața ocupată de solarii este de 0,48 hectare, iar pe suprafața de 0,4 hectare se găsește o seră modernă, construită la standarde europene.

Atât solariile cât și sera sunt utilizate în scop didactic și de cercetare, rolul principal al acestora fiind acela de adăpostire a speciilor din colecția de plante, cât și producerea de material săditor și efectuarea de cercetări științifice. În cadrul serei se regăsesc specii de plante autohtone, dar și exotice.

Construcția serei a fost realizată în așa fel încât să se preteze atât culturilor de plante la ghivece, cât și în sol, oferind posibilitatea controlării condițiilor climatice individual, pentru fiecare compartiment în parte. Pentru asigurarea umbririi există o cortină montată orizontal ce poate fi acționată manual sau în mod automat.

Încălzirea spațiului se realizează printr-o instalație de termoficare racordată la rețeaua universității, iar ventilația este asigurată prin intermediul unor ventilatoare sau în mod natural prin deschiderea trapelor montate pe acoperișul construcției.

Apa utilizată pentru irigarea culturii este asigurată prin intermediul rețelei municipale la care sera este racordată.



Fig. 4.1. Aspecte din sera de cercetare V. Adamachi

**Fig. 4.1. Aspects from the research greenhouse V. Adamachi
(original)**

4.7. Date climatice specifice anilor de studiu

Studiile efectuate s-au desfășurat în sera didactică, în compartimentul traveei 2, 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 4.1, 4.2 și 4.3:

Tabelul 4.1 / Table 4.1

Date climatice specifice anului 2019

Climate data specific to 2019

Perioada de timp	Temperatura minimă (°C)	Temperatura maximă (°C)	Temperatura medie (°C)	Umiditatea medie relativă a aerului (%)	Intensitatea luminoasă (kLx)
Februarie	14,2	22,0	18,1	75,9	24,6
Martie	16,4	23,6	20,0	73,1	39,8
Aprilie	17,3	23,3	20,3	69,3	44,6
Mai	17,5	24,3	20,9	65,7	48,5
Iunie	20,7	31,5	26,1	65,8	60,4
Iulie	21,4	33,6	27,5	66,2	61,9
August	22,3	34,9	28,6	67,3	62,4

Tabelul 4.2 / Table 4.2

Date climatice specifice anului 2020**Climate data specific to 2020**

Perioada de timp	Temperatura minimă (°C)	Temperatura maximă (°C)	Temperatura medie (°C)	Umiditatea medie relativă a aerului (%)	Intensitatea luminoasă (kLx)
Februarie	13,9	23,5	18,7	76,4	23,9
Martie	14,2	23,2	18,7	71,9	35,6
Aprilie	14,5	23,3	18,9	68,4	58,4
Mai	14,8	24,6	19,7	66,2	45,7
Iunie	17,9	31,7	24,8	71,2	53,8
Iulie	18,6	32,6	25,6	67,2	61,7
August	18,8	33,6	26,2	70,4	58,4

Tabelul 4.3 / Table 4.3

Date climatice specifice anului 2021**Climate data specific to 2021**

Perioada de timp	Temperatura minimă (°C)	Temperatura maximă (°C)	Temperatura medie (°C)	Umiditatea medie relativă a aerului (%)	Intensitatea luminoasă (kLx)
Februarie	14,7	21,9	18,3	74,1	26,1
Martie	14,9	24,3	19,6	71,3	34,8
Aprilie	15,6	25,2	20,4	72,8	48,6
Mai	15,8	26,0	20,9	68,6	49,9
Iunie	18,2	32,4	25,3	67,2	55,3
Iulie	19,4	33	26,2	69,5	58,7
August	20,7	33,5	27,1	72,7	57,4

Temperatura medie înregistrată pe parcursul celor 3 perioade de studiu a fluctuat înregistrând valoarea medie de 21,8 °C în anul 2020, 22,5 °C în anul 2021, respectiv 23 °C în anul 2019. Umiditatea relativă a aerului s-a situat în jurul valorii de 70 % pe parcursul anilor de studiu, iar intensitatea luminoasă a fost cuprinsă în jurul mediei de 48 kLx. Sera fiind una de tip automatizat poate oferi condițiile optime pentru o creștere și dezvoltare normală a tomatelor.

CAPITOLUL V

REZULTATE OBȚINUTE ȘI DISCUȚII

CHAPTER V

OBTAINED RESULTS AND DISCUSSIONS

5.1. Rezultate privind influența curentului electric continuu asupra caracteristicilor morfologice ale tomatelor

Conform referințelor din sfera botanică, morfologia se referă la forma și structura externă a plantelor și organelor acestora. Pe baza datelor morfologice se realizează recunoașterea și clasificarea diferitelor specii de plante.

Rezultatele obținute ca urmare a cercetărilor efectuate sunt următoarele:

5.1.1. Rezultate privind regimul de înălțime al plantelor de tomate

Influența pe care utilizarea curentului electric continuu o are asupra plantelor de tomate se regăsește în Figura 5.1.

Din punct de vedere al calităților morfologice diferențe semnificative din punct de vedere statistic au fost înregistrate în cazul indicelui care măsoară înălțimea plantei.

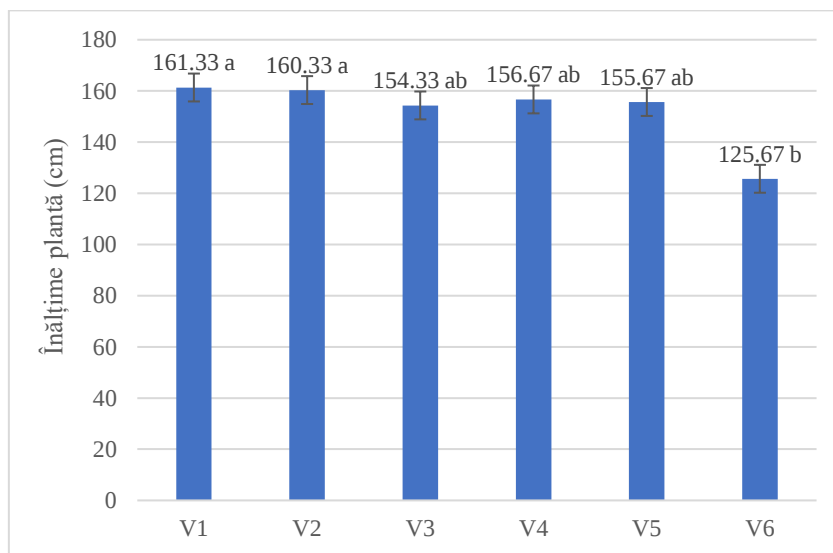


Fig. 5.1 Înălțimea plantelor de tomate

Fig. 5.1 Height of tomato plants (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
pentru fiecare coloană, valorile asociate cu diferite litere sunt semnificativ diferite statistic,
unde a reprezintă valoarea cea mai mare, conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$;
ns-nesemnificativ

Înălțimea plantelor în funcție de varianta experimentală a variat între 125,67 cm la plantele martor și 161,22 cm la varianta V1.

Pentru toate variantele unde a fost utilizat un curent electric ca stimul, indiferent de metoda de aplicare sau intensitate se observă diferențe favorabile acestui stimul, pentru $p \leq 0,05$, varianta martor înregistrând cele mai reduse valori.

5.1.2. Rezultate privind numărul de frunze formate

În ceea ce privește evaluarea numărului de frunze, aceasta s-a realizat la momentul desființării culturii, datele înregistrate fiind prezentate în Figura 5.2. Din punct de vedere al aparatului foliar, tomatele prezintă un sistem foliar bogat prin numărul și suprafața frunzelor. Acest organ ce joacă un rol esențial în procesul de respirație și fotosinteză al plantei, permite astfel metabolizarea substanțelor nutritive din plantă, aspect ce conduce la un potențial de producție mai ridicat.

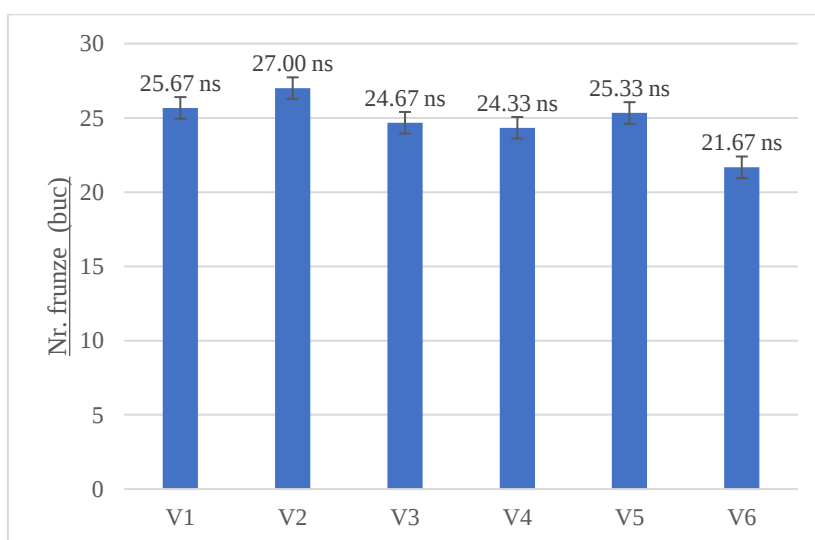


Fig. 5.2 Număr de frunze pe plantă

Fig. 5.2 Number of leaves per plant (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

În ceea ce privește numărul de frunze, în medie, la plantele de tomate supuse studiului s-au înregistrat mici variații, cel mai redus număr de frunze fiind înregistrat în cazul variantei martor unde plantele au avut totodată și dimensiuni ceva mai reduse.

Varianta V2 a înregistrat un total de 27 de frunze, fiind urmată de variantele V1 > V5 > V3 > V4 > V6.

5.1.3. Rezultate privitoare la diferențierea numărului de inflorescențe formate

Un alt parametru ce a fost monitorizat săptămânal îl reprezintă numărul de flori. Evaluarea inflorescențelor a prezentat o importanță deosebită, întrucât o problemă foarte des întâlnită la culturile de tomate este tocmai legarea florilor, mai ales în condițiile climatice prezente în interiorul spațiilor protejate unde vara se pot atinge temperaturi mai ridicate, dincolo de pragul de confort al plantelor de tomate. Monitorizarea datelor s-a realizat săptămânal, începând cu apariția primei inflorescențe și până la momentul legării ultimei flori, numărul total al acestora fiind prezentat ca medie pentru fiecare variantă în parte în Figura 5.3:

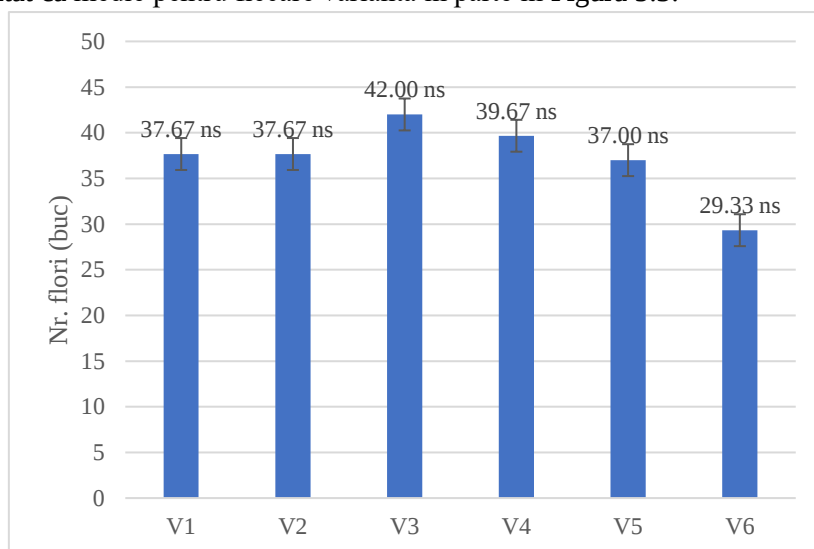


Fig. 5.3 Determinarea numărului de flori

Fig. 5.3 Determining the number of flowers (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control; conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Numărul de flori determinat de la momentul diferențierii primei inflorescențe, până la fructificarea ultimei flori a variat pe perioada de vegetație a plantelor incluse în experiment, fiind înregistrate diferențe nesemnificative din punct de vedere statistic. Numărul de flori formate a înregistrat cele mai mici valori (aprox 29 flori) în cazul variantei martor (V6), numărul florilor crescând progresiv până la varianta V3 (0,45 A) unde s-a înregistrat o medie de 42 de flori.

5.1.4. Rezultate privind numărul mediu de fructe

Pe parcursul perioadei de studiu, odată cu diferențierea primelor fructe, acestea au fost cuantificate, fiind determinat numărul total de fructe de pe fiecare

plantă, de la legare până la recoltare. S-a efectuat ulterior media aritmetică a numărului de fructe ce aparțineau celor cinci repetiții din care era alcătuită fiecare variantă de studiu, după care datele au fost analizate statistic. Rezultatele obținute sunt prezentate în Figura 5.4:

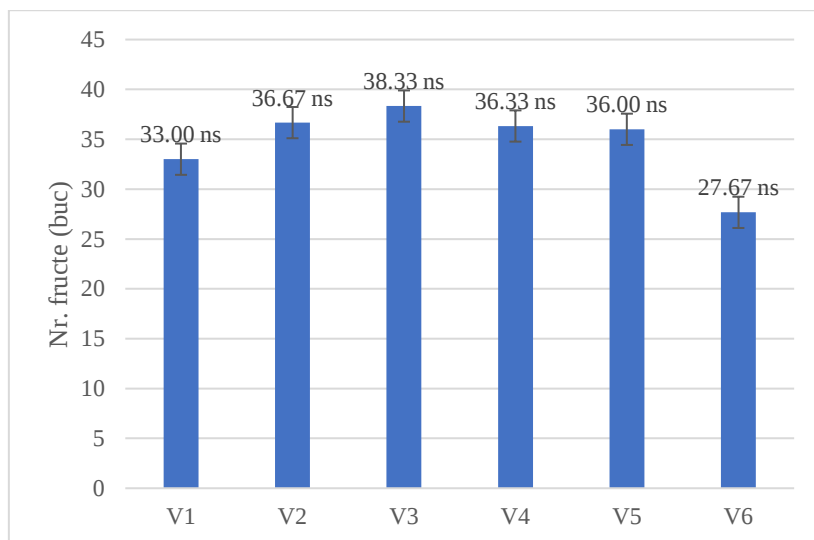


Fig. 5.4 Determinarea numărului mediu de fructe formate pentru fiecare variantă

Fig. 5.4 Determination of the average number of fruits formed for each variant (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control; conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

În mod similar cu cel al determinărilor privind înălțimea plantelor de tomate și a numărului de flori, numărul de fructe formate a fost de asemenea mai mare la toate variantele unde s-a utilizat curentul electric. Cu toate că variația indicatorilor morfologici este una nesemnificativă din punct de vedere statistic, această determinare prezintă o importanță ridicată, întrucât prin extrapolarea datelor la suprafețe de cultură reprezentative, cu un număr mare de plante, se poate ajunge la obținerea unei producții sporite cu diferențe semnificativ mai mari, pentru $p \leq 0,05$.

Conform datelor se poate observa faptul că în cazul variantei V6 (martor), numărul mediu de fructe formate este de aproximativ 27, în timp ce la restul variantelor unde s-a utilizat curentul electric s-a obținut un număr mediu de fructe cuprins între 33 și 38 fructe pentru fiecare variantă, maximum de fructe formate fiind prezent în cazul variantei V3 (0,45 A).

5.1.5. Rezultate privind dimensiunea fructelor

La momentul efectuării recoltărilor de fructe ajunse la maturitatea de consum s-au efectuat determinări asupra înălțimii și diametrului fructelor. Necesitatea determinărilor este dată de înțelegerea modului în care hibridul de

Qualitet F1 poate fi influențat din punct de vedere electric prin determinarea eventualelor modificări ale formei și dimensiunilor fructelor obținute. Datele care prezintă variația acestor doi parametri sunt prezentate în Figurile 5.5 și 5.6:

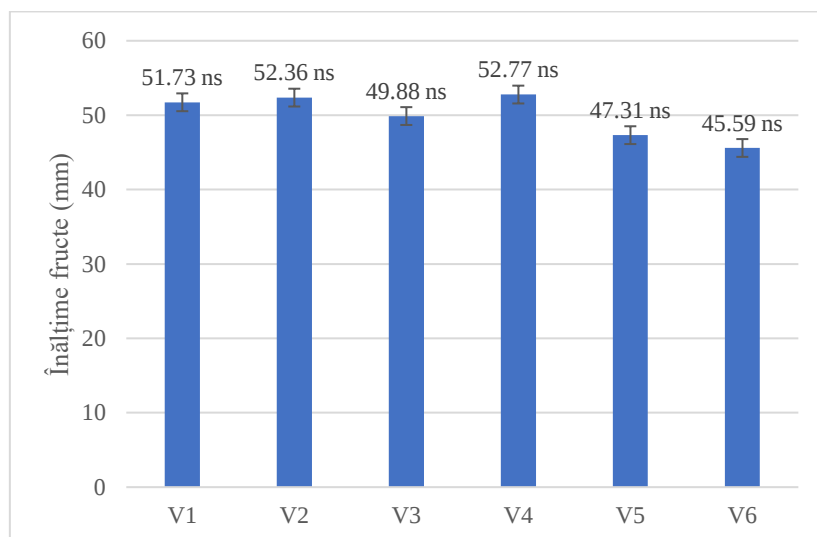


Fig. 5.5 Înălțimea fructelor de tomate

Fig. 5.5 Fruit height (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control; conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

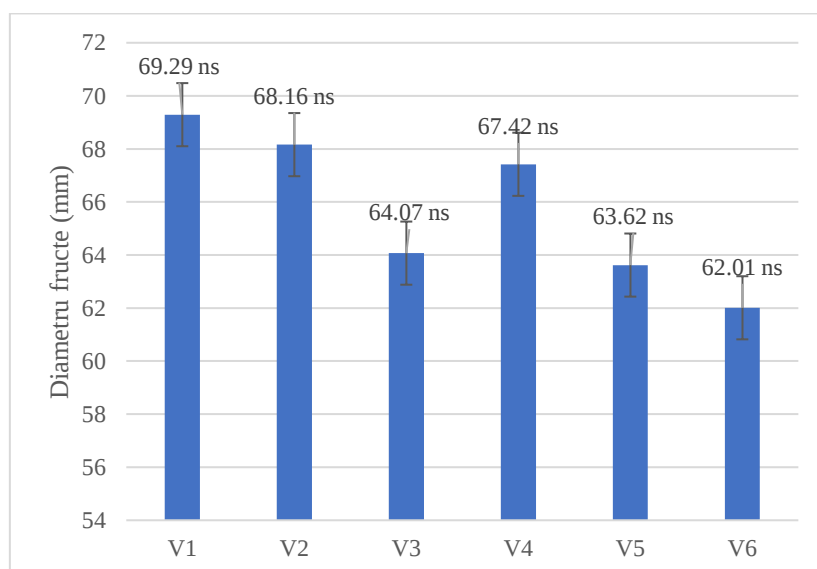


Fig. 5.6 Diametrul fructelor de tomate

Fig. 5.6 Fruit diameter (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control; conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Din figurile de mai sus se poate observa faptul că există variații atât în ceea ce privește înălțimea cât și diametrul fructelor, în cazul tuturor variantelor unde s-a utilizat curent electric fiind evidențiate valori mai ridicate. Acest fapt denotă că utilizarea curentului electric ca factor stimulator asupra metabolismului plantelor influențează într-un sens pozitiv fructele, acestea având dimensiuni ceva mai mari comparativ cu varianta martor.

5.1.6. Rezultate privind masa medie a fructelor obținute în cadrul experimentului

Fructele recoltate au fost ulterior cântărite, datele fiind deosebit de importante pentru a putea determina masa medie a fructelor pentru fiecare plantă în parte, pentru ca rezultatele să poată fi ulterior extrapolate la culturi cu suprafețe de un hectar în vederea estimării producțiilor ce se pot obține prin utilizarea diferitelor variații ale curentului electric. Datele înregistrate sunt prezentate în Figura 5.7:

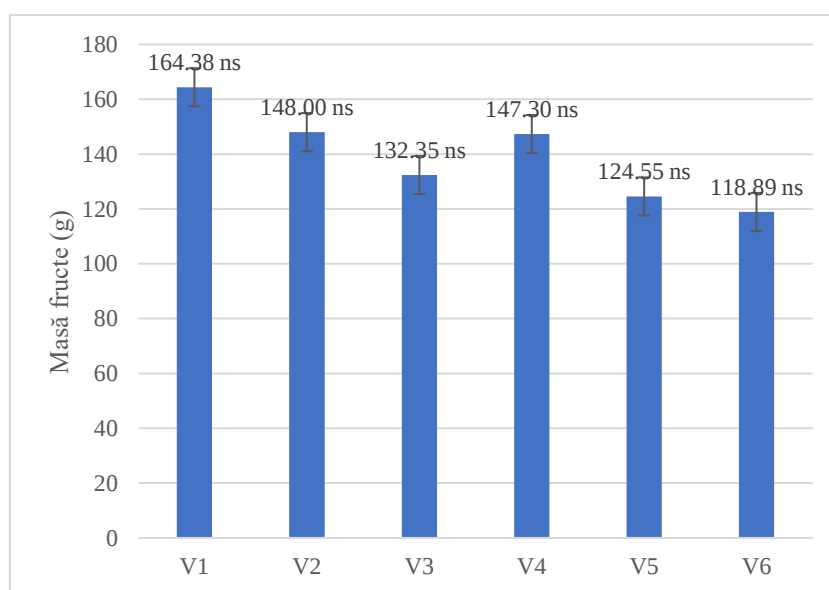


Fig. 5.7 Masa medie a fructelor

Fig. 5.7 Average mass of fruits (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-ne semnificativ

Așa cum se poate observa, masa medie a fructelor de tomate a variat în cadrul experimentului, valorile cele mai mici fiind înregistrate în cadrul variantei martor (cca. 119 g), ajungând chiar până la o medie de aprox 165 g în cazul variantei V1 unde a fost utilizat un curent continuu cu intensitatea de 0,15 A. Pentru toate variantele la care s-a utilizat curentul electric continuu s-au obținut valori ale masei fructelor mai ridicate față de varianta martor.

5.1.7. Rezultate obținute privind suprafața foliară la variantele experimentale

Determinarea suprafeței foliare constituie un alt parametru ce prezintă o importanță deosebită prin observarea diferențelor înregistrate între variante, în vederea înțelegerii modului în care plantele au sintetizat nutrienții necesari prin intermediul procesului de fotosinteză.

Valorile înregistrate în cadrul experimentului sunt exprimate în cm^2 , după cum urmează în Figura 5.8:

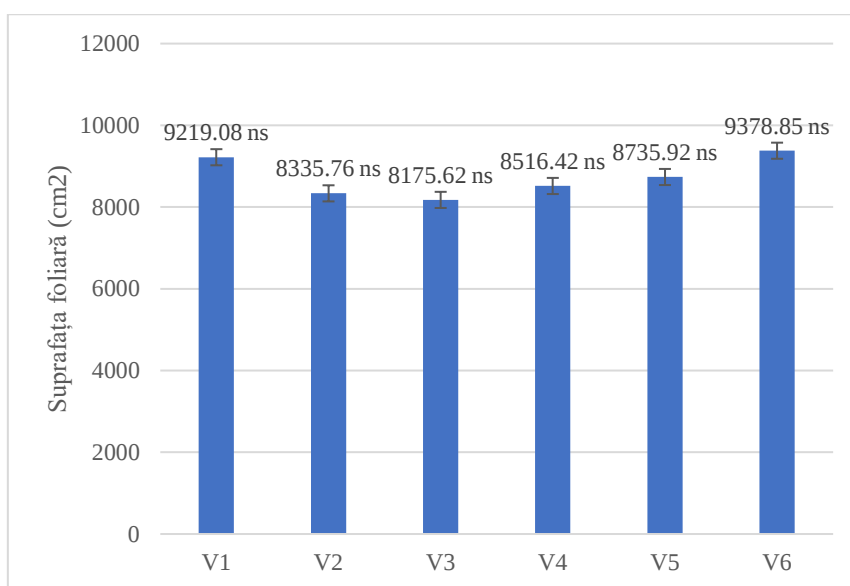


Fig. 5.8 Suprafața foliară

Fig. 5.8 The leaf surface (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Din datele analizate, diferențele sunt nesemnificative din punct de vedere statistic, cu variații cuprinse între 9378.85 cm^2 pentru varianta V6 și 8175.62 cm^2 în cazul variantei V3, ceea ce arată faptul că în cazul tomatelor nu există o corelație pozitivă între masa fructelor și suprafața foliară.

5.1.8 Rezultate privind masa vegetală a tomatelor

Un alt indice determinat în cadrul studiului este cel al masei plantei. Cu ajutorul unui cântar de laborator s-au cântărit organele aeriene ale plantelor de tomate (tulpină și frunze), pentru a se observa dacă există diferențe în ceea ce privește stocarea de substanțe nutritive în mod diferit la nivelul organelor aeriene,

fiind exceptate din cadrul acestor determinări inflorescențele și fructele. Astfel, datele înregistrate sunt prezentate în Figura 5.9:

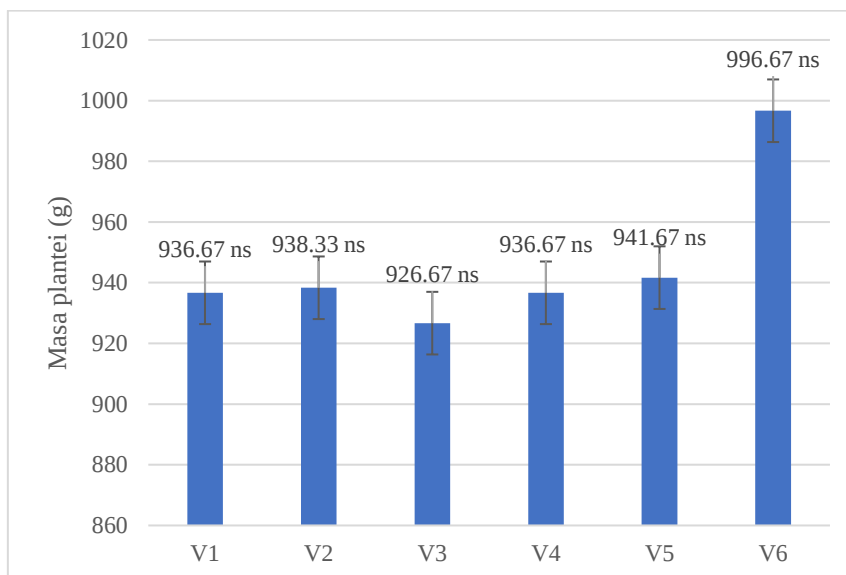


Fig. 5.9 Masa plantei – partea aeriană

Fig. 5.9 The mass of the plant - the aerial part (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Determinările efectuate asupra masei plantelor (g), relevă o serie de diferențe nesemnificative din punct de vedere statistic, aspect ce se observă și în cazul numărului de frunze și al suprafeței foliare. Valoarea cea mai ridicată în ceea ce privește masa plantelor a fost înregistrată în cazul variantei V6 (996.67 g), iar cea mai redusă s-a înregistrat în cazul variantei V3 (926.67 g). Acest aspect scoate în evidență o activitate metabolică mai ridicată în cazul variantelor tratate.

5.2. Rezultate privind influența curentului electric continuu asupra unor indicatori fiziologici ai tomatelor

Determinările din punct de vedere fiziologic asupra plantelor supuse experimentului au drept scop studierea funcțiilor plantelor din perspectiva manifestărilor vitale prezente la nivelul organismului vegetal. În acest sens s-a urmărit o serie de indicatori fiziologici, motiv pentru care au fost utilizate o serie de echipamente fără de care înregistrarea și analizarea acestui tip de date nu ar fi fost posibile. Astfel, rezultatele furnizate de către aparatele pentru determinarea acestor date fiziologice au putut fi interpretate și prezentate în cele ce urmează.

5.2.1. Rezultate privind conținutul total de pigmenți clorofilieni

Din analizele efectuate asupra particularităților fiziologice ale plantelor de tomate, din punct de vedere al evoluției conținutului în pigmenți clorofilieni ai frunzelor se disting o serie de rezultate ce sunt prezentate în Figura 5.10:

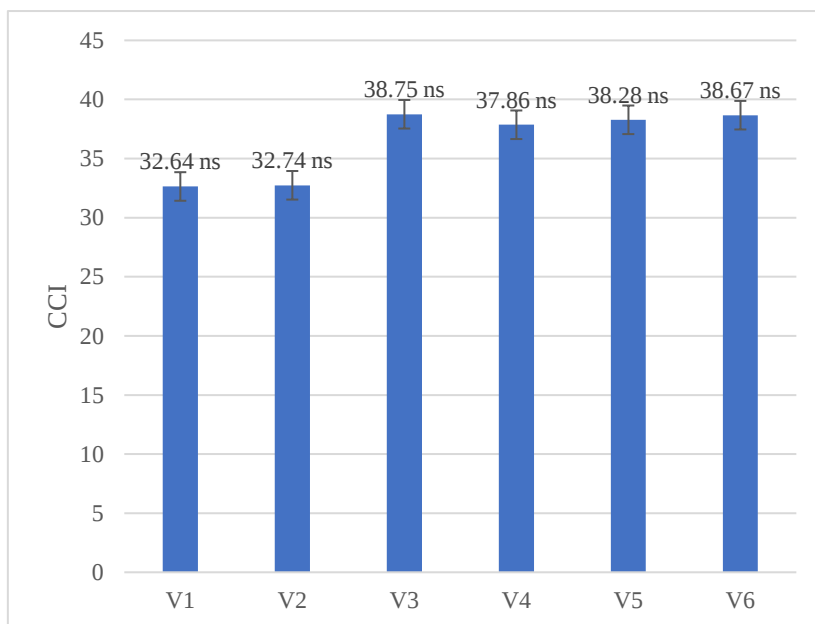


Fig. 5.10 Indicele conținutului de pigmenți clorofilieni

Fig. 5.10 Chlorophyll content index (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control; conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Nivelul conținutului de pigmenți clorofilieni nu prezintă variații semnificative din punct de vedere statistic, aceste fluctuații având o importanță asupra procesului de fotosinteză, cu care se află în stransă legătură. Cele mai mari valori s-au înregistrat în cazul variantei V3, de 38,75 CCI, urmate îndeaproape de V6, V5 și V4.

5.2.2. Rezultate asupra reacțiilor metabolice determinate la nivelul suprafeței foliare

Un alt indicator deosebit de important este reprezentat de activitatea fotosintetică ce poate contribui în mod semnificativ la creșterea producției. Datele cu privire la activitatea fotosintetică sunt prezentate în Figura 5.11:

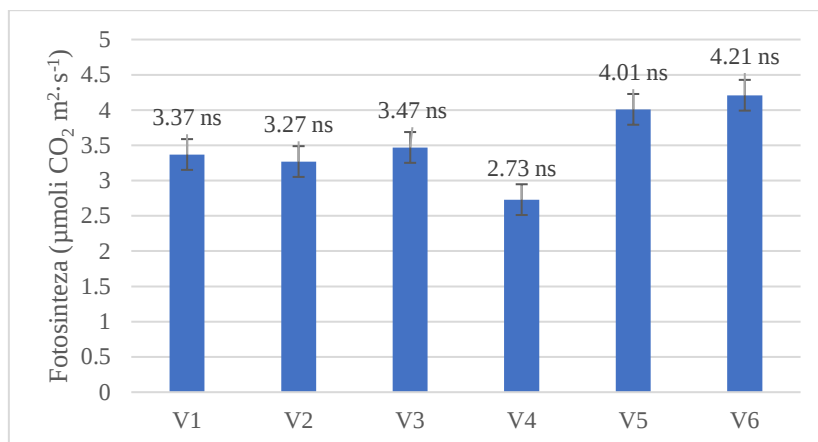


Fig. 5.11 Activitatea fotosintetică

Fig. 5.11 Photosynthetic activity (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Rata fotosintezei exprimată în $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, a înregistrat mici variații nesemnificative din punct de vedere statistic, cu maximum înregistrat în cazul variantei V6 – martor. Valorile au variat între 2,73 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ pentru varianta V4 și 4,21 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ pentru varianta V6. Datele prezentate scot în evidență faptul că nu există o corelație pozitivă cu producția obținută. Date similare au fost obținute și la ardei de către Caruso și colab., 2019.

Determinări similare cu cele ale fotosintezei au fost efectuate și asupra indicelui de radiație luminoasă fotoactivă de la suprafața frunzei. După cum este deja bine cunoscut, din radiația luminoasă totală ajunsă la nivelul suprafeței foliare, doar anumite lungimi de undă sunt și absorbite. Rezultatele obținute sunt prezentate în Figura 5.12:

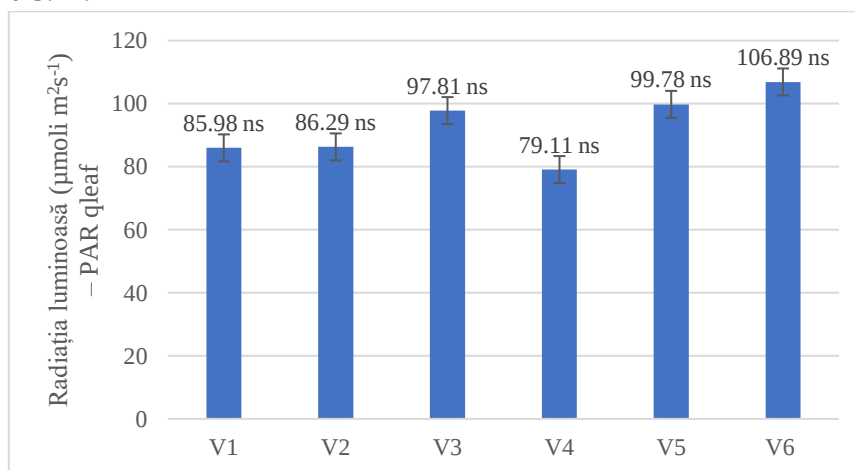


Fig. 5.12 Radiația luminoasă fotoactivă de la suprafața frunzei

Fig. 5.12 Photoactive light radiation from the leaf surface (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Pentru radiația luminoasă fotoactivă de la suprafața frunzei, conform determinărilor efectuate, cele mai ridicate valori se înregistrează în cazul variantelor V6 de $106.89 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectiv V5 cu $99.78 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

În ceea ce privește rata la care dioxidul de carbon sau vaporii de apă trec prin stomate se reprezintă în Figura 5.13, sub forma conductanței stomatale ce a fost determinată în urma măsurărilor:

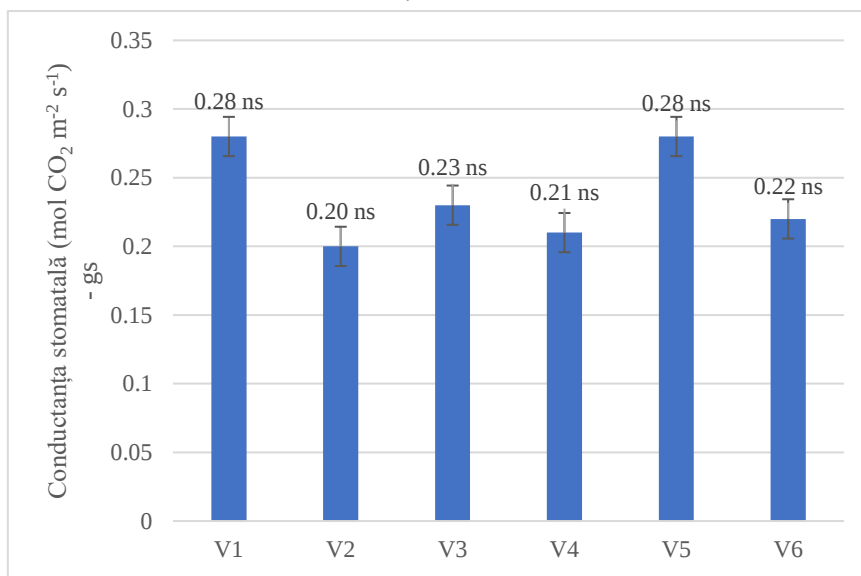


Fig. 5.13 Conductanța stomatală

Fig. 5.13 Stomatal conductance (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
conform testului lui Tukey la $p \leq 0.05$; ns-ne semnificativ

Așa cum se poate observa, nu există diferențe semnificative între variante în ceea ce privește viteza la care diafragma stomatală are capacitatea de a contra intrarea CO₂ în mezofilul frunzelor plantelor, respectiv ieșirea vaporilor de apă din frunză în atmosferă.

Totodată, stomatele prezintă dedesubt un spațiu, sub forma unei cavități, înconjurată de celule ale mezofilului frunzei. Această cavitate substomatală conține aer ce are în compoziția sa dioxid de carbon și oxigen, gaze ce prezintă capacitatea de a pătrunde în țesutul frunzei prin pori, fiind folosite pentru procesele de fotosinteză și respirație, iar determinările efectuate asupra acestora sunt reprezentate în Figura 5.14:

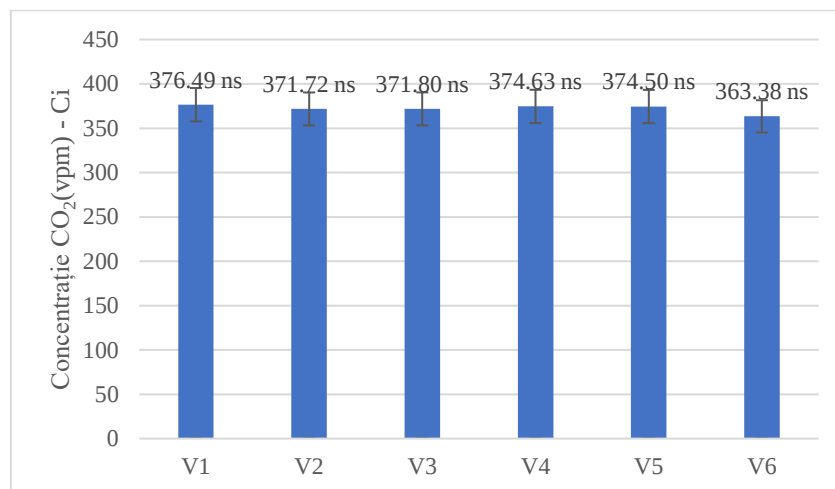


Fig. 5.14 Concentrația CO₂ sub-stomatală

Fig. 5.14 Substomatal CO₂ concentration (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control; conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Din datele obținute reiese faptul că nici concentrația CO₂ sub-stomatală nu prezintă variații semnificative pentru $p \leq 0,05$, valorile înregistrate fiind aproximativ similare pentru toate cele șase variante de plante din cadrul studiului efectuat.

Un alt indicator fiziologic ce a fost determinat este reprezentat de evapotranspirație. Acest indicator reprezintă suma dintre evaporarea și transpirația plantelor, acest fenomen constituind elementul principal al circuitului apei în natură. Datele obținute sunt prezentate în Figura 5.15:

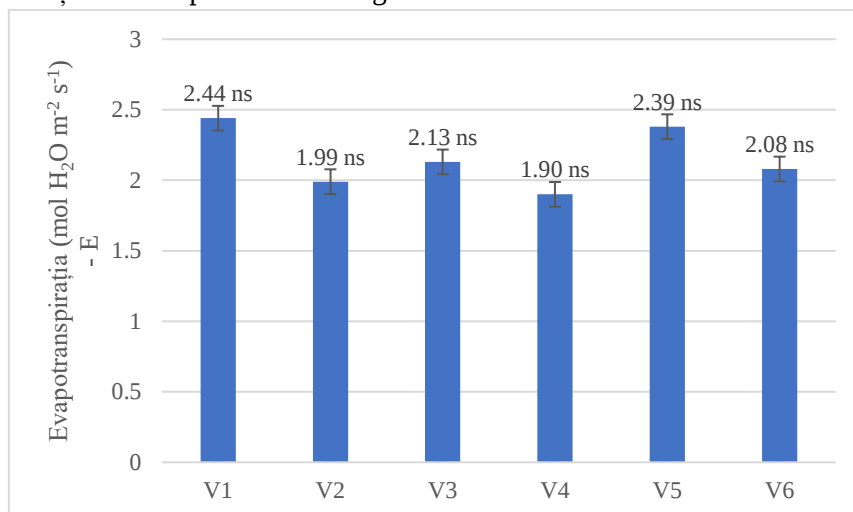


Fig. 5.15 Evapotranspirația potențială

Fig. 5.15 Potential evapotranspiration (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control; conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Din punct de vedere statistic, valorile măsurate prezintă variații foarte reduse, cele mai ridicate valori fiind înregistrate în cazul variantelor V1 și V5, similar cu determinările efectuate asupra conductanței stomatale.

5.3. Rezultate privind influența aplicării curentului electric continuu asupra caracteristicilor biochimice ale tomatelor

Indicatorii de calitate ai fructelor de tomate prezintă o importanță deosebită, motiv pentru care aceștia au fost analizați în scopul observării modului în care curentul electric poate influența acești parametri. Determinările caracteristicilor biochimice ale tomatelor au vizat:

5.3.1. Rezultate privind fermitatea fructelor

Fermitatea structo-texturală sau gradul de fermitate rezultă din interdependența dintre structură și textură, aspect ce indică rezistența pe care o opun fructele la exercitarea unei presiuni exterioare. Fermitatea este dată de caracteristicile texturii, structurii, compoziției chimice s.a., ce pot fi influențate de condițiile agropedoclimatice, dar și de gradul de maturare al fructelor. Fermitatea servește atât la stabilirea momentului și modului de recoltare, ambalare și transport, cât și la durata păstrării în stare proaspătă și a metodei de prelucrare a fructelor pe cale industrială. Rezultatele obținute cu ajutorul penetrometrului sunt prezentate în Figura 5.16:

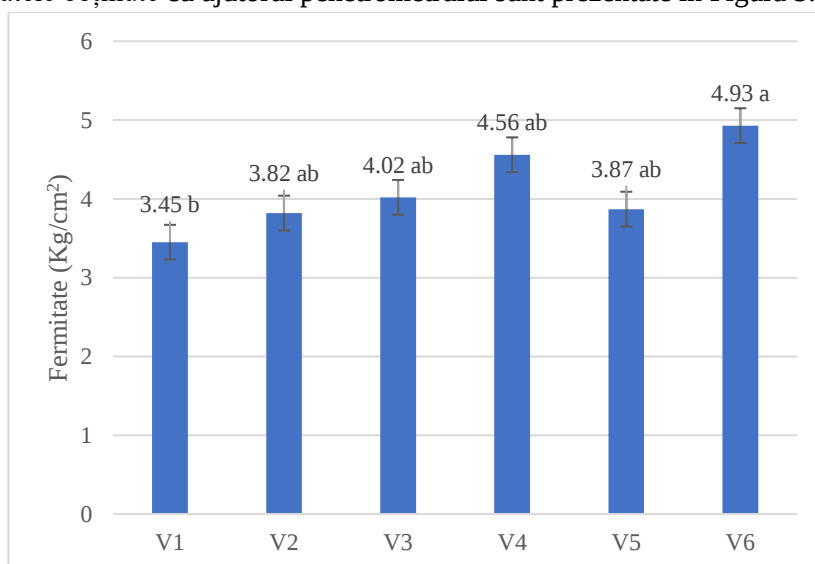


Fig. 5.16 Rezultate privind fermitatea fructelor de tomate

Fig. 5.16 Results regarding tomato fruit firmness (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
 pentru fiecare coloană, valorile asociate cu diferite litere sunt semnificativ diferite statistic,
 conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Rezultatele obținute în urma acestor analize relevă diferențe semnificative din punct de vedere statistic, fermitatea cea mai ridicată fiind înregistrată în cazul variantei martor (V6), urmată de V4 unde s-a utilizat un curent de 1,5 V aplicat la nivelul acelor biologice montate pe tulpina plantelor.

5.3.2. Rezultate privind aciditatea fructelor de tomate

Acizii sunt substanțe întâlnite de obicei în legume și fructe, precum și în majoritatea produselor derivate în urma prelucrării acestora. Acizii sunt substanțe ce imprimă proprietăți organoleptice fructelor, în funcție de raporturile în care se găsesc cu taninurile și zaharurile, determinând în primul rând gustul caracteristic al legumelor, fructelor, dar și al derivatelor lor. Acizii prezintă de asemenea o importanță tehnologică întrucât:

- ușurează procesele de sterilizare și pasteurizare;
- îmbunătățesc stabilitatea și conservabilitatea băuturilor de fructe;
- măresc rezistența la păstrare în stare proaspătă;
- participă la obținerea produselor gelificate;

Conținutul de aciditate al legumelor, fructelor, semifabricatelor și al produselor finite este determinat în cea mai mare parte de acizii organici parțial salificați sau liberi: citric, malic, acetic, tartric, oxalic, lactic, etc. În produsele alimentare, forma sub care se regăsesc acizii poate varia astfel:

- aciditate potențială – în care ionii de hidrogen din moleculele de acizi nedisociați pot fi puși în libertate prin adăugarea de baze;
- aciditate actuală (reală) – se referă la concentrația ionilor de hidrogen;
- aciditate volatilă – acizii care pot fi distilați la temperatura de fierbere a apei (acizii: butiric, propionic, formic), în special acidul acetic.

Aciditatea produselor alimentare poate fi determinată prin metode chimice. Rezultatele obținute privind influența aplicării curentului electric continuu asupra acidității fructelor de tomate sunt prezentate în Figura 5.17:

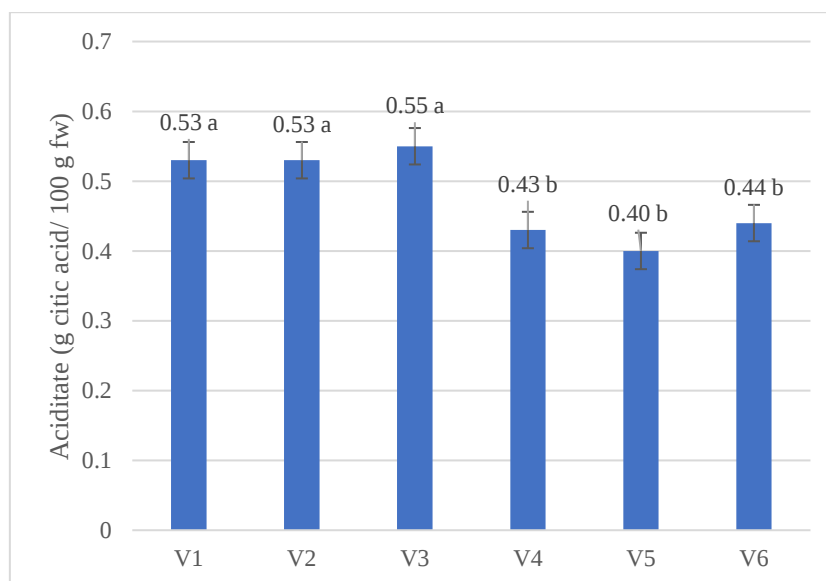


Fig. 5.17 Determinarea acidității la fructele de tomate

Fig. 5.17 Determination of citric acid in tomato fruit (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
pentru fiecare coloană, valorile asociate cu diferite litere sunt semnificativ diferite statistic,
unde a reprezintă valoarea cea mai mare, conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$;
ns-nesemnificativ

În urma determinărilor rezultă că gradul cel mai ridicat al acidității, raportat la 100 grame fruct în stare proaspătă, s-a înregistrat în cazul variantei V3 unde a fost aplicat un curent cu o intensitate de 0,45 A, fiind urmat de variantele V1 și V2, ambele înregistrând un conținut de 0,53 g acid citric/ 100 g fruct în stare proaspătă.

5.3.3. Rezultate privind cantitatea de substanță uscată solubilă

Un alt parametru atent monitorizat în cadrul experimentului îl constituie substanța uscată solubilă, exprimată în Grade Brix (simbol °BX), ce reprezintă cantitatea de zaharoză dintr-o soluție apoasă. Un grad Brix înseamnă cantitatea de 1 gram de zaharoză în dizolvată în 100 de grame de soluție și reprezintă concentrația soluției în procente din greutate (% g / g). În cazul în care soluția conține și alte solide dizolvate, altele decât zaharoză pură, atunci Bx° nu este determinat cu exactitate, moment în care se aproximează conținutul de solid dizolvat. Determinările de Bx° sunt utilizate cel mai frecvent în industria de zahăr, vin, miere și suc de fructe. Rezultatele obținute la tomatele din cadrul studiului sunt prezentate în Figura 5.18:

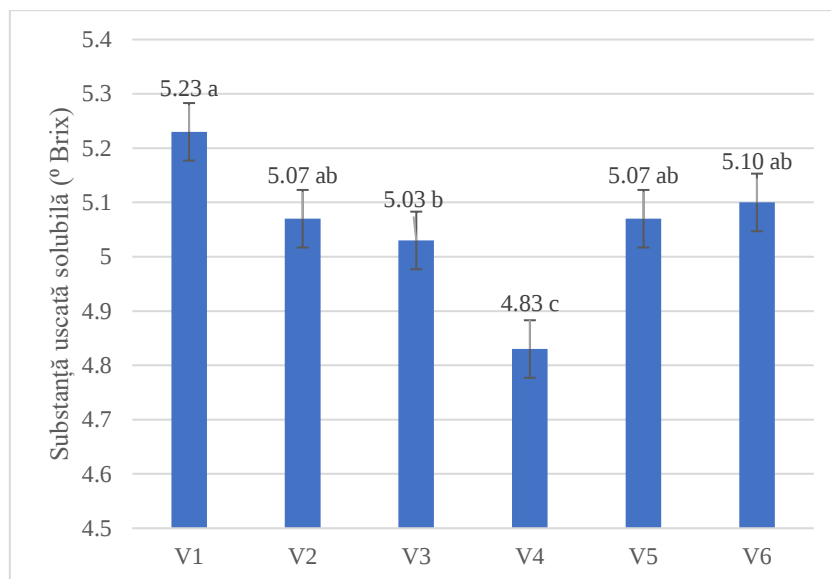


Fig. 5.18 Rezultate asupra substanței uscate solubile la fructele de tomate

Fig. 5.18 Results on soluble dry matter in tomato fruits (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
pentru fiecare coloană, valorile asociate cu diferite litere sunt semnificativ diferite statistic,
unde a reprezintă valoarea cea mai mare, conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$;
ns-nesemnificativ

Valorile determinate în urma măsurărilor efectuate indică o serie de diferențe semnificative din punct de vedere statistic, cea mai mare valoare fiind înregistrată în cazul variantei V1 (0,15A). Rezultatele obținute indică o serie de diferențe semnificative între variantele experimentale.

5.3.4. Rezultate obținute cu privire la influența curentului electric continuu asupra substanței uscate și a umidității fructelor de tomate

Pentru determinarea substanței uscate au fost selectate trei fructe de mărime medie de la fiecare repetiție, fructe care au fost tăiate sub formă de cubulețe de 1 cm³. Bucățile de fructe au fost așezate în tăvi de aluminiu, după care acestea au fost introduse la etuvă la temperatura de 70°C. Astfel pentru fiecare repetiție s-au ales câte cinci jumătăți de fructe.

Probele obținute au fost păstrate în exsicador după finalizarea timpului de deshidratare în condiții termice, iar datele obținute sunt reprezentate în Figura 5.19:

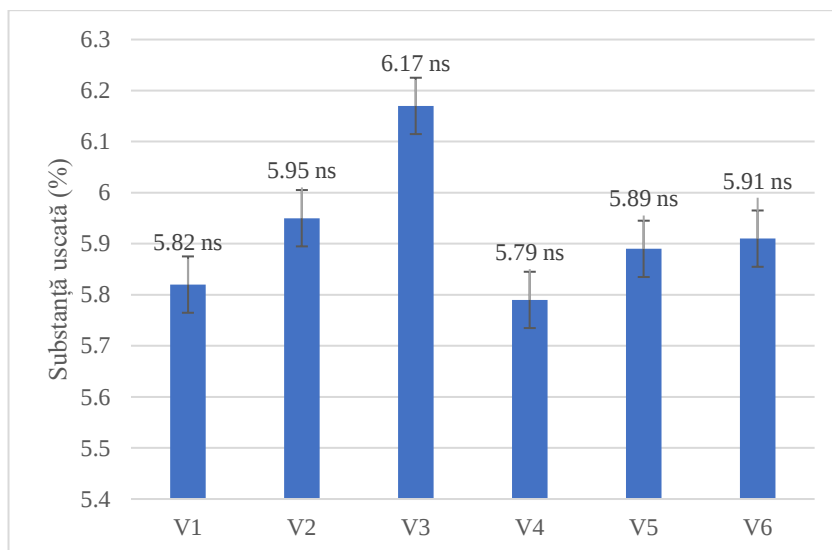


Fig. 5.19 Rezultate privind substanța uscată la fructele de tomate

Fig. 5.19 Results regarding the dry matter of tomato fruits (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$;
ns-ne semnificativ

Valorile obținute în urma determinărilor efectuate indică o serie de diferențe relativ scăzute între variante, maximul fiind înregistrat în cazul variantei V3 (0,45 A).

În urma determinării procentului de substanță uscată prin procesul de deshidratare a fructelor au fost efectuate și determinări complementare ale gradului de umiditate al fructelor de tomate.

În stare proaspătă, fructele de tomate pot conține apă într-o proporție cuprinsă între 90 și 96 %.

Prin încălzire, umiditatea relativă a aerului scade, astfel, dacă la 15°C umiditatea relativă a aerului este de 60%, prin încălzire la 60°C aceasta ajunge la 5%. Este de preferat ca aerul utilizat să aibă un grad de umiditate relativă cât mai scăzut pentru a mări capacitatea de absorbție a apei odată cu ridicarea temperaturii, astfel crescând viteza de deshidratare a produsului.

Așa cum este bine cunoscut, conținutul final de apă al unui produs poate varia în funcție de temperatura aerului de uscare, umiditatea relativă a aerului, viteza de circulație a aerului cald, compoziția chimică și natura produsului, etc.

Pentru o deshidratare corespunzătoare, în instalație se introduce aer a cărui umiditate relativă este cuprinsă între 20 și 25%, la o temperatură de 70°C, după care se reduce temperatura la aproximativ 45°C, la scoaterea fructelor din uscător, moment în care temperatura relativă a aerului crește până la 70%.

Factorul decisiv ce poate influența viteza de uscare este dat de natura materiei prime. Viteza de deshidratare poate varia în funcție de forma și dimensiunea în care sunt tăiate fructele pentru deshidratare (felii, jumătăți, cuburi, etc.), însă este foarte important și conținutul de apă ce poate să difere în funcție de momentul recoltării, gradul de maturare, soi, umiditatea relativă exterioară, etc.

Pentru a realiza un timp cât mai redus pentru deshidratare se recomandă utilizarea de bucăți mici de fructe, datorită faptului că volumul acestora va fi mai redus decât suprafața de evaporare, motiv pentru care particulele de apă vor avea de parcurs o distanță semnificativ mai redusă din centrul particulei până la suprafața de evaporare. Rezultatele obținute sunt reprezentate în figura 5.20:

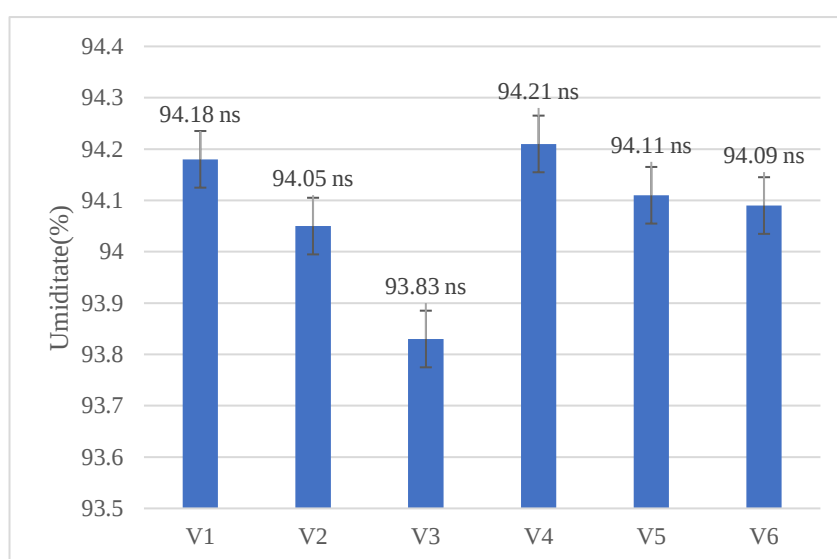


Fig. 5.20 Rezultate asupra umidității la fructele de tomate

Fig. 5.20 Results on moisture in tomato fruit (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$;
ns-nesemnificativ

Pe baza determinărilor efectuate s-au obținut diferențe nesemnificative din punct de vedere statistic, cele mai ridicate valori ale nivelului de apă din fructele de tomate fiind înregistrate în cazul variantelor V1 (0,15 A) și V4 (1,5 V polaritate).

5.3.5. Rezultate cu privire la capacitatea antioxidantă a fructelor

Alți indicatori de calitate determinați ce sunt considerați în biologia moleculară ca având caracteristici fitoterapeutice, sunt reprezentați de conținutul de licopen, β -caroten, polifenoli și activitatea antioxidantă. Rezultatele obținute sunt prezentate în Tabelul 5.1:

Tabelul 5.1 / Table 5.1

Rezultate privind influența curentului electric continuu asupra cantității de compuși cu rol antioxidant

Results regarding the influence of direct electric current on the amount of compounds with an antioxidant role (2019-2021)

Varianta	Licopen (mg/100 g substanță uscată)	β-caroten (mg/100 g substanță uscată)	Polifenoli (mg/100 g substanță uscată)	Activitate antioxidantă (mmol Trolox/100 g substanță uscată)
V1	8,21 ± 0,68 ns	7,46±0,49 ns	1698,45 ± 83,50 ns	83,05 ± 0,51 a
V2	9,16 ± 0,81 ns	7,69±0,50 ns	1722,42 ± 199,81 ns	77,03 ± 0,56 b
V3	10,52 ± 0,82 ns	7,47±0,49 ns	1863,18 ± 226,02 ns	72,84 ± 0,15 c
V4	9,78 ± 1,32 ns	7,58±0,50 ns	1766,87 ± 100,22 ns	73,28 ± 0,34 c
V5	9,43 ± 0,53 ns	7,77±0,71 ns	1772,43 ± 104,44 ns	73,91 ± 0,68 bc
V6	7,85 ± 0,66 ns	7,00±0,46 ns	1735,11 ± 33,10 ns	81,35 ± 1,35 a

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
 pentru fiecare coloană, valorile asociate cu diferite litere sunt semnificativ diferite statistic,
 unde a reprezintă valoarea cea mai mare, conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$;
 ns-nesemnificativ

Conform rezultatelor de laborator, cea mai ridicată valoare a conținutului de licopen s-a înregistrat în cazul variantei V3 (0,45 A), aspect similar și în cazul conținutului de polifenoli, iar Varianta V1(0,15 A) a înregistrat cel mai important nivel al activității antioxidante. Cu toate că în cazul determinărilor asupra licopenului, β-carotenului și polifenolinor nu s-au obținut variații semnificative statistic între cele șase variante supuse experimentului, activitatea antioxidantă a variat într-o plajă de valori mai ample, semnificativ din punct de vedere statistic, cu valori ce pornesc de la 72,84 mmol, până la 83,05 mmol.

5.3.6. Rezultate asupra compoziției fructelor de tomate, în compuși primari de metabolism

În Tabelele 5.2, respectiv 5.3 se poate observa variația acestor indicatori biochimici, care de asemenea prezintă o importanță deosebită privind estimarea statusului nutrițional al fructelor, prin determinarea cantității totale de minerale prezente în fructele de tomate cum este cazul cenușii, dar și a lipidelor, proteinelor și al energiei calorice:

Tabelul 5.2 / Table 5.2

Cantitatea de cenușă, lipide și proteine a fructelor de tomate
Ash, lipid and protein quantity of tomato fruits (2019-2021)

Varianta	Cenușă (mg/100 g substanță uscată)	Lipide brute (mg/100 g substanță uscată)	Proteine brute (mg/100 g substanță uscată)
V1	4,51±0,29 ns	11,29±0,74 ns	33,44±2,19 ns
V2	4,11±0,27 ns	11,41±0,75 ns	31,96±2,09 ns
V3	4,83±0,32 ns	11,90±0,78 ns	31,27±2,05 ns
V4	4,34±0,28 ns	12,25±0,80 ns	29,49±1,93 ns
V5	4,76±0,31 ns	11,70±0,77 ns	32,54±2,13 ns
V6	5,12±0,34 ns	11,21±0,74 ns	30,96±2,03 ns

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Tabelul 5.3 / Table 5.3

Compoziția în fibre și energia calorică a fructelor de tomate
Fiber composition and caloric energy of tomato fruit (2019-2021)

Varianta	Fibre brute (mg/100 g substanță uscată)	Fibre dietetice (mg/100 g substanță uscată)	Energie calorică kJ/g (kcal/100g)
V1	15,43±1,01 bc	9,52±0,62 a	441,95±28,97 ns
V2	13,43±0,88 c	6,74±0,44 b	436,42±28,60 ns
V3	23,07±1,51 a	8,30±0,54 ab	423,91±27,78 ns
V4	20,02±1,31 ab	8,71±0,57 ab	423,98±27,78 ns
V5	15,83±1,04 bc	9,55±0,63 a	452,68±29,67 ns
V6	13,43±0,88 c	6,74±0,44 b	445,75±29,21 ns

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
pentru fiecare coloană, valorile asociate cu diferite litere sunt semnificativ diferite statistic,
unde a reprezintă valoarea cea mai mare, conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$;
ns-nesemnificativ

Cenușa reprezintă reziduu nevolatil, obținut în urma incinerării tomatelor, în scopul determinării conținutului total de minerale, variațiile înregistrate fiind nesemnificative, la fel ca și în cazul lipidelor brute, proteinelor brute și al energiei calorice. În ceea ce privește conținutul de fibre brute și fibre dietetice (diferența dintre aceste două tipuri de fibre constând în faptul că fibrele brute sunt parte din fibrele insolubile ce se regăsesc în porțiunea comestibilă a peretelui celular, în timp ce fibrele dietetice reprezintă o porție indigestibilă, acestea din urmă reprezentând suma grupurilor de fibre solubile, cât și a celor insolubile) se observă variații semnificative din punct de vedere statistic, cea mai importantă valoare fiind

înregistrată în cazul variantei V3 pentru fibrele digestibile, în timp ce pentru fibrele dietetice cele mai mari valori s-au înregistrat la variantele V5, respectiv V1.

5.3.7. Rezultate cu privire la conținutul de elemente minerale al fructelor tomatelor supuse experimentului

Alți indicatori biochimici foarte importanți în vederea obținerii unor fructe de calitate sunt reprezentați de conținutul de minerale evidențiați în Tabelele 5.4 și 5.5:

Tabelul 5.4 / Table 5.4

Rezultate privind conținutul de potasiu, calciu și magneziu al fructelor Results regarding the potassium, calcium and magnesium content of fruits (2019-2021)

Varianta	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
V1	2,02±0,13 d	61,33±4,02 ns	30,08±1,97 c
V2	2,73±0,18 cd	65,56±4,30 ns	33,47±2,19 bc
V3	3,17±0,21 bc	69,88±4,58 ns	34,50±2,26 bc
V4	5,55±0,36 a	75,58±4,95 ns	45,82±3,00 ab
V5	3,96±0,26 b	71,86±4,71 ns	49,54±3,25 a
V6	1,72±0,11 d	76,13±4,99 ns	43,55±2,85 ab

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
pentru fiecare coloană, valorile asociate cu diferite litere sunt semnificativ diferite statistic,
conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Tabelul 5.5 / Table 5.5

Rezultate ale conținutului de fier, zinc și sodiu al fructelor Results of iron, zinc and sodium content of fruits (2019-2021)

Varianta	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Na (ppm)
V1	1,89±0,12 b	0,59±0,04 bc	1,33±0,09 ns
V2	2,35±0,16 b	0,33±0,02 d	1,35±0,09 ns
V3	2,59±0,17 b	0,53±0,03 bc	1,37±0,09 ns
V4	4,89±0,32 a	0,89±0,06 a	1,52±0,10 ns
V5	4,39±0,29 a	0,67±0,04 b	1,34±0,09 ns
V6	2,63±0,17 b	0,42±0,03 cd	1,11±0,07 ns

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
pentru fiecare coloană, valorile asociate cu diferite litere sunt semnificativ diferite statistic,
conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Variația conținutului de minerale este nesemnificativă pentru conținutul de calciu și sodiu, dar pentru potasiu, magneziu, zinc și fier înregistrează variații cu maxime prezente în zona variantelor V4 (1,5 V polaritate), respectiv V5 (1,5 V sol). Conținutul mai ridicat de calciu în cazul variantelor V6, respectiv V4 conduce la o îmbunătățire a structurii celulare, aspect confirmat și de rezultatele asupra fermității.

5.3.8. Rezultate privind compoziția antinutrițională a fructelor de tomate, în condiții diferite de tratament cu curent electric

Cercetări cu privire la influența curentului electric continuu au fost efectuate și asupra conținutului de antinutrienți din fructele de tomate, întrucât aceștia deși inhibă asimilarea de către organism a nutrienților pot avea și efecte benefice prin stimularea sistemului imunitar, având caracter antioxidant și pot conduce de asemenea și la inhibarea dezvoltării unor celule tumorale (Himanshu și colab., 2022). Rezultatele obținute sunt prezentate în Tabelele 5.6 și 5.7:

Tabelul 5.6 / Table 5.6

Rezultate privind conținutul de antinutrienți (fitat, taninuri și oxalați) Results regarding the anti-nutrient content (phytate, tannins and oxalates) - 2019-2021

Varianta	Fitat (mg/100 g substanță uscată)	Taninuri (mg/100 g substanță uscată)	Oxalați (mg/100 g substanță uscată)
V1	3,75±0,25 ns	3,96±0,26 a	2,14±0,14 bc
V2	3,59±0,23 ns	2,46±0,16 cd	1,36±0,09 c
V3	3,43±0,23 ns	1,77±0,12 de	3,84±0,25 a
V4	3,27±0,22 ns	1,18±0,08 e	4,00±0,26 a
V5	4,02±0,27 ns	3,46±0,23 ab	2,48±0,16 b
V6	3,89±0,25 ns	2,65±0,17 bc	1,57±0,10 c

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
pentru fiecare coloană, valorile asociate cu diferite litere sunt semnificativ diferite statistic,
conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

Tabelul 5.7 / Table 5.7

Rezultate privind conținutul de antinutrienți (saponine, inhibitor de tripsină și inhibitor de α -amilază)

Results regarding the anti-nutrient content (saponins, trypsin inhibitor and α -amylase inhibitor) - 2019-2021

Varianta	Saponine (mg/100 g substanță uscată)	Inhibitor de tripsină (TUI · mg ⁻¹)	Inhibitorul α -amilazei IC50 (mg · ml ⁻¹)
V1	2,63±0,17 bc	9,26±0,61 ns	0,77±0,05 a
V2	1,66±0,11 d	9,95±0,65 ns	0,43±0,03 bc
V3	3,4±0,26 a	9,75±0,64 ns	0,35±0,02 c
V4	3,24±0,21 ab	9,42±0,62 ns	0,54±0,03 b
V5	2,82±0,18 b	9,49±0,62 ns	0,82±0,05 a
V6	1,78±0,12 cd	10,07±0,66 ns	0,53±0,03 bc

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
pentru fiecare coloană, valorile asociate cu diferite litere sunt semnificativ diferite statistic,
conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$; ns-nesemnificativ

În cazul fitatului și al inhibitorului de tripsină nu au fost înregistrate variații semnificative, spre deosebire de ceilalți antinutrienți. Taninurile au înregistrat maximul concentrației în cazul variantei V1, fiind urmate de varianta V5, în timp ce inhibitorul de α -amilază a înregistrat maximul în cazul variantei V5, urmat imediat de varianta V1. În ceea ce privește oxalații variantele V4, respectiv V3 au înregistrat valori de aproximativ 4 mg/100 g substanță uscată. Conținutul cel mai ridicat în cazul saponinelor a fost realizat în cazul variantei V3 unde s-a utilizat un curent cu intensitatea de 0,45 A.

5.4. Rezultate privind influența curentului electric continuu asupra producției

După determinarea parametrilor cu privire la numărul de fructe și masa medie a fructelor s-a evaluat producția la hectar prin extrapolarea determinărilor efectuate. Calculul producției s-a realizat înmulțind numărul de fructe cu masa medie a fructelor pentru a obține producția pentru fiecare plantă în parte. Rezultatul obținut a fost înmulțit cu numărul de plante de tomate ce aparțin hibridului *Qualitet F1* ce poate fi cultivat pe o suprafață de un hectar (26 000 plante, conform densității recomandate în spații protejate). Reprezentarea grafică a datelor poate fi observată în Figura 5.21:

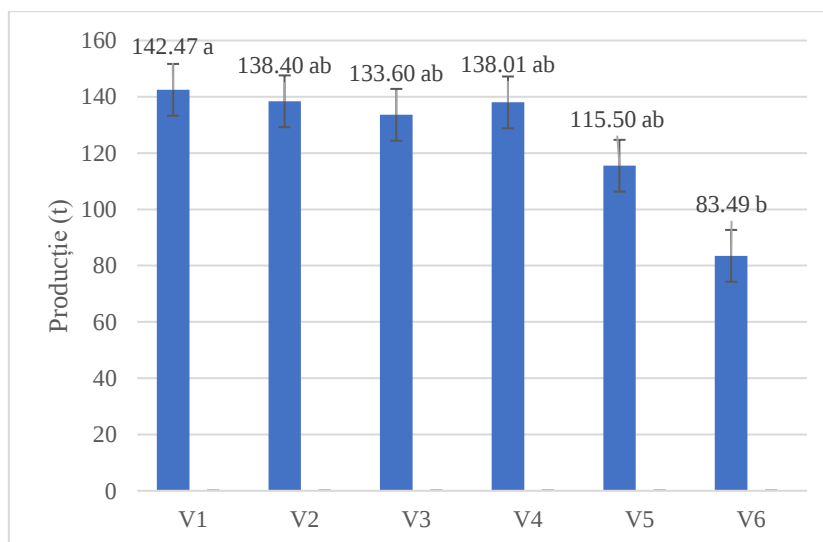


Fig. 5.21 Producție de tomate

Fig. 5.21 Yield of tomato (2019-2021)

Variante: V1 – 0.15 A; V2 – 0.30 A; V3 – 0.45 A; V4 – polaritate; V5 – sol; V6 – Control;
 pentru fiecare coloană, valorile asociate cu diferite litere sunt semnificativ diferite statistic,
 unde a reprezintă valoarea cea mai mare, conform testului lui Tukey la $p \leq 0,05$;
 ns-nesemnificativ

Din calculul rezultat s-a realizat reprezentarea grafică a datelor obținute, variațiile fiind semnificative din punct de vedere statistic, prin raportarea procentuală a producției de fructe de tomate pentru o suprafață de un hectar, observându-se o diferență de 70 % în favoarea variantei V1, prin comparație cu martorul.

Producția obținută a variat între 83,49 tone în cazul variantei martor, crescând progresiv până la 142,47 tone în cazul variantei V1 unde a fost utilizat un curent cu intensitatea de 0,15 A.

CAPITOLUL VI

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

În urma cercetărilor efectuate asupra plantelor de tomate, prin utilizarea curentului electric continuu se desprind următoarele concluzii:

A. Concluzii privind particularitățile morfologice:

1) Plantele stimulate electric, indiferent de intensitatea sau forma de aplicare a curentului (la nivelul solului, direct în corpul plantei, indirect prin câmp electromagnetic), au prezentat un regim de înălțime net superior variantei martor, în acest sens existând diferențe semnificative din punct de vedere statistic.

2) Din punct de vedere morfologic, numărul de flori și fructe, deși a înregistrat variații nesemnificative statistic, pentru toate plantele stimulate electric s-au format mai multe flori și fructe legate, prin comparație cu plantele martor, aspect ce poate fi datorat și înregistrării unui regim de înălțime superior plantelor supuse tratamentelor electrice, fapt ce a condus la apariția unui număr superior de etaje cu inflorescențe.

3) Dimensiunea fructelor a variat de asemenea nesemnificativ din punct de vedere statistic, însă se observă ca și în cazul numărului de flori și fructe că dimensiunile fructelor de la plantele stimulate electric au fost superioare față de cele ce aparțineau variantei martor.

4) Masa fructelor a fost superioară pentru toate fructele provenite de la plantele supuse stimulilor electrici, cele mai bune rezultate fiind obținute în cazul variantei V1.

B. Concluzii privind particularitățile fiziologice:

1) Particularitățile fiziologice ale plantelor de tomate nu au înregistrat diferențe semnificative statistic pentru nici una dintre determinările efectuate, aspect ce se datorează în primul rând utilizării unor factori de mediu similari pentru toate plantele supuse experimentului;

C. Concluzii privind particularitățile biochimice:

1) În ceea ce privește fermitatea, cea mai ridicată valoare a fost înregistrată în cazul variantei V6, ceea ce înseamnă că fructele martor pot prezenta caracteristici ce asigură o rezistență mult mai bună la transport.

2) La nivel biochimic, fructele de tomate prezintă o importantă variație în ceea ce privește aciditatea, varianta V3 având cele mai ridicate valori în acest sens, fapt ce ne indică posibilitatea obținerii unui gust cu arome mai puternice în cazul utilizării unui curent cu o intensitate de 0,45 A.

3) În cazul substanței uscate solubile, datele de laborator au indicat cel mai ridicat nivel de zaharoză în cazul variantei V1, de 5,23 ° Brix.

4) În ceea ce privește datele obținute în cazul substanței uscate și a umidității, variațiile au fost nesemnificative din punct de vedere statistic, procentul de substanță uscată cel mai ridicat fiind însă prezent în cazul variantei V3.

5) Din punct de vedere al caracteristicilor fitoterapeutice, activitatea antioxidantă a înregistrat cea mai importantă valoare la varianta V1 (0,15 A), aspect ce ne arată că acest indice este influențat pozitiv în cazul utilizării unui stimul electric de o intensitate foarte redusă sau chiar absentă, în timp ce stimulii electrici ceva mai puternici de 0,45 A au prezentat influențe favorabile în cazul polifenolilor și a conținutului de licopen, aici însă existând variații care deși sunt favorabile, nu sunt semnificative statistic.

6) Conținuturile de fibre brute, respectiv cele de fibre dietetice au fost de asemenea relevante din punct de vedere al diferențelor statistice, varianta V3 (0,45 A) ajungând la un conținut de 23,07 mg/100 g substanță uscată de fibre brute.

7) În ceea ce privește conținutul de elemente minerale al fructelor, pentru varianta V4 (1,5 V - polaritate) au fost obținute cele mai ridicate cantități de potasiu, fier, zinc și sodiu, în timp ce varianta V5 (1,5 V - sol) a înregistrat cel mai crescut nivel de magneziu.

8) În cazul antinutrienților cum sunt taninurile, oxalații, saponinele și inhibitorul α -amilazei IC50 s-au înregistrat variații semnificative, la variantele unde s-au aplicat stimuli electrici fiind identificate valorile cele mai mari pentru acești indicatori, în timp ce fitatul și inhibitorul de tripsină au fluctuat într-o plajă de valori mult mai restrânsă.

D. Concluzii privind producția:

1) Producția obținută, prin extrapolarea datelor la un număr de 26 000 plante pentru fiecare variantă, a înregistrat valori cu mult superioare variantei V6, cea mai importantă cantitate de fructe fiind realizată prin respectarea condițiilor experimentale din cadrul variantei V1.

Utilizarea curentului electric sau a câmpului magnetic în scopul obținerii de rezultate favorabile atât asupra caracteristicilor biometrice ale plantelor de tomate, cât și asupra particularităților fiziologice și biochimice ale fructelor se dovedesc a fi unele pozitive.

Rezultatele din cercetările proprii, scot în evidență efectele pozitive în ceea ce privește stimularea metabolismului plantelor, fiind obținute plante de cultură de talie mai mare, cu un număr mai crescut de inflorescențe, fructe, cu o producție semnificativ mai ridicată cantitativ și superioară din punct de vedere calitativ.

Ca o concluzie generală, se poate afirma faptul că în ceea ce privesc cercetările proprii asupra particularităților morfologice, fiziologice și asupra indicatorilor biochimici, la hibridul de tomate *Qualitet F1*, asupra căruia s-a utilizat curentul electric continuu, s-au obținut date ce sunt reliefate de o serie de diferențe, majoritatea semnificative din punct de vedere statistic, prin comparație cu plantele

utilizate drept martor. Astfel rezultă că plantele de tomate se pretează zonei de automatizare pentru cultura horticolă de tip smart.

Din acest motiv se poate afirma faptul că cercetările în acest domeniu pot fi continuate și se pot efectua noi cercetări atât asupra altor hibrizi de tomate cât și asupra altor specii de plante.

CHAPTER VI

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

These conclusions had been drawn by using continuous electric current on tomato plants:

A. Conclusions on morphological features:

1) Electrically stimulated plants, regardless of the intensity or form of current application (at ground level, directly in the plant body, indirectly by electromagnetic field), showed a clearly superior height regime to the control variant, so there are significant differences in statistically.

2) Also, from the point of view of morphological features, the number of flowers and fruits, although statistically insignificant in variations, for all electrically stimulated plants, more flowers and related fruits were formed, compared to the control plants, which may be due to the registration of a higher height of plants subjected to electrical treatment, which led to the emergence of a higher number of floors with inflorescences.

3) The size of the fruits also varied statistically insignificantly, but it can also be observed, as in the case of the number of flowers and fruits, that the size of the fruits from the electrically stimulated plants were larger than those belonging to the control variant.

4) The fruit mass was superior for all fruits that came from plants that were subjects to electrical stimuli, the best results being obtained in the case of variant V1 (0,15A).

B. Conclusions on physiological features:

1) The physiological particularities of the tomato plants did not show statistically significant differences for any of the determinations performed, which is primarily due to the use of similar environmental factors for all plants subjected to the experiment.;

C. Conclusions on biochemical features:

1) Regarding the firmness, the highest value was recorded for V6 variant, which means that the fruits from control variant may have characteristics that ensure a much better resistance to transport.

2) At the biochemical level, tomato fruits show an important variation in terms of acidity, the V3 variant having the highest values in this aspect, which indicates the possibility of obtaining a taste with stronger flavors when using a current with an intensity of 0,45 A.

3) In the case of soluble dry matter, laboratory data indicated the highest sucrose level in the case of variant V1, of 5.23 ° Brix.

4) Regarding the data obtained in the case of dry matter and humidity, the variations were statistically insignificant, but the highest percentage of dry matter was present in the case of variant V3.

5) In terms of phytotherapeutic characteristics, the antioxidant activity recorded the most important value in the case of variant V1 (0.15 A), aspect which shows us that this index is positively influenced when using an electrical stimulus of very low intensity or even absent intensity, while electrical stimuli slightly stronger than 0.45 A showed favorable influences in the case of polyphenols and lycopene content, but here there are variations which, although favorable, are not statistically significant.

6) The crude fiber and dietary fiber content were also relevant in terms of statistical differences, variant V3 (0.45 A) reaching a content of 23.07 mg / 100 g dry matter of crude fiber.

7) Regarding the mineral content of the fruits, the highest amounts of potassium, iron, zinc and sodium were obtained in the case of variant V4 (1.5 V - polarity), while variant V5 (1.5 V - soil) has recorded the highest level of magnesium.

8) In the case of anti-nutrients such as tannins, oxalates, saponins and α -amylase inhibitor IC₅₀, there were significant variations, with variants where electrical stimuli were applied with the highest values for these indices being identified, while phytate and inhibitor of trypsin fluctuated in a much narrower range of values.

D. Conclusions on production:

1) The production obtained, by extrapolating the data to a number of 26 000 plants for each variant, recorded values much higher than the V6 variant, the most important amount of fruit being possible to achieve under the experimental conditions of the V1 variant.

The use of electric current or magnetic field in order to obtain favorable results both on the biometric characteristics of tomato plants and on the physiological and biochemical particularities of the tomatoes fruits proved to be some positive ones.

The results of this own research, highlight the positive effects in terms of stimulating plant metabolism, being obtained taller crop plants, with a higher number of inflorescences and fruits, and also with a significantly higher production in terms of quantity and also superior regarding the quality.

As a general conclusion, it can be stated that in terms of this research on morphological, physiological and biochemical indices, on the *Qualitet F1* tomato hybrid, on which direct current was used, the data that is highlighted by a series of differences, most of them statistically significant, compared to the plants used as a

control, was obtained. So it results that tomato plants are suitable for the automatization area for smart horticultural cultivation.

For this reason, it can be stated that research in this field can be continued and new research can be carried out both on other tomato hybrids and on other plant species.

BIBLIOGRAFIE BIBLIOGRAPHY

1. Ahmad P., Wani M. R., 2014. *Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants Under Changing Environment*. Volumul 2, Editura Springer, New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8600-8>
2. Almaghrabi O.A., Elbeshehy E.K.F., 2012. *Effect of weak electro magnetic field on grain germination and seedling growth of different wheat (Triticum aestivum L.) cultivars*. Life Sci. J. 9, 1615–1622.
3. Anand A., Nagarajan S., Verma A.P.S., Joshi D.K., Pathak P.C., Bhardwaj J., 2012. *Pre-treatment of seeds with static magnetic field ameliorates soil water stress in seedlings of maize (Zea mays L.)*. Indian Journal of Biochemistry Biophysics. 49: 63-70.
4. Angersbach A., Heinz V., Knorr D. 2000. *Effects of pulsed electric fields on cell membranes in real food systems*. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 1(2), 135–149. [https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(00\)00010-2](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(00)00010-2).
5. Atheron, J.G., Rudich, J., 1994. *The Tomato Crop, a scientific basis for improvement*, Ed. Chapman&Hall, London;
6. Apahidean S., și Apahidean M., 2007. *Cultura legumelor*. Editura Ceres, București.
7. Beceanu D., 1999. *Valorificarea legumelor și fructelor*. Ed. Ion Ionescu de la Brad;
8. Bedinger P. A., Chetelat R. T., McClure B., Moyle L. C., Rose J. K. C., Stack S. M., Knaap E., Baek Y.S., Lopez-Casado G., Covey P.A., Kumar A., Li W., Nunez R., Cruz-Garcia F., Royer, S. 2010. *Interspecific reproductive barriers in the tomato clade: opportunities to decipher mechanisms of reproductive isolation*. Sexual Plant Reproduction, Vol. 24/3. 171-187. doi:10.1007/s00497-010-0155-7.
9. Belyavskaya N. A., 2004. *Biological effects due to weak magnetic field on plants*. Advances in Space Research, 34(7), 1566–1574. doi:10.1016/j.asr.2004.01.021.
10. Black J. D., Forsyth F. R., Fensom D. S., & Ross R. B., 1971. *Electrical stimulation and its effects on growth and ion accumulation in tomato plants*. Canadian Journal of Botany, 49(10), 1809–1815. doi:10.1139/b71-255.
11. Blackman V.H., 1924. Field experiments in electroculture. J. Agric. Sci. 14, 240–276. doi:10.1017/s0021859600003440.
12. Bodea C., 1984. *Tratat de biochimie vegetală –vol. V*. Ed. Academiei R.S.R., București.
13. Burzo I., Toma S., Craciun C., Voican V., 1999. *Fiziologia plantelor de cultură*. Editura Întreprinderea Editorial-Poligrafică „Știința”, Chișinău.

14. Butnariu H. D., Indrea C. Petrescu P., Chilom S. P., Ciofu R., Popescu V., Radu G., Stan N., 1992. *Legumicultura*. EDP, București.
15. Cakmak T., Dumlupinar R., & Erdal S., 2009. *Acceleration of germination and early growth of wheat and bean seedlings grown under various magnetic field and osmotic conditions*. Bioelectromagnetics, 31:120-129. doi:10.1002/bem.20537.
16. Carbonell M. V., Flórez M., Martínez E., Maqueda R., & Amaya J. M., 2011. *Study of stationary magnetic fields on initial growth of pea (Pisum sativum L.) seeds*. Seed Science and Technology, 39(3), 673–679. doi:10.15258/sst.2011.39.3.15.
17. Caruso G., sStoleru V., Munteanu, N., Sellitto, V.M., Teliban, G.C., Burducea, M., Țenu I., Morano G., Butnariu, M. 2019. *Quality Performances of Sweet Pepper under Farming Management*. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 47(2), 458–464. doi:10.15835/nbha47111351
18. Ceașescu I., Bălașa M., Savițchi P., Voican V., Radu G., Stan N., 1984. *Legumicultură generală și specială*. Ed. Didactică și Pedagogică, București;
19. 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.
20. Collins G.N., Flint L.H., McLane J.W., 1929. *Electric stimulation of plant growth*. J. Agric. Res. 38, 0585–0600
21. Dayal S., Singh R.P., 1986. *Effects of seed exposure to magnetic-fields on the height of tomato plants*. Indian J. Agric. Sci. 56, 483–486.
22. De Souza A., García D. Sueiro L., Licea L., Porras E., 2006. *Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds: Effects on the growth and yield of plants cultivated late in the season*. Spanish Journal Of Agricultural Research. DOI:10.5424/sjar/2005031-131.
23. De Souza A., Sueiro L., García D., & Porras E. (2010). *Extremely low frequency non-uniform magnetic fields improve tomato seed germination and early seedling growth*. Seed Science and Technology, 38(1), 61–72. doi:10.15258/sst.2010.38.1.06.
24. Dannehl D., Huyskens-Keil S., Eichholz I., Ulrichs C., Schmidt U., 2009. *Effects of intermittent-direct-electric-current (IDC) on polyphenols and antioxidant activity in radish (Raphanus sativus L.) during growth*. J. Appl. Bot.-Angew. Bot. 83, 54–59.
25. Dannehl D., Huyskens-Keil S., Wendorf D., Ulrichs C., & Schmidt U., 2012. *Influence of intermittent-direct-electric-current (IDC) on phytochemical compounds in garden cress during growth*. Food Chemistry, 131(1), 239–246. doi:10.1016/j.foodchem.2011.08.069.

26. Dannehl, D., 2018. *Effects of electricity on plant responses*. Scientia Horticulturae, 234, 382–392. doi:10.1016/j.scienta.2018.02.007.
27. Dubinin N. P. și Vaulina E. N., 1979. *Evolution and Gravitation*. Editura Nauka, Moscova.
28. Dumitrescu M., Scurtu I., Stoian L., Glăman Gh., Costache M., Ditu D., Roman T., Lăcătuș V., Radoi V., Vlad C., Zagrean I., 1998. *Producerea legumelor*. Ed. Artprint, București.
29. Ehrenberg W., 1958. *Electric conduction in semiconductors and metals*. Editura The Clarendon Press, Oxford.
30. Eşitken A., & Turan M., 2004. *Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (Fragaria x ananassa cv. camarosa)*. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science, 54(3), 135–139. doi:10.1080/09064710310019748.
31. Fischer G., Tausz M., Köck M., & Grill D., 2004. *Effects of weak 162/3Hz magnetic fields on growth parameters of young sunflower and wheat seedlings*. Bioelectromagnetics, 25(8), 638–641. doi:10.1002/bem.20058.
32. Florez M., Carbonell M., & Martinez E., 2007. *Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth*. Environmental and Experimental Botany, 59(1), 68–75. doi:10.1016/j.envexpbot.2005.10.006
33. García-Valverde V, Navarro-González I, García-Alonso J, Periago M. J., 2013. *Antioxidant bioactive compounds in selected industrial processing and fresh consumption tomato cultivars*. Food and Bioprocess Technology, 6, 391–402.
34. Gogo E.O., Huyskens-Keil S., Krimlowski A., Ulrichs C., Schmidt U., Opiyo A., Dannehl D., 2016. *Impact of direct-electric-current on growth and bioactive compounds of African nightshade (Solanum scabrum Mill.) plants*. J. Appl. Bot.-Angew. Bot. 89, 60–67. DOI: <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2016.089.007>.
35. Guderjan M., Töpfl S., Angersbach A., & Knorr D., 2005. *Impact of pulsed electric field treatment on the recovery and quality of plant oils*. Journal of Food Engineering, 67(3), 281–287. doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.04.029.
36. Himanshu N., Mrinal S., Tejpal D., 2022. *Beneficial attributes and adverse effects of major plant-based foods anti-nutrients on health: A review*. Journal of Human Nutrition & Metabolism. Volumul 28. doi.org/10.1016/j.hnm.2022.200147.
37. Hoza G., 2000. *Cultura legumelor în câmp*. Ed. Elisavaros, București.
38. Hoza G., 2008. *Legumicultură generală*. Ed. ELISAVAROS, București.
39. Iimoto M., Watanabe K., Fujiwara K., 1996. *Effects of magnetic flux density and direction of the magnetic field on growth and CO₂ exchange rate of*

- potato plantlets in vitro*. Acta Horticulturae, (440), 606–610. doi:10.17660/actahortic.1996.440.106.
40. Ijaz B., Jatoi A.S., Ahmad D., Masood M.S., Siddiqui S.U., 2012. *Changes in germination behavior of wheat seeds exposed to magnetic field and magnetically structured water*. Afr. J. Biotechnol. 11, 3575–3582. doi:10.5897/ajb11.2927.
41. Inaba A., Manabe T., Tsuji H., & Iwamoto T., 1995. *Electrical Impedance Analysis of Tissue Properties Associated with Ethylene Induction by Electric Currents in Cucumber (Cucumis sativus L.) Fruit*. Plant Physiology, 107(1), 199–205. doi:10.1104/pp.107.1.199.
42. Indrea D., Apahidean S., Apahidean M., Mănuțiu D., Sima R., 2012. *Cultura legumelor*. Ed. Ceres, București.
43. Jenkins J.A., 1948. *The origin of the cultivated tomato*. Economic Botany. 2/4. 379–392.
44. Jeong-Yeol Y., 2016. *Introduction to Biosensors*. Editura Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-27413-3.
45. Kaimoyo E., Farag M. A., Sumner L. W., Wasmann C., Cuello J. L., & VanEtten H., 2008. *Sub-lethal Levels of Electric Current Elicit the Biosynthesis of Plant Secondary Metabolites*. Biotechnology Progress, 24(2), 377–384. doi:10.1021/bp0703329.
46. Kobayashi M., Soda N., Miyo T., & Ueda Y., 2004. *Effects of combined DC and AC magnetic fields on germination of hornwort seeds*. Bioelectromagnetics, 25(7), 552–559. doi:10.1002/bem.20032.
47. Koevoets I.T., Venema J.H., Elzenga J.T.M., Testerink C., 2016. *Roots withstanding their environment: Exploiting root system architecture responses to abiotic stress to improve crop tolerance*. Frontiers in Plant Science. 7, 1335. doi:10.3389/fpls.2016.01335.
48. Lebedev S.I., Baranskiy P.I., Litvinenko L.G., Shiyan L.T., 1977. *Barley growth in superweak magnetic field*. Electron Treat. Mater. 3, 71–73.
49. Lemström S., 1904. *Electricity in agriculture and horticulture*. “The Electrician” Printing & Publishing Company, Ltd., London.
50. Lynikiene S, Pozeliene A., 2003. *Effect of Electrical Field on Barley Seed Germination Stimulation*. J. Sci. Res. Dev. Manuscript FP 03 007: 1-8.
51. Maheshwari B. L., & Grewal H. S., 2009. *Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity*. Agricultural Water Management, 96(8), 1229–1236. doi:10.1016/j.agwat.2009.03.016.
52. Mahmood S., Usman M., 2014. *Consequences of magnetized water application on maize seed emergence in sand culture*. J Journal of Agricultural Science and Technology. Iran 16, 47–55.

53. Martinez E., Carbonell M. V., & Amaya J. M., 2000. *A static magnetic field of 125 mT stimulates the initial growth stages of barley (Hordeum vulgare L.)*. Electro- and Magnetobiology, 19(3), 271–277. doi:10.1081/jbc-100102118.
54. Martínez-Valverde I., Periago M. J., Provan G., & Chesson A., 2002. *Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (Lycopersicon esculentum)*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82(3), 323–330. doi:10.1002/jsfa.1035.
55. Mashinsky A. L., 1997. *Biological and biotechnological problems of plant cultivation at orbital space stations*. Rezumat teza de doctorat p. 46-50, Sankt Petersburg.
56. Mayeaux M., Xu Z., King J. M., & Prinyawiwatku, W., 2006. *Effects of Cooking Conditions on the Lycopene Content in Tomatoes*. Journal of Food Science, 71(8), pg. 461–464. doi:10.1111/j.1750-3841.2006.00163.x
57. Măniuțiu D., 2006. *Produse legumicole*, Ed. AcademicPres, Cluj-Napoca.
58. Merkis A.I., 1976. *Importance of gravity in the growth processes in plants, Problems of Space Biology*. vol. 33. Nauka, Moscova pg. 146–174.
59. Mihalache M., 1999. *Pentru o cât mai bună valorificare a potențialului nutritiv și terapeutic al legumelor*. Hortinform, nr. 9/85 pg. 22-23.
60. Mihalache M., 2003. *Consumul de legume proaspete, o necesitate pentru sănătatea omului*. Hortinform, nr. 10/134, pg. 6-9.
61. Monet Gilbert P., Baddour R.F., Juda W., 1959. *Adsorption, Dialysis, and Ion Exchange*. Editura American Institute of Chemical Engineers, New York.
62. Moon J.D., & Chung H.-S. 2000. *Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields*. Journal of Electrostatics, 48(2), 103–114. doi:10.1016/s0304-3886(99)00054-6.
63. Mordente A., Guantario B., Meucci E., Silvestrini A., Lombardi E., Martorana G., Bohm V., 2011. *Lycopene and cardiovascular diseases: An update*. Current Medicinal Chemistry, 18(8), 1146–1163. doi:org/10.2174/092986711795029717.
64. Mroczek-Zdyrska M., Tryniecki Ł., Kornarzyński K., Pietruszewski S., Gagoś M., 2016. *Influence of magnetic field stimulation on the growth and biochemical parameters on Phaseolus vulgaris*. L. J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci. 5, 548–551. doi:10.15414/jmbfs.2016.5.6.548-551.
65. Munteanu N., 2003. *Tomatele, ardeii și pătlăgelele vinete*. Editura „Ion Ionescu de la Brad”, Iași.
66. Muraji M., Asai T., & Tatebe W., 1998. *Primary root growth rate of Zea mays seedlings grown in an alternating magnetic field of different frequencies*. Bioelectrochemistry and Bioenergetics, 44(2), 271–273. doi:10.1016/s0302-4598(97)00079-2.

67. Najafi S., Heidari R., Jamei R., 2013. *Influence of silver nanoparticles and magnetic field on phytochemical, antioxidant activity compounds and physiological factors of Phaseolus vulgaris*. Tech. J. Eng. App. Sci. 3, 2812–2816.
68. Naz A., Jamil Y., Haq Z., Iqbal M., Ahmad M.R., Ashraf M.I., Ahmad R., 2012. *Enhancement in the germination, growth and yield of Okra (Abelmoschus esculentus) using pre-sowing magnetic treatment of seeds*. Indian Journal of Biochemistry and Biophysics. Vol 49 pp211-214.
69. Nechitalio G. și Gordeev A., 2004. *The use of an electric field in increasing the resistance of plants to the action of unfavorable space flight factors*. Advances in Space Research, 34(7), 1562–1565. doi:10.1016/j.asr.2004.02.011.
70. Nuez F., Díez M.J., Pico B., Fernández P. 1996. *Tomato seed catalog*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Madrid.
71. Ozuna C., Cerón-García A., Sosa-Morales M.E., Salazar J.A.G., León-Galván M.F., del Rosario Abraham-Juárez M., 2017. *Electrically induced changes in amaranth seed enzymatic activity and their effect on bioactive compounds content after germination*. J. Food Sci. Technol. 1–10. doi:10.1007/s13197-017-2974-0.
72. Palamaru M.N, Iordan A. R., Cecal A., 1997. *Chimie bionaorganică și metalele vieții*. Editura BIT, Iași.
73. Patron P.I., 1992. *Legumicultură intensivă*. Cartea moldovenească, Chișinău.
74. Periago M. J., García-Alonso J., Jakob K., Olivares A. B., Bernal M. J., Iniesta M. D., Ros G., 2009. *Bioactive compounds, folates and antioxidant properties of tomato (Lycopersicum esculentum) during vine ripening*. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 60(8), 694–708. doi:10.3109/09637480701833457.
75. Petrescu C., Țuțuianu M., 1999. *Extinderea în cultură a unor specii de legume mai puțin cunoscute*. Agricultorul Român, nr. 8, pg. 20-21.
76. Peralta I. E., Spooner D. M., Knapp S., 2008. *Taxonomy of Wild Tomatoes and Their Relatives (Solanum sect. Lycopersicoides, sect. Juglandifolia, sect. Lycopersicon; Solanaceae)*. Systematic Botany Monographs, The American Society of Plant Taxonomists;84, 186. DOI:10.2307/25027972.
77. Pittman U. J., & Ormrod D. P., 1970. *Physiological and chemical features of magnetically treated winter wheat seeds and resultant seedlings*. Canadian Journal of Plant Science, 50(3), 211–217. doi:10.4141/cjps70-044.
78. Polovinkina E. O., Kal'yasova E. A., Sinitsina Y. V., & Veselov A. P., 2011. *Effect of weak pulse magnetic fields on lipid peroxidation and activities of*

- antioxidant complex components in pea chloroplasts*. Russian Journal of Plant Physiology, 58(6), 1069–1073. doi:10.1134/s102144371106015x.
79. Popescu V., Horgaş A., 2004. *Plante legumicole solano-fructoase în Tratat de legumiultură*. Ed. Ceres, Bucureşti.
 80. Popescu V., Popescu A., 2012. *Cultura legumelor în sere, solarii şi răsadniţe*. Editura Ceres, Bucureşti.
 81. Popescu V., Zăvoianu R., 2013. *Cultura tomatelor, ardeilor şi vinetelor*. Editura M.A.S.T., Bucureşti.
 82. Qados A.M.S.A., Hozayn M., 2010. *Response of growth, yield, yield components, and some chemical constituents of flax for irrigation with magnetized and tap water*. World Appl. Sci. J. 8 (5), 630–634.
 83. Radhakrishnan R., & Ranjitha Kumari B. D., 2012. *Pulsed magnetic field: A contemporary approach offers to enhance plant growth and yield of soybean*. Plant Physiology and Biochemistry, 51, 139–144. doi:10.1016/j.plaphy.2011.10.017.
 84. Rakosy-Tican L., Aurori C. M., & Morariu V. V., 2005. *Influence of near null magnetic field on in vitro growth of potato and wild Solanum species*. Bioelectromagnetics, 26(7), 548–557. doi:10.1002/bem.20134.
 85. Ranc N., Munos S., Santoni S., Causse M. 2008. *A clarified position for Solanum lycopersicon var. cerasiforme in the evolutionary history of tomatoes (Solanaceae)*. Biomedcentral Plant Biology, Vol. 8, p. 130.
 86. Rathore K. S., Hodges T. K., & Robinson K. R., 1988. *A Refined Technique to Apply Electrical Currents to Callus Cultures*. Plant Physiology, 88(3), 515–517. doi:10.1104/pp.88.3.515.
 87. Rick C. M., Laterrot H., Philouze J., 1990. *A revised key for the Lycopersicon species*. Tomato Genetic Cooperative Report; 40, 31.
 88. Rochalska M., 2005. *Influence of frequent magnetic field on chlorophyll content in leaves of sugar beet plants*. Nukleonika 50, S25–S28.
 89. Rochalska M., 2008. *The influence of low frequency magnetic field upon cultivable plant physiology*. Nukleonika 53, S17-S20.
 90. Rubatzky V. E., M. Yamaguchi, 1997. *World vegetables, principles, production and nutritive values*, 2nd edition, Ed. Chapman and Hall, New York.
 91. Sadeghipour O., Aghaei P., 2013. *Improving the growth of cowpea (Vigna unguiculata L. Walp.) by magnetized water*. J. Biodivers. Environ. Sci. 3, 37–43.
 92. Sagan C., 1996. *The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark*. Ed. Headline Book Publishing, Londra.
 93. Serdyukov Y. A., & Novitskii Y. I., 2013. *Impact of weak permanent magnetic field on antioxidant enzyme activities in radish seedlings*. Russian

- Journal of Plant Physiology, 60(1), 69–76. doi:10.1134/s1021443713010068.
94. Shabrangi A., Majd A., Sheidai M., Nabyouni M., Dorranian D., 2010. *Comparing effects of extremely low frequency electromagnetic fields on the biomass weight of C3 and C4 plants in early vegetative growth*. In: Electromagnetics Research Symposium Proceedings, Cambridge, USA, July 5–8, 2010. Cambridge, pp. 593–598.
95. Sharoni Y., Linnewiel-Hermione K., Khanin M., Salman H., Veprik A., Danilenko M., Levy J. 2016. *Carotenoids and apocarotenoids in cellular signaling related to cancer: A review*. Molecular Nutrition & Food Research, 56(2), 259–269. doi: org/10.1002/mnfr.201100311.
96. Shine M. B., Guruprasad K. N., & Anand A., 2011. *Enhancement of germination, growth, and photosynthesis in soybean by pre-treatment of seeds with magnetic field*. Bioelectromagnetics, 32(6), 474–484. doi:10.1002/bem.20656.
97. Small J., 1929. *Hydrogen-ion concentration in plant cells and tissues*. Editura Gebrüder Borntraeger, Berlin.
98. Smith S. D., McLeod B. R., & Liboff A. R., 1993. *Effects of CR-tuned 60 Hz magnetic fields on sprouting and early growth of Raphanus sativus*. Bioelectrochemistry and Bioenergetics, 32(1), 67–76. doi:10.1016/0302-4598(93)80021-l.
99. Soja G., Kunsch B., Gerzabek M., Reichenauer T., Soja A.-M., Rippa G., & Bolhàr-Nordenkamp H. R., 2003. *Growth and yield of winter wheat (Triticum aestivumL.) and corn (Zea maysL.) near a high voltage transmission line*. Bioelectromagnetics, 24(2), 91–102. doi:10.1002/bem.10069.
100. Stan N., Munteanu N., Stan T., 2003. *Legumicultură*. Vol III. Editura „Ion Ionescu de la Brad”, Iași, România.
101. Stan N., Stan T., 1999. *Legumicultură – vol. I*. Ed. Ion Ionescu de la Brad.
102. Stan N., Stan T., 2010. *Legumicultură generală*. Editura „Ion Ionescu de la Brad”, Iași, România.
103. 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.
104. Stoleru, V., 2013. *Managementul sistemelor legumicole ecologice*. Ed. Ion Ionescu de la Brad.
105. Stoleru V., Țenu I., Stan T., Muraru V., Teliban G.C., Cojocaru A., Bodale I., Cazacu A., Mihalache G., Gheorghîtoae M.V., Achiței V., Pereș C.I., 2020. *Perspective moderne în fertilizarea legumelor din spații protejate*. Editura „Ion Ionescu de la Brad”, Iași, România.

106. Taylor I. B., 1986. *Biosystematics of the tomato*, in: Atherton, J.G. and J. Rudich (eds.), *The Tomato Crop: A Scientific Basis for Improvement*, Chapman & Hall, New York, pp. 1-34.
107. Toma C. și Niță M., 1995. *Celula vegetală*. Editura Universității „Al. I. Cuza”, Iași.
108. Toma D.L., Jităreanu C. D., 2007. *Fiziologie vegetală*. Editura „Ion Ionescu de la Brad”, Iași.
109. Tompkins P. și Bird C., 1973. *The secret life of plants*. Editura Harper & Row, New York.
110. Trontelj Z., Thiel G., Jazbinsek V., 2006. *Magnetic measurements in plant electrophysiology*. *Plant Electrophysiology*, 187–218. doi:10.1007/978-3-540-37843-3_9
111. Turker M., Temirci C., Battal P., Erez M. E., 2007. *The effects of an artificial and static magnetic field on plant growth, chlorophyll and phytohormone levels in maize and sunflower plants*. *Phyton Ann. Rei Bot* 46, 271-284.
112. Țițeică Ș., 2000. *Curs de fizică statistică și teoria cuantelor*. Editura All, București.
113. Vallverdú-Queralt A., Oms-Oliu G., Odriozola-Serrano I., Lamuela-Raventos R. M., Martín-Belloso O., Elez-Martínez P., 2012. *Effects of Pulsed Electric Fields on the Bioactive Compound Content and Antioxidant Capacity of Tomato Fruit*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(12), 3126–3134. doi:10.1021/jf205216m.
114. Van Antwerpen E.J., Franklin J., 1954. *Ion exchange*. Editura American Institute of Chemical Engineers, New York.
115. Vashisth A., Nagarajan S., 2008. *Exposure of seeds to static magnetic field enhances germination and early growth characteristics in chickpea (Cicer arietinum L.)*. *Bioelectromagnetics*, 29(7), 571–578. doi:10.1002/bem.20426.
116. Vashisth A., & Nagarajan S., 2010. *Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (Helianthus annuus) seeds exposed to static magnetic field*. *Journal of Plant Physiology*, 167(2), 149–156. doi:10.1016/j.jplph.2009.08.011.
117. Voican V., Lăcătuș V., 2004. *Cultura protejată a legumelor în sere și solarii*. Editura Ceres, București.
118. Voicu J.G., 2013. *Teză de doctorat. Efectul unor tratamente cu substanțe stimulative și fertilizanți foliari asupra tomatelor și salatei cultivate în solarii*. USAMV București.
119. Volkov A.G., 2012. *Plant electrophysiology - Methods and Cell Electrophysiology*. Editura Springer, Berlin. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-29119-7>.

120. Volkov A.G., 2012. *Plant electrophysiology - Signaling and Responses*. Editura Springer, Berlin. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-29110-4>.
121. Vyrodov D. A. și Zhuchenko A. A., 1979. *The influence of a high-voltage electric field on the mitotic activity on onion cells*. Publicație – All Union Conference Adaptation and Recombinogenesis of Culture Plants, p. 7-9, Chișinău.
122. WWF and IUCN 1997. *Centres of Plant Diversity: Vol. 3, The Americas*, IUCN Publications Unit, Cambridge, England.
123. Ward R.G., 1996. *The influence of electric currents on the growth of tomato plants*. *Acta Physiol. Plant.* 18, 121–127.
124. Xia L., Guo J., 2000. *Effect of magnetic field on peroxidase activation and isozyme in Leymus chinensis*. *Chin. J. Appl. Ecol.* 11, 699–702.
125. Xu C.X., Wei S.F., Lu Y., Zhang Y.X., Chen C.F., Song T., 2013. *Removal of the local geomagnetic field affects reproductive growth in Arabidopsis*. *Bioelectromagnetics* 34(6), 437–442. doi:10.1002/bem.21788.
126. Xu C.X., Yin X., Lv Y., Wu C.Z., Zhang Y.X., Song T., 2012. *A near-null magnetic field affects cryptochrome-related hypocotyl growth and flowering in Arabidopsis*. *Adv. Space Res.* 49(5), 834–840. doi:10.1016/j.asr.2011.12.004.
127. Xu C.X., Yu Y., Zhang Y.X., Li Y., Wei S.F., 2017. *Gibberellins are involved in effect of near-null magnetic field on Arabidopsis flowering*. *Bioelectromagnetics* 38, 1–10. doi:10.1016/j.jprot.2017.04.013.
128. Ye H., Huang L.-L., Chen S.-D., & Zhong J.-J., 2004. *Pulsed electric field stimulates plant secondary metabolism in suspension cultures of Taxus chinensis*. *Biotechnology and Bioengineering*, 88(6), 788–795. doi:10.1002/bit.20266.
129. Young L., Ratcliffe, J. A., 1969. *Systems of Units in Electricity and Magnetism*. Editura Oliver & Boyd, Edingurgh.
130. Zhang H., Hashinaga F., 1997. *Effect of high electric fields on the germination and early growth of some vegetable seed*. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 66: 347-52.
131. ***Anuar statistic FAO 2017- <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> - accesat la 17 feb 2021
132. ***<https://www.fda.gov/food/food-labeling-nutrition/nutrition-information-raw-vegetables> - accesat la 16 apr 2022.
133. ***Dicționarul explicativ al limbii române (ediția a II-a revăzută și adăugită) Academia Română, Institutul de Lingvistică Editura Univers Enciclopedic Gold, 2009
134. ***Micul dicționar academic, ediția a II-a Academia Română, Institutul de Lingvistică Editura Univers Enciclopedic, 2010
135. *** IBM SPSS Statistics – One Way ANOVA

ANEXE
ANNEXES

LISTA FIGURILOR

Fig. 2.1 Date microscopice preluate de pe Stația spațială Mir în cazul experimentului pe mazăre în condiții fără gravitație, fără și cu electrostimulare	49
Fig 2.2 Procentul de germinare al semințelor de tomate pentru diferite intensități ale câmpului electric aplicat și timpul de expunere la fiecare perioadă de timp de incubare fix	65
Fig. 3.1 Tomate Qualitet	72
Fig. 3.2 Preparare substrat de cultură	73
Fig. 3.3 Schema bloc a variantelor V1, V2, V3	74
Fig. 3.4 Schema bloc a variantei V4 (polaritate)	75
Fig. 3.5 Schema bloc a variantei V5 (electrozi în sol)	76
Fig 3.6 Modul de montare a echipamentelor electrice pe plantele de tomate	76
Fig 3.7 Determinarea înălțimii la plantele de tomate	78
Fig 3.8 Aparat măsurare suprafață foliară	79
Fig 3.9 Cântar electronic	79
Fig 3.10 Șubler digital și balanță analitică	80
Fig 3.11 Aparat CCM-200 plus	80
Fig 3.12 Aparat pentru determinare de parametri fiziologici ale aparatului foliar	81
Fig 3.13 Pregătire fructe – etuvă	81
Fig. 4.1. Aspecte din sera de cercetare V. Adamachi	86
Fig. 5.1 Înălțimea plantelor de tomate	88
Fig. 5.2 Număr de frunze pe plantă	89
Fig. 5.3 Determinarea numărului de flori	90
Fig. 5.4 Determinarea numărului mediu de fructe formate pentru fiecare variantă	91
Fig. 5.5 Înălțimea fructelor de tomate	92
Fig. 5.6 Diametrul fructelor de tomate	92
Fig. 5.7 Masa medie a fructelor	93
Fig. 5.8 Suprafața foliară	94
Fig. 5.9 Masa plantei – partea aeriană	95
Fig. 5.10 Indicele conținutului de pigmenți clorofilieni	96
Fig. 5.11 Activitatea fotosintetică	97
Fig. 5.12 Radiația luminoasă fotoactivă de la suprafața frunzei	97
Fig. 5.13 Conductanța stomatală	98
Fig. 5.14 Concentrația CO ₂ sub-stomatală	99
Fig. 5.15 Evapotranspirația potențială	99
Fig. 5.16 Rezultate privind fermitatea fructelor de tomate	100
Fig. 5.17 Determinarea acidității la fructele de tomate	102
Fig. 5.18 Rezultate asupra substanței uscate solubile la fructele de tomate	103
Fig. 5.19 Rezultate privind substanța uscată la fructele de tomate	104
Fig. 5.20 Rezultate asupra umidității la fructele de tomate	105
Fig. 5.21 Producție de tomate	110

LIST OF FIGURES

Fig. 2.1 Microscopic data taken from the Mir Space Station regarding the experiment on peas in zero gravity conditions, without and with electrostimulation	49
Fig. 2.2 Germination rate of tomato seeds for different intensities of the applied electric field and exposure time at each fixed incubation time period	65
Fig. 3.1 Qualitet F1 Tomato	72
Fig. 3.2 Preparation of crop substrate	73
Fig. 3.3 Block diagram of variants V1, V2, V3	74
Fig. 3.4 Block diagram of the V4 variant (polarity)	75
Fig. 3.5 Block diagram of variant V5 (electrodes in the soil)	76
Fig. 3.6 Determinarea înălțimii la plantele de tomate	76
Fig. 3.7 Determination of height in tomato plants	78
Fig. 3.8 Foliar surface measuring device	79
Fig. 3.9 Electronic scale	79
Fig. 3.10 Digital caliper and analytical scale	80
Fig. 3.11 CCM-200 plus device	80
Fig. 3.12 Device for determining the physiological parameters of the foliar apparatus	81
Fig. 3.13 Fruit preparation – laboratory oven	81
Fig. 4.1. Aspects from the research greenhouse V. Adamachi	86
Fig. 5.1 Height of tomato plants	88
Fig. 5.2 Number of leaves per plant	89
Fig. 5.3 Determining the number of flowers	90
Fig. 5.4 Determination of the average number of fruits formed for each variant	91
Fig. 5.5 Tomato fruit height	92
Fig. 5.6 Tomato fruit diameter	92
Fig. 5.7 Average mass of fruits	93
Fig. 5.8 The leaf surface	94
Fig. 5.9 The mass of the plant - the aerial part	95
Fig. 5.10 Chlorophyll content index	96
Fig. 5.11 Photosynthetic activity	97
Fig. 5.12 Photoactive light radiation from the leaf surface	97
Fig. 5.13 Stomatal conductance	98
Fig. 5.14 Substomatal CO ₂ concentration	99
Fig. 5.15 Potential evapotranspiration	99
Fig. 5.16 Results regarding tomato fruit firmness	100
Fig. 5.17 Determination of citric acid in tomato fruit	102
Fig. 5.18 Results on soluble dry matter in tomato fruits	103
Fig. 5.19 Results on moisture in tomato fruit	104
Fig. 5.20 Determination of moisture in tomato fruits	105
Fig. 5.21 Yield	110

LISTA TABELELOR

Tabelul 2. 1 Răspunsul plantelor prin expunere la curenți electrici și câmpuri magnetice de înaltă putere (Dannehl, 2018)	51
Tabelul 2.2 Răspunsul plantelor prin expunere la curenți electrici și câmpuri magnetice de joasă intensitate (Dannehl, 2018)	58
Tabelul 2.3 Efecte ale curentului electric asupra germinației, creșterii și recoltei bamelor	63
Tabelul 4.1 Date climatice specifice anului 2019	86
Tabelul 4.2 Date climatice specifice anului 2020	87
Tabelul 4.3 Date climatice specifice anului 2021	87
Tabelul 5.1 Rezultate privind influența curentului electric continuu asupra cantității de compuși cu rol antioxidant (2019-2021)	106
Tabelul 5.2 Cantitatea de cenușă, lipide și proteine a fructelor de tomate (2019-2021)	107
Tabelul 5.3 Compoziția în fibre și energia calorică a fructelor de tomate (2019-2021)	107
Tabelul 5.4 Rezultate privind conținutul de potasiu, calciu și magneziu al fructelor (2019-2021)	108
Tabelul 5.5 Rezultate ale conținutului de fier, zinc și sodiu al fructelor (2019-2021)	108
Tabelul 5.6 Rezultate privind conținutul de antinutrienți (fitat, taninuri și oxalați) - 2019-2021	109
Tabelul 5.7 Rezultate privind conținutul de antinutrienți (saponine, inhibitor de tripsină și inhibitor de α -amilază) - 2019-2021	109

LIST OF TABLES

Table 2.1 Plant response by exposure to electric currents and high power magnetic fields (Dannehl, 2018)	51
Table 2.2 Plant response by exposure to electric currents and low-intensity magnetic fields (Dannehl, 2018)	58
Table 2.3 Effects of electricity on germination, growth and harvest of okra	63
Table 4.1 Climate data specific to 2019	86
Table 4.2 Climate data specific to 2020	87
Table 4.3 Climate data specific to 2021	87
Table 5.1 Results regarding the influence of direct electric current on the amount of compounds with an antioxidant role (2019-2021)	106
Table 5.2 Ash, lipid and protein quantity of tomato fruits (2019-2021)	107
Table 5.3 Fiber composition and caloric energy of tomato fruit (2019-2021)	107
Table 5.4 Results regarding the potassium, calcium and magnesium content of fruits (2019-2021)	108
Table 5.5 Results of iron, zinc and sodium content of fruits (2019-2021)	108
Table 5.6 Results regarding the anti-nutrient content (phytate, tannins and oxalates) - 2019-2021	109
Table 5.7 6 Results regarding the anti-nutrient content (saponins, trypsin inhibitor and α -amylase inhibitor) - 2019-2021	109

LISTA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE PUBLICATE
LIST OF PUBLISHED SCIENTIFIC PAPERS

1. **Gheorghîtoae M.V.**, Bodale I, Achitei V, Teliban G.C., Cojocaru A, Caruso G, Mihalache G, Stoleru V. *Potential of Continuous Electric Current on Biometrical, Physiological and Quality Characteristics of Organic Tomato*. Applied Sciences. 2022; 12(9):4211. <https://doi.org/10.3390/app12094211> (ISI)
2. Stoleru V., Țenu I., Stan T., Muraru V., Teliban G.C., Cojocaru A., Bodale I., Cazacu A., Mihalache G., **Gheorghîtoae M.V.**, Achitei V., Pereș C.I., 2020. *Perspective moderne în fertirigarea legumelor din spații protejate*. Editura „Ion Ionescu de la Brad”, Iași. ISBN 978-973-147-365-9
3. Mihalache G., Pereș C.I., Bodale I., Achitei V., **Gheorghîtoae 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. doi: 10.3390/agronomy10121915 (ISI)
4. **Gheorghîtoae M.V.**, Achitei 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 pag 379-383 (ISI)
5. Achitei V., Bodale I., **Gheorghîtoae 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 pag 25-28 (BDI)
6. **Gheorghîtoae M.V.**, Achitei 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 pag 219-224 (BDI)
7. **Gheorghîtoae M.V.**, Achitei 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 pag 259-262 (BDI)
8. Achitei V., **Gheorghîtoae M.V.**, Teliban G.C., Cojocaru A., Stoleru V. *Preliminary results regarding the determination of the water supply of eggplants*. Lucrări științifice Vol. 61 Nr. 1 SERIA HORTICULTURĂ EDITURA “ION IONESCU DE LA BRAD” IAȘI 2018 pag 255-258 (BDI)

BREVET:

Stoleru V., Achitei V., **Gheorghîtoae M.V.**, Bodale I., Muraru V.M., *Procedeu și instalație de irigare a plantelor cu biosenzor*. Brevet de invenție nr. a 2020 00094 cu data de depozit 24/02/2020.

Participări simpozion:

1. Simpozion Horticultură, secțiunea Școli Doctorale – 27 noiembrie 2020 - **Gheorghitoaie M.V.**, Bodale I, Teliban G.C., Anghel R., Stoleru V.: *Agro-biological characteristics of tomatoes under the influence of continuous electric current.*
2. Simpozion ICFP – 5-6 nov 2020 - Mihalache G., Peres C., Bodale I., Achitei V., **Gheorghitoaie M.V.**, Gabriel Teliban G.C., Cojocaru A., Butnariu M., Muraru V., Stoleru V.: *Correlation of the Electrical Signal with the Nutritional and Antinutrient Value of Tomato Plants Under the Differentiated Influence of Chemical Fertilization*
3. Simpozion ICFP – 5-6 nov 2020 - **Gheorghitoaie M.V.**, Bodale I, Teliban G.C., Anghel R., Stoleru V. *Characteristics of Tomato Fruits under the Influence of Continuous Electric Current*
4. Simpozion International Scientific Congress – 17-19 oct 2019 - Bodale I., Cazacu A., Mihalache G., Pereș C., Teliban G.C., Cojocaru A., Achitei V., **Gheorghitoaie M.V.**, Munteanu N., Jităreanu G., Stoleru V. (pp.51), 2019: *Evaluation of the physiological activity using the electric signal in tomato plants generated by nitrogenous nutritional elements*
5. Simpozion International Scientific Congress – 17-19 oct 2019 - **Gheorghitoaie M. V.**, Achitei V., Bodale I., Teliban G. C., Stoleru V. (pp 50), 2019: *Optimization of tomato cultivation technology in protected areas through the use of continuous electric current*
6. Simpozion International Scientific Congress – 17-19 oct 2019 - Achitei V., Bodale I, **Gheorghitoaie M.V.**, Cazacu A., Teliban G. C., Cojocaru A., Stoleru V. (pp 50), 2019: *Possibility of using tomato plants as biosensor in the fertilization systems*
7. Simpozion International Scientific Congress – 17-19 oct 2019 - Bodale I., Mihalache G., Cazacu A., Achitei V., **Gheorghitoaie M.V.**, Teliban G.C., Cojocaru A., Filipov F., Stoleru V., (pp.47), 2019: *The electric signal measurements in tomato plants generated by the most important nutritional elements*

Premii:

1. Diplomă de excelență, medalie de argint, Stoleru V., Achitei 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 - iunie 2021.
2. 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.**, Achitei V., Pereș C.I. *Perspective moderne în fertirigarea legumelor în spații protejate.* Euro Invent Book Salon - mai 2021