

**UNIVERSITATEA PENTRU ȘTIINȚELE VIETII
“ION IONESCU DE LA BRAD” DIN IAȘI
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL: AGRONOMIE
SPECIALIZAREA: FIZIOLOGIA PLANTELOR**

Drd. Ing. Iulia MINEAȚĂ

TEZĂ DE DOCTORAT

**Conducător de doctorat,
Prof. univ. dr. Doina Carmenica JITĂREANU**

**UNIVERSITATEA PENTRU ȘTIINȚELE VIEȚII
“ION IONESCU DE LA BRAD” DIN IAȘI
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL: AGRONOMIE
SPECIALIZAREA: FIZIOLOGIA PLANTELOR**

TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI FIZIOLOGICE ȘI BIOCHIMICE LA
UNELE SOIURI DE CIREȘ ÎN CONTEXTUL
SCHIMBĂRILOR CLIMATICE**

**Conducător de doctorat,
Prof. univ. dr. Doina Carmenica JITĂREANU**

**Doctorand,
Ing. Iulia MINEAȚĂ**

Iași - 2024

**UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES
“ION IONESCU DE LA BRAD” IAȘI
DOCTORAL SCHOOL OF ENGINEERING SCIENCES
DOMAIN: AGRONOMY
SPECIALIZATION: PLANT PHYSIOLOGY**

DOCTORAL THESIS

**PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL
RESEARCHES ON SOME SWEET CHERRY
CULTIVARS IN THE CONTEXT OF
CLIMATE CHANGE**

**PhD. Coordinator,
Prof. PhD Doina Carmenica JIȚĂREANU**

**PhD. Student,
Iulia MINEAȚĂ**

Iași - 2024

CUPRINS

INTRODUCERE.....	11
REZUMAT.....	19
PARTEA I- STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII PRIVIND PROCESELE FIZIOLOGICE ȘI BIOCHIMICE IMPLICATE ÎN CULTURA CIREȘULUI SUB INFLUENȚA SCHIMBĂRILOR CLIMATICE	
CAPITOLUL I-CULTURA CIREȘULUI, PARTICULARITĂȚI FIZIOLOGICE ȘI BIOCHIMICE ALE SPECIEI.....	31
1.1. Importanța culturii cireșului și aria de răspândire.....	29
1.2. Bazele biochimice și fiziologice ale creșterii organelor aerene la cireș în contextul schimbărilor climatice.....	36
1.2.1. Fazele de vegetație și de fructificare la cireș.....	36
1.2.2. Formarea frunzelor și caracterizarea lor din punct de vedere morfologic.....	42
1.2.3. Procesul de fotosinteză.....	43
1.2.4. Procesul de transpirație.....	45
1.3. Modificări ale însușirilor fizice și biochimice ale fructului pe parcursul maturării.....	46
CAPITOLUL II-INFLUENȚA FACTORILOR CLIMATICI ASUPRA PROCESELOR FIZIOLOGICE LA CIREȘ.....	
2.1. Cerințele culturii cireșului față de factorii ecologici.....	53
2.2. Evaluarea modificărilor climatice ca factor de stres asupra proceselor fiziologice ale cireșului.....	57
2.2.1. Intensitatea luminii și rolul acesteia în cultura cireșului.....	58
2.2.2. Apa și stresul hidric în cultura cireșului.....	61
2.2.3. Temperatura și stresul termic.....	64
PARTEA A II-A-REZULTATELE CERCETĂRILOR PROPRII	
CAPITOLUL III-CONDIȚIILE ECOLOGICE ÎN CARE S-AU DESFĂȘURAT CERCETĂRILE.....	
3.1. Așezarea geografică, relief, hidrologie și vegetație.....	69
3.2. Condițiile climatice.....	71
3.2.1. Temperatura.....	72
3.2.2. Regimul pluviometric.....	74
3.2.3. Umiditatea relativă a aerului.....	77

3.3. Cuantificarea resurselor agroclimatice pentru cultura cireșului în anii de studiu la SCDP Iași.....	78
3.4. Cadrul instituțional și organizatoric unde s-au desfășurat cercetările.....	83
CAPITOLUL IV-SCOPUL, OBIECTIVELE, MATERIALUL ȘI METODOLOGIA DE CERCETARE.....	85
4.1. Scopul și obiectivele cercetărilor.....	85
4.2. Materialul biologic utilizat.....	86
4.2.1. Descrierea soiurilor luate în studiu.....	86
4.2.2. Descrierea tehnologiei de cultură, a portaltoiului și a formei de coroană.....	89
4.2.3. Descrierea spectrului fenologic al soiurilor luate în studiu în condițiile climatice din cadrul SCDP Iași.....	91
4.3. Metodele de cercetare utilizate.....	93
4.3.1. Metode de cercetare a proceselor fiziologice implicate în cultura cireșului.....	94
4.3.1.1. Determinarea procesului de fotosinteză.....	94
4.3.1.2. Determinarea procesului de transpirație.....	97
4.3.2. Metode de cercetare a proceselor biochimice din fruct.....	99
4.3.3. Interpretarea statistică a rezultatelor obținute.....	108
CAPITOLUL V-REZULTATE OBȚINUTE PRIVIND PROCESELE FIZIOLOGICE IMPLICATE ÎN CULTURA CIREȘULUI.....	109
5.1. Dinamica procesului fiziologic de transpirație la nivel foliar....	109
5.1.1. Ritmul de deshidratare.....	109
5.1.2. Conținutul total de apă.....	113
5.1.3. Conductanța stomatală la nivel foliar.....	115
5.1.4. Interdependența dintre factorii climatici și regimul de apă....	117
5.2. Dinamica procesului fiziologic de fotosinteză la nivel foliar...	121
5.2.1 Conținutul de clorofilă la nivel foliar.....	121
5.2.2. Conținutul de pigmenți clorofilieni la nivel foliar.....	125
5.2.3. Conținutul de pigmenți flavonoizi.....	130
5.2.4. Regimul de lumină la nivelul coronamentului	132
5.2.5. Interdependența dintre factorii climatici și indicatorii procesului de fotosinteză.....	135

CAPITOLUL VI-REZULTATE OBTINUTE PRIVIND EFECTUL FACTORILOR DE MEDIU ASUPRA PRINCIPALILOR PARAMETRI BIOCHIMICI DE CALITATE A FRUCTELOR PE PARCURSUL MATURĂRII....	139
6.1. Culoarea epidermei fructelor.....	139
6.2. Conținutul de substanță uscată solubilă.....	144
6.3. Conținutul de substanță uscată totală.....	146
6.4. Aciditatea totală și pH-ul din fructe.....	149
6.5. Conținutul de pigmenți pe parcursul maturării fructelor.....	152
6.5.1. Conținutul de pigmenți clorofilieni.....	154
6.5.2. Conținutul de pigmenți carotenoidici și antocianici.....	156
6.6. Conținutul de compuși fenolici.....	161
6.7. Conținutul de vitamina C.....	163
CAPITOLUL VII-CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI.....	165
BIBLIOGRAFIE.....	175
ANEXE.....	189

CONTENT

INTRODUCTION.....	15
ABSTRACT.....	25
PART I-THE CURRENT STATE OF KNOWLEDGE REGARDING THE PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROCESSES INVOLVED IN CHERRY CULTURE UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGES	
CHAPTER I- SWEET CHERRY CULTURE, PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SPECIES.....	31
1.1. Importance of sweet cherry culture and distribution area.....	29
1.2. Biochemical and physiological basis of sweet cherry organ growth in the context of climate change.....	36
1.2.1. Vegetation and fruiting phases at sweet cherry.....	36
1.2.2. Leaf formation and their morphological characterization.....	42
1.2.3. The photosynthesis process.....	43
1.2.4. The transpiration process.....	45
1.3. Changes in the physical and biochemical properties of the fruit during ripening.....	46
CHAPTER II-THE INFLUENCE OF CLIMATE FACTORS ON THE PHYSIOLOGICAL PROCESSES AT SWEET CHERRY....	53
2.1. Requirements of sweet cherry culture of ecological factors.....	53
2.2. Evaluation of climatic changes as a stress factor on the physiological processes of sweet cherry.....	57
2.2.1. Light intensity and its role in sweet cherry culture.....	58
2.2.2. Water and drought stress in sweet cherry culture.....	61
2.2.3. Temperature and heat stress.....	64
PART II - PERSONAL CONTRIBUTIONS	
CHAPTER III-THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN WHICH THE RESEARCH WAS CARRIED OUT.....	69
3.1. Geographical location, relief, hydrology and vegetation.....	69
3.2. Climatic conditions.....	71
3.2.1. Temperature.....	72

3.2.2. Pluviometric regime.....	74
3.2.3. The relative humidity of the air.....	77
3.3. Quantification of agroclimatic resources for sweet cherry culture during the study years at RSFG Iași.....	78
3.4. The institutional and organizational framework where the research was carried out.....	83
CHAPTER IV-PURPOSE, OBJECTIVES, MATERIAL AND RESEARCH METHODOLOGY.....	85
4.1. The purpose and objectives of the research.....	85
4.2. The biological material used.....	86
4.2.1. Description of the studied cultivars.....	86
4.2.2. Description of culture technology, rootstock and canopy shape.....	89
4.2.3. Description of the phenological spectrum of the studied cultivars in the climatic conditions of RSFG Iași.....	91
4.3. The research methods used.....	93
4.3.1. Research methods of physiological processes involved in sweet cherry culture.....	94
4.3.1.1. Determination of the photosynthesis process.....	94
4.3.1.2. Determination of the transpiration process.....	97
4.3.2. Research methods of biochemical processes in fruit.....	99
4.3.3. Statistical interpretation of the obtained results.....	108
CHAPTER V-RESULTS OBTAINED REGARDING PHYSIOLOGICAL PROCESSES INVOLVED IN SWEET CHERRY CULTURE.....	109
5.1.Dynamics of the physiological process of transpiration at leaf level.....	109
5.1.1.Dehydration rate.....	109
5.1.2. Total water content.....	113
5.1.3. Stomatal conductance at leaf level.....	115
5.1.4. The interdependence between climatic factors and the water regime.....	117
5.2. The dynamics of the physiological process of photosynthesis at leaf level.....	121
5.2.1. Chlorophyll content at leaf level.....	121
5.2.2. The content of chlorophyll pigments at leaf level.....	125
5.2.3. The content of flavonoid pigments.....	130
5.2.4. The light regime at the level of the canopy.....	132

5.2.5. Interdependence between climatic factors and indicators of the photosynthesis process.....	135
CHAPTER VI-RESULTS OBTAINED REGARDING THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE MAIN BIOCHEMICAL PARAMETERS OF FRUIT QUALITY DURING RIPENING.....	139
6.1. The color of the epidermis of the fruit.....	139
6.2. Soluble dry matter content.....	144
6.3. Total dry matter content.....	146
6.4. Total acidity and pH in fruit.....	149
6.5. Pigment content during fruit ripening.....	152
6.5.1. The content of chlorophyll pigments.....	154
6.5.2. The content of carotenoid and anthocyanin pigments.....	156
6.6. The content of phenolic compounds.....	161
6.7. Vitamin C content.....	163
CHAPTER VII- CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	170
BIBLIOGRAPHY.....	175
ANNEXES.....	189

INTRODUCERE

În România, pomicultura este una din principalele ramuri ale agriculturii iar faptul că teritoriul țării este situat la limita dintre zonele climatului temperat și a celui mediteranean face posibilă cultura a numeroase specii pomicole.

Dintre speciile de pomi fructiferi cultivate în țara noastră, cireșul (*Prunus avium* L., Genul *Prunus*, Familia *Rosaceae*) este considerată una dintre cele mai valoroase, datorită însușirilor prețioase ale fructelor sale. Dinamica accentuată a acestei specii a fost condiționată de importanța economică dată de însușirile nutritive, tehnologice și comerciale ale fructelor, găsind în România condițiile optime de desfășurare a potențialului său agrobiologic (Budan & Grădinariu, 2000).

Producția unei culturi pomicole este dependentă de factorul climă, o variabilă de mediu importantă. Mai mulți cercetători din întreaga lume au studiat astfel influența climei asupra ecosistemului global ca fiind unul dintre fenomenele cu cel mai mare impact asupra creșterii, dezvoltării și productivității diferitelor specii.

Ecofiziologia reprezintă studiul efectelor factorilor de mediu asupra fiziologiei plantelor iar cercetările ecofiziologice sunt efectuate pentru a descrie impactul mecanismelor fiziologice asupra creșterii, dezvoltării, producției și calității culturilor pomicole în interacțiune cu factorii de mediu fizici și biotici (Lambers ș.a., 2008; Fischer ș.a., 2016).

În ultimele decenii, schimbările climatice au devenit o realitate observată, fiind definite ca „schimbări pe termen lung a valorilor medii meteorologice care au ajuns să redefinească climatele locale, regionale și globale ale Pământului” (Roussos, 2020). Efectul major al schimbărilor climatice asupra culturilor de pomi fructiferi poate fi atribuit condițiilor meteorologice extreme, de creștere a temperaturii (încălzirea globală), variații ale precipitațiilor și o creștere a frecvenței de valuri de frig, zile de îngheț, secetă și inundații.

Studiile au sugerat că nu numai viitorul producției de fructe rămâne incert din cauza încălzirii globale și a precipitațiilor anormale, ci și calitatea acestora va fi afectată. În fața unor astfel de provocări la adresa producției mondiale de fructe, ar trebui cuantificată o evaluare științifică strategică de adaptare și atenuare a unor astfel de efecte.

Pentru a adapta culturile pomicole la aceste noi situații, este necesară o înțelegere completă a efectelor multiple ale schimbărilor climatice asupra proceselor fiziologice implicate (Swaminathan & Kesavan, 2012).

În acest context, cunoașterea și utilizarea cu maximă eficiență a resurselor climatice în domeniul agricol reprezintă o sursă importantă de sporire a producției și implicit a hranei, iar valorificarea întregului potențial agroclimatic de care dispune o regiune geografică, precum și cunoașterea potențialilor factori de risc care afectează

recolta, reprezintă o condiție de bază în dezvoltarea durabilă, sub aspect economic și social.

Lucrarea este structurată în două părți și se înscrie în categoria cercetărilor recente privind impactul schimbărilor climatice asupra unor procese fiziologice și biochimice a unor soiuri de cireș din cadrul Stațiunii de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură Iași. Prima parte cuprinde aspecte din literatura de specialitate cu privire la cultura cireșului și particularitățile ecofiziologice și biochimice ale speciei. De asemenea, este prezentat stadiul actual al cunoașterii privind cerințele culturii cireșului față de factorii climatici și influența acestora asupra proceselor fiziologice și biochimice.

Cea mai mare pondere a acestei lucrări o reprezintă partea a doua. Aici sunt cuprinse rezultatele cercetărilor proprii care au avut drept scop evaluarea sortimentului zonal de cireș sub aspectul indicilor fiziologici de la nivel foliar și al compușilor biochimici din fructe în contextul agroclimatic actual. Obiectivele stabilite în cadrul tezei au urmărit identificarea reacțiilor ecofiziologice ale unor soiuri de cireș în condițiile pedo-climatice din zona de Nord-Est a României prin metode de cercetare specifice.

Cercetările efectuate fac referire la un fenomen cu deosebită importanță practică: impactul schimbărilor climatice asupra vieții plantelor, tematica propusă înglobând observații și determinări interdisciplinare specifice de fiziologie a plantelor, pomicultură și biochimie a fructelor, precum și diseminarea rezultatelor obținute către sfera de dezvoltare a culturii cireșului din zonele de favorabilitate ale acestuia din România.

Elaborarea acestei lucrări de doctorat ar fi fost irealizabilă fără sprijinul, îndrumarea și coordonarea conducătorului științific, Prof. univ. dr. Doina Carmenica Jităreanu, care pe tot parcursul efectuării cercetărilor și a redactării lucrării mi-a oferit ajutorul competent, iar pe această cale îi adresez sincere și respectuoase mulțumiri.

Doresc să mulțumesc, cu respect deosebit domnului profesor univ. dr. Mihai Istrate, doamnei șef lucr. dr. Cristina Slabu și doamnei CS I dr. ing. Sorina Sîrbu, membrii comisiei de îndrumare din perioada de desfășurare a studiilor doctorale.

Mulțumiri respectuoase aduc și distinșilor referenți oficiali, pentru recomandările, observațiile și aprecierile făcute, care au avut amabilitatea de a evalua teza de doctorat.

Adresez alese cuvinte de mulțumire și conducerii Universității pentru Științele Vieții „Ion Ionescu de la Brad” din Iași, conducerii C.S.U.D și a Școlii Doctorale de Științe Inginerești, precum și a conducerii Facultății de Agricultură pentru susținerea pe parcursul anilor de studiu.

Totodată, adresez mulțumiri întregului colectiv de la disciplina de Fiziologia plantelor din cadrul USV Iași, pentru contribuțiile aduse în diverse etape de lucru, cât și pentru suportul oferit pe parcursul studiilor doctorale.

Mulțumiri aduc și doamnei conferențiar univ. dr. Otilia Cristina Murariu, pentru îndrumarea acordată în efectuarea analizelor biochimice și pentru sugestiile oferite.

Realizarea cercetărilor și a condițiilor tehnico-organizatorice de care am beneficiat mă determină să-mi exprim profunda recunoștință pentru conducerea Stațiunii de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură din Iași, în special domnului Director dr. ing. Gelu Corneanu. De asemenea, adresez mulțumiri colectivului SCDP Iași pentru sprijinul necondiționat și înțelegerea oferită.

Cele mai calde gânduri de mulțumire le adresez și familiei mele, pentru dragostea, susținerea și ajutorul permanent oferit în evoluția mea personală și profesională.

INTRODUCTION

In Romania, fruit growing is one of the main branches of agriculture and the fact that the country's territory is located on the border between the temperate and Mediterranean climate zones makes it possible to grow many fruit tree species.

Among the species of fruit trees cultivated in our country, the sweet cherry (*Prunus avium* L., Genus *Prunus*, Family *Rosaceae*) is considered one of the most valuable, due to the precious properties of its fruits. The accentuated dynamics of this species was conditioned by the economic importance given by the nutritional, technological and commercial properties of the fruit, finding in Romania the optimal conditions for the development of its agrobiological potential (Budan & Grădinariu, 2000).

The production of a fruit crop is dependent on the climate factor, an important environmental variable. Several researchers from around the world have thus studied the influence of climate on the global ecosystem as one of the phenomena with the greatest impact on the growth, development and productivity of different species.

Ecophysiology is the study of the effects of environmental factors on plant physiology and ecophysiological research is carried out to describe the impact of physiological mechanisms on the growth, development, production and quality of fruit crops in interaction with physical and biotic environmental factors (Lambers et al., 2008; Fischer et al., 2016).

In recent decades, climate change has become an observed reality, being defined as "long-term changes in average meteorological values that have come to redefine the Earth's local, regional and global climates" (Roussos, 2020). The major effect of climate change on fruit tree crops can be attributed to extreme weather conditions, increasing temperature (global warming), variations in precipitation and an increase in the frequency of cold waves, frost days, drought and floods.

Studies have suggested that not only the future of fruit production remains uncertain due to global warming and abnormal rainfall, but also their quality will be affected. In the face of such challenges to world fruit production, a strategic scientific assessment of adaptation and mitigation of such effects should be quantified.

To adapt fruit crops to these new situations, a full understanding of the multiple effects of climate change on the physiological processes involved is required (Swaminathan & Kesavan, 2012).

In this context, the knowledge and maximum efficient use of climatic resources in the agricultural field is an important source of increasing production and implicitly of food and capitalizing on the entire agro-climatic potential available to

a geographical region, as well as knowledge of the potential risk factors that affect the harvest, represents a basic condition in sustainable development, from an economic and social point of view.

The paper is structured in two parts and belongs to the category of recent research on the impact of climate change on some physiological and biochemical processes of some sweet cherry cultivars within the Research Station for Fruit Growing Iași. The first part includes aspects from the specialized literature regarding sweet cherry culture and the ecophysiological and biochemical peculiarities of the species. Also, the current state of knowledge regarding the requirements of the sweet cherry crop against climatic factors and their influence on physiological and biochemical processes is presented.

The largest share of this work is the second part. Here are included the results of our own research aimed at evaluating the zonal assortment of sweet cherry in terms of physiological indices at the leaf level and biochemical compounds from the fruits in the current agroclimatic context. The objectives established in the thesis sought to identify the ecophysiological reactions of some sweet cherry cultivars in the pedo-climatic conditions of the North-Eastern area of Romania through specific research methods.

The research carried out refers to a phenomenon of particular practical importance: the impact of climate change on plant life, the proposed theme encompassing observations and specific interdisciplinary determinations of plant physiology, fruit growing and fruit biochemistry, as well as the dissemination of the results obtained to the sphere of sweet cherry culture development from its favorability areas in Romania.

The development of this doctoral thesis would have been unachievable without the support, guidance and coordination of the scientific leader, Professor PhD. Doina Carmenica Jităreanu, who provided me with competent help throughout the research and writing of the paper, and for this I express my sincere and respectful thanks.

I would like to thank, with special respect, Mr. Professor PhD. Mihai Istrate, Ms. Lecturer PhD. Cristina Slabu and Ms. Senior researcher PhD. Sorina Sîrbu, members of the guidance committee during the period of the doctoral studies.

I also offer respectful thanks to the distinguished official referees, for the recommendations, observations and assessments made, who were kind enough to evaluate the doctoral thesis.

I would also like to express my thanks to the management of the "Ion Ionescu de la Brad" Iași University of Life Sciences, the management of C.S.U.D. and the Doctoral School of Engineering Sciences, as well as the management of the Faculty of Agriculture for their support during the years of study.

At the same time, I would like to thank the entire collective from the discipline of Plant Physiology at USV Iași, for the contributions made in various stages of work, as well as for the support offered during the doctoral studies.

I would also like to thank the Ms. Lecturer PhD. Otilia Cristina Murariu, for her kind support in performing the biochemical analyzes and for the suggestions offered.

The realization of the research and the technical-organizational conditions that I have benefited from leads me to express my deep gratitude for the management of the Research Station for Fruit Growing Iași, especially to Mr. PhD. Eng. Gelu Corneanu. I also thank the SCDP Iași collective for their unconditional support and understanding.

My warmest thoughts of thanks also go to my family, for their love, support and constant help in my personal and professional development.

REZUMAT

Cuvinte cheie: cireș, fotosinteză, regim de apă, fenofază, calitatea fructelor.

În ultimele decenii, schimbările climatice au devenit o realitate observată, fiind definite ca „schimbări pe termen lung a valorilor medii meteorologice care au ajuns să redefinească climatele locale, regionale și globale ale Pământului”. Efectul major al schimbărilor climatice asupra culturilor de pomi fructiferi poate fi atribuit condițiilor meteorologice extreme, de creștere a temperaturii (încălzirea globală), variații ale precipitațiilor și o creștere a frecvenței de valuri de frig, zile de îngheț, secetă și inundații.

Producția unei culturi pomicole este dependentă de factorul climă, o variabilă de mediu importantă. Mai mulți cercetători din întreaga lume au studiat astfel influența climei asupra ecosistemului global ca fiind unul dintre fenomenele cu cel mai mare impact asupra creșterii, dezvoltării și productivității diferitelor specii.

Dintre speciile de pomi fructiferi cultivate în țara noastră, cireșul (*Prunus avium* L., Genul *Prunus*, Familia *Rosaceae*) este considerată una dintre cele mai valoroase, datorită însușirilor prețioase ale fructelor sale, constituind de asemenea, prima verigă din lanțul anual al producției de fructe. Acesta întâlnește în țara noastră condiții optime de manifestare a potențialului său agrobiologic, cu posibilitatea de a valorifica zonele colinare de stepă și silvo-stepă. Dinamica accentuată a acestei specii a fost condiționată de importanța economică dată de însușirile nutritive, tehnologice și comerciale ale fructelor, găsind în România condițiile optime de desfășurare a potențialului său agrobiologic. Precocitatea speciei, randamentul de producție și lipsa alternanței de rodire conferă acestei specii pomicole un loc prioritar în suprafața cultivată, cu tendințe continue de extindere.

Tendențele și orientările în cazul cercetării pomicole de cultivare durabilă a culturii cireșului urmăresc în ultimii ani, în principal, impactul schimbărilor climatice, precum și procesele fiziologice cheie în ciclul de producție al cireșelor.

Situația actuală și de perspectivă, precum și rezultatele cercetărilor anterioare au constituit factori dinamizatori pentru continuarea și aprofundarea cercetărilor la specia cireș în zona țării noastre.

Teza de doctorat intitulată „**Cercetări fiziologice și biochimice la unele soiuri de cireș în contextul schimbărilor climatice**” integrează particularitățile fiziologice și biochimice ale unor soiuri de cireș din cadrul Stațiunii de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură din Iași pentru evidențierea gradului de favorabilitate în circumstanțele condițiilor climatice în perpetuă schimbare.

Studiul a fost efectuat în perioada 2021-2023 și a vizat îmbunătățirea sortimentului zonal de cireș, printr-o mai bună înțelegere a mecanismelor fiziologice

implicate în cultura pomilor fructiferi în contextul schimbărilor climatice actuale, pentru care au fost stabilite următoarele obiective:

- Identificarea influenței factorilor climatici asupra proceselor fiziologice la cireș în diferite stadii fenologice pe parcursul sezonului de vegetație;
- Evaluarea impactului condițiilor climatice tot mai schimbătoare asupra principalelor fenofaze, a capacității de adaptare precum și a îmbunătățirii potențialului agroproductiv al unor soiuri de cireș;
- Studiul dinamicii de acumulare a principalilor compuși biochimici din fructele de cireș pe parcursul creșterii, dezvoltării și maturării acestora, sub impactul condițiilor climatice actuale;
- Utilizarea unor metode de cercetare specifice în vederea evaluării unor procese fiziologice și biochimice la unele soiuri de cireș în contextul agroclimatic actual.

Cercetările experimentale s-au efectuat în cadrul unei microculturi comparative de concurs aflată în Poligonul Experimental al Stațiunii de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură Iași iar materialul biologic utilizat este reprezentat de 3 soiuri de cireș cu epoci distincte de maturare a fructelor, din care 2 soiuri românești, create și omologate de către SCDP Iași și unul de proveniență străină, de relevanță internațională.

Teza de doctorat este structurată în două părți și cuprinde șapte capitole la care se adaugă partea bibliografică și anexele. În cadrul lucrării sunt incluse un număr de 11 tabele, 81 de figuri și peste 200 de titluri bibliografice.

Partea I a lucrării cuprinde introducerea și stadiul actual al cunoașterii din literatura de specialitate cu privire la cultura cireșului și influența condițiilor climatice asupra proceselor fiziologice și biochimice ale speciei în două capitole generale (I-II).

Capitolul I este alcătuit din trei subcapitole principale și sintetizează importanța și aria de răspândire a culturii cireșului, bazele biochimice și fiziologice ale creșterii organelor aeriene la cireș în contextul schimbărilor climatice și modificările însușirilor fizice și biochimice ale fructului pe parcursul procesului de maturare.

Totodată, în cadrul acestui capitol sunt prezentate stadiile de vegetație și de fructificare precum și principalele procese fiziologice implicate în cultura cireșului.

Capitolul II are două subcapitole principale și cuprinde o sinteză a cercetărilor cu privire la problematica abordată, cu referire specială la cerințele culturii cireșului față de factorii ecologici și evaluarea schimbărilor climatice actuale ca factor de stres asupra proceselor fiziologice. În acest capitol este prezentat stadiul actual al cercetărilor în identificarea și evaluarea factorilor de stres asupra proceselor fiziologice la specia pomicolă cireș precum și strategiile de adaptare și atenuare a acestora.

Partea a II-a a tezei cuprinde rezultatele cercetărilor proprii și este structurată în cinci capitole generale (III-VII).

Capitolul III descrie cadrul ecologic în care s-au desfășurat cercetările sub aspectul așezării geografice, a factorilor geomorfologici și de mediu și a cuantificării resurselor agroclimatice pentru cultura cireșului în anii de studiu.

Cadrul instituțional și organizatoric unde s-au desfășurat cercetările este reprezentat de Stațiunea de Cercetare – Dezvoltare pentru Pomicultură Iași, care se plasează din punct de vedere agricol în Regiunea pomicolă a XI-a (Câmpia Moldovei). Cuantificarea condițiilor climatice în anii de studiu în cadrul SCDP Iași din zona în care s-a desfășurat studiul se încadrează în contextul privind încălzirea globală prin creșterea temperaturii medii anuale, distribuție anormală sau deficit major al precipitațiilor, dar în același timp corespunde și cerințelor limită a cireșului față de factorii agroclimatici.

Capitolul IV prezintă scopul, obiectivele, materialul biologic și metodologia de cercetare din cadrul studiului. Cercetările efectuate în perioada 2021-2023 în vederea elaborării tezei de doctorat au avut drept scop evaluarea unor procese ecofiziologice și biochimice a unor soiuri de cireș din cadrul SCDP Iași în contextul schimbărilor climatice actuale. Materialul biologic utilizat este reprezentat de 3 soiuri de cireș din sortimentul național și internațional (*Van*, *Andreiaș* și *Margonia*) altoiți pe un portaltol de vigoare mare (*Prunus mahaleb* L.) și dirijați sub formă de coroană de tip vas ameliorat. Soiurile studiate din experiență sunt organizate pe variante a câte trei repetiții, așezarea fiind în blocuri randomizate.

În vederea îndeplinirii obiectivelor propuse în realizarea tezei de doctorat s-au efectuat determinări și analize fiziologice și biochimice privind regimul de apă și desfășurarea procesului de fotosinteză a soiurilor de cireș luate în studiu, precum și evoluția calității fructelor pe parcursul procesului de maturare, în corelație cu factorii meteorologici și fenologici. De asemenea, metodologia generală de cercetare a cuprins studiul bibliografic, observația în vederea înregistrării stadiilor fenologice BBCH (Meier, 2001) în care au fost efectuate determinările și analizele de laborator, studiul de caz asupra resurselor climatice, precum și analiza statistică și sinteza rezultatelor obținute.

Capitolul V, intitulat „Rezultate obținute privind procesele fiziologice implicate în cultura cireșului” cuprinde datele proprii obținute și interpretarea statistică a ritmului de deshidratare, a conținutului total de apă și conductanța stomatală, a conținutului de pigmenți clorofilieni și flavonoizi la nivel foliar, regimul de lumină la nivelul coronamentului, precum și interdependența dintre factorii climatici și procesele de transpirație și de fotosinteză. Protocolul experimental s-a bazat pe asocierea factorială între două poziții de prelevare a probelor de la nivelul coroanei (interior, exterior), însumând șase variante, în trei stadii fenologice: (după Meier, 2001): înflorire deplină (65 BBCH), creșterea fructelor, la aproximativ jumătate din dimensiunea finală (75 BBCH) și maturarea fructelor (89 BBCH).

În sinteza rezultatelor obținute cu privire la regimul de apă pe parcursul studiului s-a evidențiat faptul că ritmul de deshidratare la nivel foliar a crescut progresiv de la fenofaza de înflorire până la maturarea fructelor iar probele experimentale de frunze din exteriorul coroanei au prezentat un ritm de deshidratare mai intens comparativ cu frunzele din interiorul coroanei. Starea de hidratare la nivel foliar a înregistrat valori peste 50% și a depins de condițiile climatice și mai puțin de soi sau fenofază. Valorile obținute reliefează un conținut de apă cuprins între 65,97% (la soiul *Van*) și 70,70% (*Margonia*). Conductanța stomatală se intensifică, de asemenea, în timpul fenofazei de maturare a fructelor.

Între cei doi ani de studiu s-a constatat faptul că în anul 2023 **procesul de transpirație** a fost mai redus comparativ cu anul 2022, dar s-a menținut constant pe parcursul întregului sezon de vegetație la toate variantele experimentale, deși din punct de vedere climatic s-au cuantificat precipitații mult mai reduse cantitativ. În stabilirea relației de interdependență dintre factorii climatici și regimul de apă s-au obținut coeficienți de corelație pozitivi, distinct și foarte semnificativi.

Analiza comparativă a **activității fotosintetice** pe parcursul sezonului de vegetație evidențiază o creștere progresivă însă cu diferențe semnificative între cei doi ani luați în studiu în stadiul de maturare a fructelor, condițiile climatice ale anului 2023 impunând o intensificare a proceselor fiziologice.

Frunzele de cireș la soiurile luate în studiu devin competente din punct de vedere fotosintetic încă de la începutul creșterii lor iar pe parcursul sezonului de vegetație, conținutul de clorofilă are valori maxime în fenofaza de maturare a fructelor. Conținutul total de pigmenți clorofilieni determinați prin metoda spectrofotometrică a urmat o dinamică ascendentă de la stadiul de înflorire (11,01 $\mu\text{g/mL}$), urmată de perioada creșterii fructelor (12,63 $\mu\text{g/mL}$) și perioada de maturare (20,57 $\mu\text{g/mL}$). Soiul *Margonia* s-a evidențiat prin capacitatea maximă de absorbție a luminii și de valorificare a acesteia în vederea adaptării la factorii de stres climatici precum și obținerea unei producții calitative și cantitative.

În ceea ce privește conținutul de pigmenți flavonoizi, cele trei soiuri de cireș s-au manifestat diferențiat în raport cu activitatea mecanismelor de rezistență la stresul hidric și termic în cele trei fenofaze. Cele trei soiuri au avut valori situate între 3,0 și 5,0 $\mu\text{g/mL}$ în perioada de maturare a fructelor, ceea ce exprimă o bună capacitate de adaptare a aparatului foliar la condițiile de stres hidric și termic care au avut loc în perioada de vegetație a celor doi ani (2022-2023).

Dinamica intensității luminii pe parcursul sezonului de vegetație a fost ascendentă odată cu creșterea și în final maturarea fructelor iar soiul *Andreiaș* a captat cea mai mare intensitate luminoasă la nivelul coronamentului pe parcursul sezonului de vegetație. Prin corelarea intensității luminii cu pigmenții clorofilieni și cei flavonoizi s-a evidențiat faptul că în condițiile climatice ale anului 2023 gradul de interdependență dintre radiația activ fotosintetică și conținutul de pigmenți a fost foarte semnificativ.

Capitolul VI cuprinde rezultatele obținute și interpretate statistic privind efectul factorilor de mediu asupra principalilor parametri biochimici de calitate a fructelor pe parcursul maturării. Dinamica de acumulare a principalilor compuși biochimici a fost monitorizată pe parcursul a două stadii fenologice: când fructele au 90% din mărimea finală și încep să se coloreze (79BBCH) și la maturitatea deplină (89BBCH), cu probe prelevate atât de la periferia coroanei cât și din interiorul acesteia.

Evoluția indicilor biochimici și fiziologici de calitate a fructelor în anii de studiu au vizat: analiza culorii epidermei, determinarea conținutului de substanță uscată solubilă, de substanță uscată totală, determinarea pH-ului și a acidității totale, a conținutului de pigmenți clorofilieni, antociani, caroten și licopen precum și a compușilor fenolici și de vitamina C.

Parametrii de culoare a^* și b^* au înregistrat creșteri în funcție de culoarea genetică a soiului: valori mai mari a parametrului a^* pentru variantele cu fructe roșii și o creștere a parametrului b^* pentru variantele cu fructe galbene. Parametrii cromatici au avut valori mai ridicate la variantele din interiorul coroanei, comparativ cu partea periferică a acesteia.

Conținutul de substanță uscată solubilă a avut valori medii de 11,42°Brix în stadiul de pre-maturare și a crescut exponențial până la valori maxime de 20,66 °Brix la soiul *Andreiaș* în perioada de maturare deplină. Reducerea perioadei dintre fenofaze din cursul anului 2022 a condus la o acumulare mai redusă de zaharuri solubile, comparativ cu cea din anul 2023. Variațiile conținutului de substanță uscată a fructelor au fost similare în condițiile climatice a celor doi ani de studiu, având o tendință de creștere de 35% de la stadiul de pre-maturare (9,29%) la cel de maturare deplină (12,49%).

Valoarea medie a pH-ului fructelor de cireș pe parcursul studiului a fost de 3,87 iar în anul 2023 nu a fost influențată de procesul de maturare. Aciditatea titrabilă a fructelor a avut valori medii de 0,73 mg acid malic·100 g⁻¹ în stadiul de pre-maturare și de 1,13 mg acid malic·100 g⁻¹ în stadiul de maturare. Variațiile factorilor climatici ale anului 2023, a condiționat și valori mai mari ale acidității titrabile la fructe.

Conținutul de pigmenți clorofilieni (clorofila *a* și *b*) din fructe a oscilat în cadrul studiului în funcție de soi, de fenofază dar și de condițiile climatice anuale. Variantele experimentale au înregistrat un conținut de pigmenți verzi maxim la soiul *Margonia* (10,45 mg·100 g⁻¹), urmând o curbă descendentă în timpul maturării fructelor, până la valori minime cuprinse între 0,43 și 1,64 mg·100 g⁻¹. Conținutul în pigmenți conferă culoarea fructelor și este o trăsătură genetică și un important constituent al valorii sale nutritive. Astfel, culoarea cireșelor se schimbă în mod evident în timpul maturării, datorită degradării pigmentilor fotosintetici și biosinteza pigmentilor antocianici. La variantele și soiurile cu fructe roșii, conținutul în antociani a crescut în medie de la 1,25 la 37,9 mg·100 g⁻¹ (*Andreiaș*). Diferențele au

fost semnificative statistic atât între soiuri, cât și între zonele de coroană, ceea ce sugerează influența luminii solare asupra concentrației de antociani. Anul de monitorizare nu a influențat acumularea conținutului de antociani.

Variația conținutului de polifenoli din fructe a depins în principal de factorii climatici din perioada sezonului de vegetație dar și de zona de amplasare în coroană, fructele din partea internă având o capacitate antioxidantă superioară. Valorile maxime ale acestui parametru au fost înregistrate în stadiul de pre-maturare, cuprins între 144,5 și 244,5 mg GAE/100 g⁻¹, scăzând la maturitate deplină până la valori cuprinse între 55,9 și 93,1 mg GAE/100 g⁻¹. Vitamina C a avut valori de 7,75 mg·100 g⁻¹ în perioada de pre-maturare, cu o creștere semnificativă în perioada de maturare, până la 17,6 mg·100 g⁻¹. Soiul care s-a evidențiat cu cel mai ridicat conținut de vitamina C în condițiile celor doi ani de studiu a fost *Margonia*.

Procesele care au loc începând din stadiul de creștere al fructelor și până în momentul recoltării acestora au implicat numeroase modificări ale trăsăturilor de calitate, puternic influențate de variația condițiilor climatice, soi și tehnologia de cultură aplicată.

Teza de doctorat se finalizează cu un capitol destinat concluziilor și a recomandărilor pentru conturarea unor perspective viitoare atât pentru cercetare, cât și pentru producția de fructe.

Bibliografia însumează un număr de 212 titluri din literatura de specialitate de la nivel național și internațional.

ABSTRACT

Keywords: sweet cherry, photosynthesis, water regime, phenophase, fruit quality.

In recent decades, climate change has become an observed reality, defined as "long-term changes in average meteorological values that have come to redefine Earth's local, regional, and global climates". The major effect of climate change on fruit tree crops can be attributed to extreme weather conditions, increasing temperature (global warming), variations in precipitation and an increase in the frequency of cold waves, frost days, drought and floods.

The production of a fruit crop is dependent on the climate factor, an important environmental variable. Several researchers from around the world have thus studied the influence of climate on the global ecosystem as one of the phenomena with the greatest impact on the growth, development and productivity of different species.

Among the species of fruit trees cultivated in our country, the sweet cherry (*Prunus avium* L., Genus *Prunus*, Family *Rosaceae*) is considered one of the most valuable, due to the precious properties of its fruits, also constituting the first link in the annual chain of production of fruits. It meets in our country optimal conditions for the manifestation of its agrobiological potential, with the possibility of exploiting the hilly steppe and silvo-steppe areas. The accentuated dynamics of this species was conditioned by the economic importance given by the nutritional, technological and commercial properties of the fruit, finding in Romania the optimal conditions for the development of its agrobiological potential. The precocity of the species, the production yield and the lack of alternation of fruiting give this fruit species a priority place in the cultivated area, with continuous expansion trends.

Trends and directions in the case of horticultural research of sustainable cultivation of the sweet cherry culture in recent years mainly follow the impact of climate change as well as the key physiological processes in the production cycle of cherries.

The current and perspective situation, as well as the results of previous researches, were stimulating factors for the continuation and deepening of research on the sweet cherry species in the area of our country.

The doctoral thesis entitled "**Physiological and biochemical research on some sweet cherry cultivars in the context of climate change**" integrates the physiological and biochemical characteristics of some sweet cherry cultivars from the Research Station for Fruit Growing in Iași in order to highlight the degree of favorability under the circumstances of the climatic conditions in perpetual change.

The study was carried out in the period 2021-2023 and aimed at improving the zonal assortment of cherry, through a better understanding of the physiological mechanisms involved in the culture of fruit trees in the context of current climate changes, for which the following objectives were established:

- Identifying the influence of climatic factors on physiological processes in sweet cherry trees in different phenological stages during the growing season;
- Evaluation of the impact of increasingly changing climatic conditions on the main phenophases, the ability to adapt as well as the improvement of the agro-productive potential of some sweet cherry cultivars;
- The study of the dynamics of the accumulation of the main biochemical compounds in sweet cherry fruits during their growth, development and maturation, under the impact of the current climatic conditions;
- The use of specific research methods in order to evaluate some physiological and biochemical processes in some sweet cherry cultivars in the current agroclimatic context.

The experimental researches were carried out within a comparative microculture contest located in the Experimental Site of the Iasi Research Station for Fruit Growing and the biological material used is represented by three sweet cherry cultivars with distinct fruit ripening periods, of which two Romanian cultivars, created and approved at RSFG Iași and one of foreign origin, of international relevance.

The doctoral thesis is structured in two parts and includes seven chapters to which the bibliographic part and appendices are added. The work includes a number of 11 tables, 81 figures and over 200 bibliographic titles.

Part I of the work includes the introduction and the current state of knowledge from the specialized literature regarding sweet cherry culture and the influence of climatic conditions on the physiological and biochemical processes of the species in two general chapters (I-II).

Chapter I consists of three main sub-chapters and summarizes the importance and spread area of cherry culture, the biochemical and physiological bases of the growth of aerial organs in sweet cherry in the context of climate change and the changes in the physical and biochemical properties of the fruit during the ripening process.

At the same time, this chapter presents the vegetation and fruiting stages as well as the main physiological processes involved in sweet cherry culture.

Chapter II has two main sub-chapters and includes a synthesis of research on the issue addressed, with special reference to the requirements of sweet cherry culture in relation to ecological factors and the evaluation of current climate changes as a stress factor on physiological processes. This chapter presents the current state of research in the identification and evaluation of stress factors on physiological

processes in the sweet cherry tree species, as well as their adaptation and mitigation strategies.

Part II of the thesis includes the results of own research and is structured in five general chapters (III-VII).

Chapter III describes the ecological framework in which the research was carried out in terms of geographical location, geomorphological and environmental factors and the quantification of agroclimatic resources for sweet cherry culture during the years of study.

The institutional and organizational framework where the researches were carried out is represented by the Research Station for Fruit Growing Iași, which is placed from an agricultural point of view in the 11th Fruit tree growing Region (Moldova Plain). The quantification of the climatic conditions during the study years within the RSFG Iași in the area where the study was carried out falls within the context of global warming by increasing the average annual temperature, anomalous distribution or major deficit of precipitation, but at the same time it also corresponds to the limit requirements of the sweet cherry on top by agroclimatic factors.

Chapter IV presents the purpose, objectives, biological material and research methodology of the study. The research carried out in the period 2021-2023 in order to develop the doctoral thesis aimed to evaluate some ecophysiological and biochemical processes of some sweet cherry cultivars from RSFG Iași in the context of current climate changes. The biological material used is represented by 3 cultivars of sweet cherry from the national and international assortment (*Van*, *Andreiaș* and *Margonia*) grafted on a rootstock of great vigor (*Prunus mahaleb* L.) and directed in the form of an improved vase-type crown. The studied cultivars from the experience are organized according to variants of three repetitions, the arrangement being in randomized blocks.

In order to fulfill the objectives proposed in the realization of the doctoral thesis, physiological and biochemical determinations and analyzes were carried out regarding the water regime and the development of the photosynthesis process of the sweet cherry cultivars taken in the study, as well as the evolution of the fruit quality during the ripening process, in correlation with meteorological and phenological factors. Also, the general research methodology included the bibliographic study, the observation in order to record the phenological stages of BBCH (Meier, 2001) in which the laboratory determinations and analyzes were carried out, the case study on climatic resources, as well as the statistical analysis and the synthesis of the obtained results.

Chapter V, entitled "**Results obtained regarding the physiological processes involved in cherry culture**" includes the own data obtained and the statistical interpretation of the rate of dehydration, of the total water content and stomatal conductance, of the content of chlorophyll pigments and flavonoids at leaf level, the light regime at the canopy level, as well as the interdependence between

climatic factors and the processes of transpiration and photosynthesis. The experimental protocol was based on the factorial association between two sampling positions from the crown level (inner, outer), totaling six variants, in three phenological stages: (after Meier, 2001): full flowering (65 BBCH), fruit growth, at about half final size (75 BBCH) and fruit ripening (89 BBCH).

In the synthesis of the results obtained regarding the water regime during the study, it was highlighted that the rate of dehydration at the foliar level increased progressively from the flowering phenophase to the ripening of the fruits, and the experimental samples of leaves from the outside of the crown showed a rate of dehydration more intense compared to the leaves inside the crown. The hydration status at leaf level recorded values above 50% and depended on climatic conditions and less on cultivar or phenophase. The values obtained highlight a water content between 65.97% (*Van* cultivar) and 70.70% (*Margonia*). Stomatal conductance also intensifies during the fruit ripening phenophase.

Between the two years of the study, it was found that in 2023 the transpiration process was reduced compared to 2022, but it remained constant throughout the entire growing season in all experimental variants, although from a climatic point of view they were quantified much less quantitative precipitation. Positive, distinct and highly significant correlation coefficients were obtained in establishing the interdependence relationship between climatic factors and the water regime.

The comparative analysis of the photosynthetic activity during the growing season highlights a progressive increase but with significant differences between the two years studied in the fruit ripening stage, the climatic conditions of 2023 requiring an intensification of physiological processes.

The sweet cherry leaves of the studied cultivars become photosynthetically competent from the beginning of their growth and during the growing season, the chlorophyll content has maximum values in the phenophase of fruit ripening. The total content of chlorophyll pigments determined by the spectrophotometric method followed an upward trend from the flowering stage (11.01 µg/mL), followed by the period of fruit growth (12.63 µg/mL) and the ripening period (20.57 µg) /mL). The *Margonia* cultivar stood out for its maximum light absorption capacity and its utilization in order to adapt to climatic stress factors as well as to obtain a qualitative and quantitative production.

With regard to the content of flavonoid pigments, the three sweet cherry cultivars manifested themselves differently in relation to the activity of resistance mechanisms to water and thermal stress in the three phenophases. The three cultivars had values between 3.0 and 5.0 µg/mL during the fruit ripening period, which expresses a good capacity to adapt the leaf apparatus to the water and thermal stress conditions that occurred during the period of vegetation of the two years (2022-2023).

The dynamics of the light intensity during the growing season was upward with the growth and finally the ripening of the fruits and the *Andreiaș* cultivar captured the highest light intensity at the level of the crown during the growing season. By correlating the light intensity with the chlorophyll and flavonoid pigments, it was highlighted that in the climatic conditions of the year 2023, the degree of interdependence between the active photosynthetic radiation and the content of pigments was very significant.

Chapter VI includes the results obtained and statistically interpreted regarding the effect of environmental factors on the main biochemical parameters of fruit quality during ripening. The dynamics of accumulation of the main biochemical compounds was monitored during two phenological stages: when the fruits are 90% of their final size and start to color (79BBCH) and at full maturity (89BBCH), with samples taken both from the periphery of the crown and from within it.

The evolution of the biochemical and physiological indices of fruit quality in the years of study concerned: the analysis of the color of the epidermis, the determination of the content of soluble dry substances, of total dry substances, the determination of pH and total acidity, the content of chlorophyll pigments, anthocyanins, carotene and lycopene as well as phenolic compounds and vitamin C.

The color parameters a^* and b^* showed increases depending on the genetic color of the cultivar: higher values of the a^* parameter for red-fruited variants and an increase of the b^* parameter for yellow-fruited variants. The chromatic parameters had higher values for the variants inside the crown, compared to its peripheral part.

The content of soluble dry matter had average values of 11.42°Brix in the pre-ripening stage and increased exponentially to maximum values of 20.66°Brix in the *Andreiaș* cultivar in the full ripening period. The reduction of the period between phenophases during the year 2022 led to a lower accumulation of soluble sugars, compared to the year 2023. The variations in the dry matter content of the fruits were similar in the climatic conditions of the two years of the study, having a tendency of 35% increase from the pre-ripening stage (9.29%) to the full-ripening stage (12.49%).

The average value of the pH of the sweet cherry fruits during the study was 3.87 and in 2023 it was not influenced by the ripening process. The titratable acidity of the fruits had average values of 0.73 mg malic acid·100 g⁻¹ in the pre-ripening stage and 1.13 mg malic acid·100 g⁻¹ in the ripening stage. Variations in the climatic factors of 2023 also conditioned higher values of titratable acidity in fruits.

The content of chlorophyll pigments (chlorophyll *a* and *b*) in the fruit fluctuated during the study depending on the cultivar, the phenophase and the annual climatic conditions. The experimental variants recorded a maximum content of green pigments in the *Margonia* cultivar (10.45 mg·100 g⁻¹), following a downward curve during fruit ripening, to minimum values between 0.43 and 1.64 mg·100 g⁻¹. The

pigment content gives the fruit its color and is a genetic trait and an important constituent of its nutritional value. Thus, the color of cherries obviously changes during ripening, due to the degradation of photosynthetic pigments and the biosynthesis of anthocyanin pigments. In the variants and cultivars with red fruits, the anthocyanin content increased on average from 1.25 to 37.9 mg·100 g⁻¹ (*Andreiaş*). The differences were statistically significant both between cultivars and between crown areas, suggesting the influence of sunlight on anthocyanin concentration. The year of monitoring did not influence the accumulation of anthocyanin content.

The variation in the content of polyphenols in the fruits depended mainly on the climatic factors during the growing season but also on the location in the crown, the fruits in the inner part having a higher antioxidant capacity. The maximum values of this parameter were recorded in the pre-ripening stage, between 144.5 and 244.5 mg GAE/100 g⁻¹, decreasing at full maturity to values between 55.9 and 93.1 mg GAE /100 g⁻¹. Vitamin C had values of 7.75 mg·100 g⁻¹ in the pre-ripening period, with a significant increase in the ripening period, up to 17.6 mg·100 g⁻¹. The cultivar that stood out with the highest vitamin C content under the conditions of the two years of study was *Margonia*.

The processes that take place starting from the growth stage of the fruits until the time of their harvesting involve numerous changes in the quality traits, strongly influenced by the variation of the climatic conditions, the variety and the culture technology applied.

The PhD thesis concludes with a chapter dedicated to conclusions and recommendations for outlining future perspectives for both research and fruit production.

The bibliography includes a number of 212 titles from national and international specialized literature.

CAPITOLUL I

CULTURA CIREȘULUI, PARTICULARITĂȚI FIZIOLOGICE ȘI BIOCHIMICE ALE SPECIEI

CHAPTER I

SWEET CHERRY CULTURE, PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SPECIES

1.1. Importanța culturii cireșului și aria de răspândire

Cireșul (*Cerasus avium* L. sau *Prunus avium* L.) aparține din punct de vedere sistematic familiei *Rosaceae*, subfamilia *Prunoideae*, genul *Cerasus*, specia *avium*. Este o specie pomicolă cu o deosebită importanță economică, dată de însușirile nutritive, tehnologice și comerciale ale fructelor.

Cultura cireșului reprezintă o activitate comercială foarte eficientă, aproape fără concurență din partea altor specii pomicole, fiind prima verigă din lanțul anual al producției de fructe, asigurând continuitate pe piață începând cu luna mai și până în luna august (Budan & Grădinariu, 2000).

Cireșele sunt primele fructe proaspete ale anului, cu un aspect atractiv, gust plăcut, răcoritor și un conținut nutritiv și fitochimic important care oferă beneficii fiziologice pentru sănătatea umană.

Fructele sunt destinate atât consumului în stare proaspătă, cât și prelucrării industriale sub formă de sucuri, compoturi, siropuri, dulceturi, gemuri, produse de cofetărie și patiserie, băuturi alcoolice iar destinația de valorificare a cireșelor se stabilește în funcție de caracteristicile fructului (Beceanu, 2009).

Compoziția biochimică, precum și însușirile fizice ale fructului (mărime, culoare, fermitatea pulpei, raportul sâmbure-pulpă) sunt principalele criterii în funcție de care se stabilește destinația de valorificare. Valorile proprietăților fizice dar și compoziția biochimică pot fi variabile în funcție de soi, condițiile climatice anuale și măsurile agrotehnice aplicate (Quero-Garcia ș.a., 2017).

Importanța alimentară deosebită a cireșelor este determinată în principal de compoziția biochimică (tabelul 1.1), depășind toate speciile pomicole în ceea ce privește conținutul de zaharuri totale (7,7-18,2%), reprezentate de glucide sub formă de glucoză (0,06-2,70%), fructoză (0,05-7,20%) și zaharoză (0,01- 10,50%) (Burzo ș.a., 1999).

În determinarea gustului plăcut al fructelor contribuie și aciditatea, acidul malic reprezentând peste 98% din conținutul total de acizi organici prezenți în cireșe, urmat de acidul citric, ascorbic și fumaric. Pentru cireșe, aciditatea totală are valori medii cuprinse între 0,3 și 1,36 g acid malic/100 g fruct (Hayaloglu & Demir, 2015).

Conținutul de substanțe minerale este la cireșe în medie de 0,19-0,62% și cuprinde calciu (10,0-20,0 mg/100 g fruct), potasiu (200,0- 260,0 mg/100 g), fosfor (15,0-18,0 mg/100g), magneziu (8,0-13,0 mg/100g), fier (0,5 mg/100g) (Quero-Garcia ș.a., 2017) (tabelul 1.2).

Tabelul/ Table 1.1

**Compoziția biochimică a fructelor de cireș/
The biochemical composition of sweet cherry fruits**
(Budán & Grădinariu, 2000)

Componente biochimice	Valori (%)
Substanța uscată totală	10,79 - 24,7
Zaharuri totale	7,7 - 18,2
Aciditate totală	0,3 - 1,36
pH	3,7- 4,2
Substanțe pectice	0,06 – 0,4
Substanțe tanoide	0,05 – 1,3
Vitamina C	0,40 – 16,8
Săruri minerale	0,19 – 0,62
Apă	75,3 – 89,21
Valoare energetică (Kcal)	43,16 – 98,40

Tabelul/ Table 1.2

**Conținutul în vitamine și substanțe minerale ale fructelor de cireș/
The vitamin and mineral content of sweet cherry fruits**
(Budán & Grădinariu, 2000)

Vitamine	Valori (mg/100g fruct)	Elemente minerale	Valori (mg/100g fruct)
Vitamina C	4,0-29,0	K	110,0-250,0
Vitamina E	2,24	Ca	8,0-32,0
Vitamina A	0,5	Mg	3,0-13,0
Vitamina B1	0,05	P	10,0-39,0
Vitamina B2	0,05	Fe	0,15-1,15
		Cu	0,08-0,52
		Zn	0,06-0,24

Valoarea culturii cireșului se datorează și tehnologiei de cultură, relativ simplă, cu o producție abundentă anuală, valorificând bine terenuri și amplasamente variate.

Cireșul este utilizat, de asemenea, la amenajări ale spațiilor verzi, ca delimitări de contur sau alinamente, datorită portului înalt, longevității, dar și abundența și aspectul florilor.

Lemnul de cireș este foarte apreciat în industria mobilei ca furnir, în timp ce pedunculul florilor este utilizat ca preparat fitofarmaceutic la tratarea bolilor renale.

Cultivarea cireșului este totuși o cultură pomicolă cu risc ridicat de pierderi, fiind susceptibilă la mulți dăunători și boli, precum și la daune cauzate de condițiile climatice precum: temperaturile scăzute ale iernii, înghețurile de primăvară din cauza înfloririi timpurii, umiditatea ridicată ce cauzează fenomenul de crăpare al fructelor din timpul maturării ș.a. (Quero-Garcia ș.a., 2017).

Ca loc de origine geografică a speciei cireș se consideră a fi regiunea cuprinsă între Marea Neagră și Marea Caspică, de unde a migrat pe teritoriul Europei probabil prin intermediul păsărilor, sub formă de sâmburi.

De asemenea, se precizează că prima formă diploidă a genului *Prunus* a apărut spontan în Asia Centrală, din această specie ancestrală derivând ulterior cireșul și vișinul (Olden & Nybon, 1968).

O altă ipoteză a originii acestei specii a fost emisă de Vavilov (1951), conform căreia, cireșul și vișinul s-au format în zonele înalte ale Orientului Apropiat, respectiv Iran, Turkmenistan, Transcaucazia și Asia Mică, zone unde factorii climatici au favorizat apariția variabilității genetice și hibridări naturale.

Astfel, se consideră că speciile genului *Prunus* s-au format și diversificat în trei centre principale, numite de origine sau genice: centrul transcaucazian, de unde provin *P. avium*, *P. vulgaris* și *P. fruticosa*, centrul chinezesc, în care își au originea *P. tomentosa* și probabil *P. fruticosa* și centrul nord-american, din care provin speciile *P. besseyi*, *P. pensylvanica*, *P. virginiana* (Ștefan ș.a., 2018).

De asemenea, se apreciază că cireșele erau folosite în alimentația omului cu aproximativ 4000- 6000 de ani î.Hr., însă cultura cireșului și vișinului își face apariția mult mai târziu, cu 2500 de ani în urmă (Zohary & Hopf, 2000).

În prezent, cireșul este răspândit pe o mare suprafață a globului, începând din Asia Mică până în India, de la Peninsula Scandinavică până la Marea Mediterană și chiar în nordul Africii. În stare sălbatică, se întâlnește la altitudini de până la 1 500 m.

Deși cultura cireșului este răspândită în toate continentele, centrul de greutate se regăsește în Europa unde este produsă peste 65% din producția mondială care însumează o producție de 2,77 milioane de tone pe o suprafață de 454.664 hectare, cu o continuă tendință de creștere (FAO, 2022).

Liderul la nivel global în ceea ce privește cultura cireșului este Turcia, urmată de Iran, Statele Unite ale Americii, Italia, Spania, Chile și Ucraina.

Producția de cireșe din Turcia este în continuă creștere, furnizând astfel principalele piețe de desfacere din Europa, SUA și China. Aproape 70-80% din

cultura cireșului din Turcia este bazată pe soiurile *0900 Ziraat* și *Regina*, utilizând ca și portaltoi *Prunus mahaleb* L. sau *Prunus avium* L..

Succesul dezvoltării culturii cireșului se datorează, pe lângă climatului ideal, măsurilor aduse la nivel educațional și de marketing în ceea ce privește tehnologia de cultură și de post-recoltare bine dezvoltată și bine organizată, forța de muncă, precum și excelenta logistică pentru export (Long ș.a., 2014).

Cele mai mari state producătoare de cireșe din SUA sunt Washington, California, Oregon și Michigan, utilizând ca și soiuri principale: *Bing*, *Burlat*, *Rainier*, *Lapins*, *Regina*, *Kordia*, altoite preponderent pe *Prunus avium*, *Gisela 5* și *Gisela 6* (Quero Garcia ș.a., 2017).

În Asia, principalii producători sunt Iran (120 000 t/an), China (30 000 t/an) și Japonia cu 16 500 t/an. În emisfera sudică, principalul producător este Chile cu aproximativ 60 000 t/an, dublându-și suprafața cultivată de cireș în ultimii ani.

La nivel european, în ultimii 5 ani, cei mai mari producători de cireșe sunt Polonia, Italia și Spania. Germania s-a aflat pe locul al patrulea mulți ani la rând, dar în ultimii trei ani această poziție a fost ocupată de Grecia și Ungaria, urmate de România. Producția totală de cireșe din Europa se cifrează la aproximativ 786 mii tone (FAO, 2022). Spania este cel mai mare exportator, datorită recoltei sale timpurii, iar Italia este cel mai mare consumator de cireșe proaspete.

Totodată, conform statisticilor, se observă o scădere cu aproximativ 5% a producției de cireșe a țărilor Uniunii Europene, deși suprafața cultivată de aceasta specie pomicolă rămâne constantă, având o valoare de 170 800 hectare (USDA-FAS, 2022).

Situția culturii cireșului în România

Condițiile pedoclimatice din țara noastră sunt deosebit de favorabile pentru cultura cireșului. Astfel, arealul de răspândire al culturii cireșului pe teritoriul țării noastre este destul de mare, fiind întâlnit în majoritatea zonelor pomicole și pe toate formele de relief, ceea ce demonstrează o mare plasticitate ecologică a speciei (Istrate ș.a., 2016).

Cultura cireșului în România, deși are o vechime apreciabilă, o lungă perioadă de timp a fost limitată ca extindere, valorificându-se cantități reduse de fructe, plantațiile de cireș tinere reprezentând aproximativ 12% din suprafața totală de plantații. În 1990, România avea o producție de cireșe de 39 100 tone destinată pentru consum proaspăt în proporție de 74% și pentru prelucrare de 24%, cu export foarte mic, de doar 2% (Webster & Looney, 1996).

În ultimii ani volumul de producere a cireșelor în România s-a redus la jumătate. Livezile au fost defrișate și o mare parte din infrastructura de producere a fost distrusă. Cu toate acestea, producția este relativ ridicată în livezile rămase și a păstrat România printre primii zece producători de cireșe din lume (Long ș.a., 2014).

În ultimii 10 ani, România se află pe locul opt în plan mondial (după Turcia, SUA, Iran, Polonia, Italia, Spania și Chile), însumând o producție 74 305 tone.

Producția națională actuală de cireșe prezintă o tendință de creștere. Potrivit datelor statistice existente privind suprafețele în ha, în anii 2020-2022, cireșul deține 3 340 ha, cu o producție medie de 37 500 tone, ocupând locul trei după prun și măr (FAO, 2022).

Deși cultura cireșului este prezentă în toată țara, datorită unor condiții climatice favorabile s-a produs o concentrare în județele Iași, Botoșani, Bacău, Vrancea, Buzău, Prahova, Argeș și Vâlcea, respectiv în zona colinară și subcarpatică din N-E țării (Budan, 1995).

Județul Iași este cel mai mare producător de cireșe din țară. Ca urmare a analizei factorilor naturali, economici, tehnici și sociali s-au delimitat câteva microzone, bazine sau centre pomicole, din care fac parte comunele Comarna, Costuleni, Tomești, Bălțați, Ceplenița, Cotnari și Strunga.

Principalele soiuri de cireș utilizate sunt *Van*, *Stella*, *Boambe de Cotnari*, *Kordia*, *Hedelfinger*, *Germersdorf*, *Rivan* alături de noi creații românești, soiuri brevetate și omologate la institutele și stațiunile de cercetare din țară din Bistrița, Pitești și Iași, altoite pe portaltoi de tip *Prunus avium* L. (60% din producție), *Prunus mahaleb* L. (30%) și *Gisela 5* (Istrate ș.a., 2008).

Din producția totală, aproximativ 75% este destinată consumului direct, în stare proaspătă, iar 23% pentru industrializare. Numai o mică parte, de aproximativ 2% se exportă sub formă de fructe proaspete în țări ca Germania, Ungaria, Austria și Italia.

Principalele obiective de ameliorare sortimentală sunt autofertilitatea, calibrul mare al fructelor, vigoarea mică a pomilor și compactitatea coroanei, lărgirea perioadei de recoltare și consum, precocitate de rodire, calitatea și fermitatea superioară a fructelor, pretabilitatea la recoltarea mecanizată, rezistența la antracnoză, monilioză, ger și crăpare a fructelor și tardivitatea înfloritului.

Progresul științific înregistrat în cazul cercetării pomicole permite ca prin utilizarea unor practici moderne biotehnologice să se depășească unele limitări ale metodelor de ameliorare convenționale, realizându-se astfel evoluția și diversitatea sortimentului de cireș, îmbunătățirea însușirilor calitative și cantitative, creșterea producției și dezvoltarea modernă a tehnicilor de cultură (Ștefan ș.a., 2018).

Tendențele și orientările de cultivare durabilă a culturii cireșului urmăresc în ultimii ani în principal impactul schimbărilor climatice, precum și procesele fiziologice cheie în ciclul de producție al cireșelor.

În prezent, principalele strategii de dezvoltare sunt genetice, de creare a noi genotipuri cu trăsături pentru rezistența la stresul biotic (dăunători) sau abiotic (condițiile climatice de mediu) iar una din provocările considerabile va fi de a descoperi dacă există surse de rezistență sau toleranță în genomul cireșului sau pot fi introduse și obținute prin noi tehnici de editare a genelor pentru a modifica selectiv reacțiile biochimice.

1.2. Bazele biochimice și fiziologice ale creșterii organelor aeriene la cireș în contextul schimbărilor climatice

Speciile pomicele sunt organisme vegetale perene alcătuite din soi și portaltoi, adică două genotipuri în interacțiune, care sunt puternic influențate de mediul în care trăiesc, timp în care se succed cicluri anuale, fiecare dintre ele implicând numeroase procese fiziologice de creștere și etape de dezvoltare.

Din aceste considerente, în condițiile unei variații accentuate a factorilor de vegetație, sunt determinate modificări în aspectul morfologic și particularitățile fiziologice specifice creșterii și dezvoltării (Chițu ș.a., 2010).

1.2.1. Fazele de vegetație și de fructificare la cireș

Ca și la celelalte specii pomicele, desfășurarea diferitelor fenofaze fluctuează de la an la an și sunt puternic influențate de variațiile factorilor de mediu, îndeosebi de temperatură. Înregistrările pe termen lung ale datelor fenologice sunt valoroase deoarece pot fi utilizate pentru a estima influența variațiilor climatice asupra dezvoltării plantelor și asupra sincronizării ciclurilor de viață (Blanke & Kunz, 2009).

Monitorizarea stadiilor fenologice este utilizată în vederea caracterizării soiurilor, întrucât acestea diferă în funcție de genotip, condiții climatice și poziția geografică.

Cunoașterea parcursului de vegetație al soiurilor de cireș reprezintă un deziderat major și o condiție de bază în zonarea soiurilor în vederea valorificării potențialului biologic de producție (Fouché, 2023).

Fenologia cuprinde fazele de vegetație și de fructificare a unei specii și a fost definită ca fiind totalitatea observațiilor și investigațiilor momentelor sezoniere al evenimentelor ciclului de viață și modul în care acestea sunt determinate de variațiile climei (Fadón ș.a., 2015).

În ultimele decenii, a fost propus și constituit un sistem de codificare numeric unificat de caracterizare a întregului ciclu de dezvoltare pentru o gamă largă de culturi (Lancashire ș.a., 1991; Hack ș.a., 1992), atât pentru culturile erbacee, cât și pentru cele lemnoase, inclusiv pentru genul *Prunus* (tabelul 1.3) (Meier, 2001).

Adaptarea codului BBCH la cireș este utilă, atât în determinarea momentelor optime pentru realizarea tratamentelor agronomice (Leather, 2010), cât și pentru a evalua adaptarea anumitor soiuri la diferite condiții, facilitând studiile cu privire la schimbările climatice.

Stadiile fenologice acoperă întreg ciclu anual începând cu repausul vegetativ al mugurilor (00 BBCH) și finalizându-se cu fenofaza de cădere totală a frunzelor (97 BBCH).

Mugurii la cireș intră în stadiul de repaus după ce au fost diferențiați în vara precedentă, după maturarea fructelor, iar dezvoltarea acestora are loc în primăvara următoare, odată cu pornirea în vegetație (Fadón ș.a., 2015).

Tabelul/ Table 1.3

Stadiile fenologice la speciile de sâmburoase, după codul BBCH/
The phenological stages of the stone fruit species, according to the BBCH code
 (Meier, 2001)

COD	DESCRIERE FENOLOGICĂ
Stadiul 0 : Dezvoltare muguri	
00	Stadiul de repaus
01	Începutul umflării mugurilor vegetativi
03	Sfârșit de umflare a mugurilor: muguri de culoare verde deschis
09	Vârfurile frunzelor devin vizibile
Stadiul 1: Dezvoltarea frunzelor	
10	Apariția primelor frunze
11	Primele frunze dezvoltate, axa lăstarilor este în curs de dezvoltare
19	Apariția primelor frunze complete
Stadiul 3: Dezvoltarea lăstarilor	
31	Începutul creșterii lăstarilor: încep să devină vizibile axele lăstarilor
32	Lăstarii ajung la aproximativ 20% din dimensiunea finală
33	Lăstarii ajung la aproximativ 30% din dimensiunea finală
39	Lăstarii ajung la aproximativ 90% din dimensiunea finală
Stadiul 5: Apariția inflorescențelor	
51	Umflarea mugurilor floriferi
53	Stadiul de dez mugurit
54	Inflorescențe închise
56	Florile se despart în inflorescențe, pedicelul florilor este alungit
57	Sepalele sunt deschise: vârful petalelor devin vizibile, flori încă închise
59	Florile sunt în stadiul de balon florifer
Stadiul 6: Înflorirea	
60	Primele flori încep să se deschidă
61	Începutul înfloririi: aproximativ 10% din flori sunt deschise
62	Aproximativ 20% din flori sunt deschise
64	Aproximativ 40% din flori sunt deschise
65	Înflorire completă: cel puțin 50% din flori sunt deschise, iar primele petale cad
67	Decolorarea petalelor florilor: majoritatea petalelor sunt căzute
69	Sfârșitul înfloririi: toate petalele sunt căzute
Stadiul 7: Dezvoltarea fructelor	
71	Creșterea ovarelor; are loc prima rărire fiziologică a fructelor
73	A doua cadere fiziologică a fructelor

75	Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală
77	Fructul are aproximativ 70% din dimensiunea finală
79	Fructul are aproximativ 90% din dimensiunea finală
Stadiul 8: Maturitatea fructelor și a semințelor	
81	Începutul colorării fructelor
85	Colorare avansată
87	90% din fructe sunt ajunse la maturitate
89	Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum: fructele au gust și fermitate tipică
Stadiul 9: Maturarea țesuturilor și pregătirea pomilor pentru iernare, formarea mugurilor vegetativi și diferențierea mugurilor de rod	
Stadiul 10: Senescență, începutul repausului	
91	Creșterea lăstarilor a fost finalizată; frunzele sunt în continuare complet verzi
92	Frunzele încep să se decoloreze
93	Începutul căderii frunzelor
95	50% din frunze decolorate sau căzute
97	Toate frunzele sunt căzute

Pornirea în vegetație (umflarea mugurilor)

După durata repausului de iarnă, cireșul ocupă o poziție intermediară față de celelalte specii pomice principale. Primăvara pornește în vegetație mai târziu decât caisul și corcodușul, dar mai devreme decât vișinul, prunul și mărul (Chmielewski ș.a., 2004).

Ieșirea din repausul vegetativ, respectiv pornirea în vegetație este determinată de realizarea unei sume a temperaturilor active (care depășesc pragul biologic al speciei) și se caracterizează din punct de vedere fiziologic și biochimic, prin modificarea balanței hormonale în favoarea hormonilor stimulatori de creștere (auxine, gibereline, citochinine) (Andreini ș.a., 2009; Cortes & Gratacos, 2008; Zavalloni ș.a., 2006). De asemenea are loc și creșterea conținutului de apă, deplasmoliza celulelor, hidroliza enzimatică a substanțelor organice din vasele conducătoare urmată de activarea reacțiilor metabolice. Conținutul de substanță uscată solubilă scade, cel de apă crește și se intensifică procesul de respirație. Această fenofază poate dura de la 4 la 29 de zile și este dependentă de temperatură (Allderman ș.a., 2011; Luedeling, 2012).

Dezmuguritul

Cercetări efectuate prin metoda acumulării unei sume de grade de temperatură arată că fenofaza de dezmugurit se produce la acumularea de 126-179°C, temperaturi medii zilnice care variază de la 5°C (Wenden ș.a., 2016) la 8°C (Chuine, 2000) și are loc de obicei începând cu 20 și 22 martie (în funcție de soi), cu

prelungire chiar și cu 30 de zile. La speciile sâmburoase, dez muguritul durează între 15 și 17 zile (Paltineanu & Chitu, 2020).

Înflorirea

Cireșul face parte din categoria speciilor pomicele care înfloresc atunci când frunzele sunt foarte slab dezvoltate.

Florile cireșului sunt așezate câte 2-3 într-o inflorescență, iar acestea sunt așezate câte 3-4 pe un buchet de mai și pe ramuri mijlocii. Dacă se ia în considerare numărul mugurilor floriferi de pe un pom, aproximativ 70% se află pe buchete de mai, iar restul de 30% pe ramuri mijlocii. Mugurii floriferi se formează la cireș numai la baza frunzelor complet dezvoltate în prima parte a verii. Perioada de înflorire variază în funcție de soi și se produce la acumularea de aproximativ 207- 296°C temperaturi medii zilnice mai mari de 8°C (Budan & Grădinaru, 2000).

Începutul înfloritului corespunde cu momentul în care 12-15% din florile de pe un pom sunt deschise, maximul înfloritului se consideră când peste jumătate din flori au corola complet deschisă, iar sfârșitul înfloritului atunci când 95-100% din flori sunt deschise.

În condițiile climatice ale României, înflorirea cireșului se produce începând cu a doua decadă a lunii aprilie, până în prima decadă a lunii mai și durează între 10 și 20 de zile, iar florile de cireș sunt apte pentru fecundare după trei zile de la înflorirea în masă (Bound & Miller, 2016).

Floarea are cel mai ridicat conținut în elemente nutritive față de oricare parte a pomului (Șișcanu & Druță, 1995).

Înflorirea este marcată de eliberarea polenului din antere, de macrosporogeneză, aceste modificări structurale făcând posibilă desfășurarea procesului de polenizare, urmat de cel de fecundare și formare a fructelor. Înflorirea și legarea fructelor se realizează prin intermediul substanțelor de rezervă depozitate în țesuturi (muguri, ramuri). Ca urmare, numărul de viitoare fructe legate depinde preponderent de nivelul substanțelor de rezervă acumulate în vara precedentă, accidentele climatice, precum și de condițiile meteorologice din timpul înfloririi, care condiționează polenizarea și fecundarea florilor (Fadón ș.a., 2015).

Polenizarea cireșului este încrucișată, entomofilă la majoritatea soiurilor. Un factor important de obținere a unui nivel rezonabil de recoltă este asigurarea interpolenizării și o simultaneitate a înfloritului a soiurilor utilizate.

De asemenea, fructele legate prezintă trei valuri de cădere fiziologică, dintre care primele două sunt mai importante. Căderea fiziologică a fructelor coincide cu fazele lor de creștere. În primul val de cădere fiziologică cad 31%, în al doilea 24% și în al treilea 2,5% de fructe. Numeroase cercetări au demonstrat că aceste căderi fiziologice sunt cauzate de unele modificări biochimice incomplet cunoscute. S-a constatat că valurile successive ale căderii fructelor coincid cu momentele când producția de hormoni este minimă (Lenahan & Whiting, 2006; Lech ș.a., 2008).

Dirijarea căderilor fiziologice a fructelor realizată prin tratamente cu substanțe hormonale (acizi giberelinici) sau substanțe pe bază de fosfor și potasiu constituie procedee tehnologice moderne pentru reglarea încărcăturii de rod a pomilor (Parnia, 1981).

Creșterea lăstarilor

Creșterea intensivă a lăstarilor are loc în condițiile din România începând cu luna aprilie, cu devansare în unii ani până în prima decadă a lunii iunie (Ștefan ș.a., 2018). Conform dinamicii de acumulare a pigmentilor în timpul fenofazei de creștere a lăstarilor, urmat de formarea aparatului foliar și a creșterii intense a frunzelor și lăstarilor, se constată că are loc o activitate fiziologică intensă. Cantitatea de clorofilă este relativ constantă și crește spre sfârșitul perioadei de vegetație (Șișcanu & Druță, 1995; Webster & Looney, 1996).

În frunzele apicale ale lăstarilor, în fenofaza creșterii lor, cantitatea de glucide reducătoare scade, iar cea de zaharoză este mai ridicată. Acest lucru confirmă că activitatea indicelui clorofilic este mai intensă în vârful ramurilor. Valorile acestui indice au fost mai mari la frunzele lăstarilor anuali, comparativ cu ramurile multianuale (Șișcanu ș.a., 2013).

Creșterea fructelor

Procesul de creștere al fructelor se desfășoară din punct de vedere fiziologic pe parcursul a două etape. În prima etapă au loc modificări mici ale masei și volumului fructelor datorate proceselor de diviziune a celulelor ovarului și a receptaculului precum și a celulelor din ovule, care vor forma ulterior semințele. Cea de a doua etapă, numită extensia celulară, începe la sfârșitul diviziunii celulare și se prelungește până la maturarea completă a fructelor (Quero Garcia ș.a., 2017).

Dinamica creșterii fructelor de cireș urmează o curbă dublu sigmoidă. Etapa I (3-4 săptămâni după polenizare) se caracterizează prin diviziune și expansiune celulară rapidă, ducând la o creștere exponențială a dimensiunii fructului. Etapa II (2-3 săptămâni) care implică stagnarea creșterii, lignificarea pericarpului semințelor și dezvoltarea embrionului, este crucială pentru structura fructului. Etapa III (3-4 săptămâni până la maturitate) este marcată de o nouă perioadă de expansiune celulară rapidă, încheindu-se cu atingerea dimensiunii finale și coacerea fructului. Modelul de creștere dublu sigmoid are două vârfuri de creștere în Etapa I și Etapa III, și o fază de stagnare în Etapa II (Olmstead ș.a., 2007; Vignati ș.a., 2022). Rata zilnică de creștere variază în funcție de soi și de condițiile pedoclimatice, iar dimensiunile fructelor depind de măsurile agrotehnice utilizate: tăieri, răririi chimice, fertilizare, irigare etc. precum și de corelația dintre numărul de frunze și fructe, între creșterile vegetative și de fructificare (la cireș, raportul optim de frunze/fruct este de minim 1/5) (Burzo ș.a., 1999).

Întreg parcursul perioadei de creștere a fructului este acționat de balanța hormonală dintre stimulatori și inhibitori (auxine, citochinine, gibereline) (Burzo ș.a., 1999; Lenahan, 2006; Toma & Jităreanu, 2007; Zhang & Whiting, 2011).

Maturarea fructelor

Etapa de maturare a fructelor este cea mai importantă etapă din timpul dezvoltării fructelor (denumită și starea de climaterix) și reprezintă faza de maturare comercială a fructului, în care acesta are culoarea, gustul și mirosul specifice pentru cea mai bună calitate de consum (Toma & Jităreanu, 2007).

Necesarul de căldură de la perioada de înflorire și până la maturarea fructelor este de aproximativ 460-670°C pentru soiurile cu maturare timpurie, 720-810°C pentru soiurile semitimpurii, 810-950°C pentru soiurile medii și 1050-1150°C pentru cele târzii (Sîrbu ș.a., 2016; Chmielewski & Götz, 2016).

Maturarea fructelor are loc eșalonat în funcție de soi și condițiile climatice din anul de referință. Maturarea fructelor poate avea loc de la începutul decadei a doua a lunii mai și până la prima decadă a lunii august. Pentru soiurile timpurii, de la înflorire și până la maturarea fructelor sunt necesare 35-38 de zile, iar pentru soiurile târzii până la 60-65 zile (Long ș.a., 2014).

Procesul de maturare al fructelor se caracterizează prin modificarea însușirilor fiziologice, biochimice și morfologice care servesc ca indicatori pentru stabilirea momentului optim de recoltare și consum.

Diferențierea mugurilor și repausul vegetativ

Diferențierea organelor florale este un proces ciclic determinat de ansamblul de modificări citologice, fiziologice și biochimice din timpul perioadei de vegetație. La cireș, perioada dintre începutul și sfârșitul procesului de diferențiere a mugurilor floriali variază în funcție de soi de la 86 la 112 de zile (Baciu, 2005).

Procesul de diferențiere a mugurilor floriali este coordonat genetic în mod similar și la pomii fructiferi, fiind identificate genele ale căror expresie determină formarea primordiilor sepalilor, petalelor, staminelor și pistilului. Se consideră că la cireș are loc, în funcție de soi, la mijlocul lunii iunie - mijlocul lunii iulie, iar rata de dezvoltare a mugurilor este accelerată de timpul de expunere a speciei la temperaturi ridicate în timpul acestui proces (Beppu ș.a., 2001; Koutinas ș.a., 2010).

După diferențierea mugurilor de rod la cireș, urmează o perioadă latentă denumită convențional repaus biologic, timp în care pomii își reduc la maximum funcțiile fiziologice, fără ca ele să înceteze complet. Intrarea în repaus a organelor aeriene este determinată de scăderea temperaturii sub +5°C, reducerea intensității luminii precum și a duratei intensității radiației solare din lunile septembrie-octombrie (Parnia ș.a., 1985; Burzo ș.a., 1999). În aceste condiții, în frunze se formează acidul abscisic, care induce în celule o stare latentă, blochează și reduce intensitatea respirației și stagnează diviziunea celulară.

Momentul intrării în repausul vegetativ are loc treptat și este indicat de îngălbenirea și căderea frunzelor, care are loc la sfârșitul lunii octombrie - începutul lunii noiembrie. În această perioadă, procesul de acumulare a hidraților de carbon se intensifică și scade procentul de apă din țesuturi. Schimbările anatomice care determină creșterea rezistenței la ger constau în creșterea permeabilității celulare,

creșterea presiunii osmotice ca urmare a transformării amidonului în zaharuri solubile și diminuarea volumului vacuolar (Fadón ș.a., 2015; Fouché, 2023).

1.2.2. Formarea frunzelor și caracterizarea lor din punct de vedere morfologic

Frunzele reprezintă principalul organ al proceselor fiziologice de fotosinteză, respirație și transpirație, dar și în numeroase procese biochimice precum: reducerea nitraților, depozitarea substanțelor minerale, ascensiunea sevei brute, depozitarea unor compuși organici ș.a. (Burzo ș.a., 1999).

Frunzele se formează prin intermediul activității meristemului apical, situat la capătul ramificațiilor coroanei. Creșterea frunzelor are loc în lungime și suprafață prin intermediul diviziunii celulelor din meristemul de pe marginea limbului, denumit și meristem lateral și a extensiei celulare (Sams & Flore, 1982; Burzo ș.a., 1999).

Elaborarea formei finale a frunzei depinde de oprirea procesului de diviziune celulară, precum și de sintetizarea giberelinei și a citochininelor, care au un efect marcant asupra creșterii mezofilului foliar (Hay ș.a., 2004). Auxinele au rol în creșterea nervurilor și în extensia celulară.

Activitatea funcțională a primelor frunze dezvoltate este de scurtă durată, de aceea formarea noilor frunze pe parcursul întregii perioade de vegetație contribuie la menținerea aparatului fotosintetic în stare activă o perioadă mai îndelungată. Acest lucru are o mare importanță pentru cireș, întrucât perioada lui de vegetație durează aproximativ 250 zile, iar capacitățile epigenetice joacă un mare rol în activitatea fotosintetică și productivitatea plante (Gonçalves ș.a., 2008).

Creșterea frunzelor poate fi reprezentată sub forma unei curbe sigmoide (Kennedy & Johnson, 1981). Creșterea este lentă în primele 30 de zile de la fenofaza de dezmugurit, intensă în următoarele 40 de zile și scade după aproximativ 90 de zile de la dezmugurit (Cittadini ș.a., 2008).

Ritmul de creștere al frunzelor la cireș este rapid și variază în funcție de poziția pe plantă. Frunzele de pe piteni cresc cel mai rapid, în doar 3 săptămâni de la pornirea în vegetație (Lauri & Claverie, 2005) iar populațiile de frunze provin din trei tipuri de lăstari: lăstarii terminali lungi, pitenii de pe lăstarii anuali și pitenii fructiferi de pe lăstarii parentali de doi sau mai mulți ani (Lang ș.a., 2004).

Din punct de vedere morfologic, frunzele de cireș variază în funcție de soi dar ca și caractere principale; acestea sunt simple, mari, având un limb în medie cu lungimea de 100-120 mm și lățimea de 50-60 mm, de formă obovată sau eliptică, cu vârful acuminat iar marginile limbului pot fi serate sau dublu serate, uneori crenate. Pețiolul este în medie de 35-40 mm, potrivit de gros, drept, cu 2- 3 glande nectarifere de culoare roșie-violacee, la distanțe variabile de la baza limbului (Budan & Grădinariu, 2000).

În secțiune transversală, prin limbul foliar se observă epiderma superioară acoperită de cuticulă, parenchimul palisadic bogat în cloroplaste și parenchimul lacunar, situat în afara liniei axiale și care este acoperit de epiderma inferioară (Roper & Kennedy, 1986).

Caracterele morfologice (suprafața foliară și indicele suprafeței foliare) sunt condiționate de măsurile agrotehnice (densitate de plantare, tipul de coroană) și cantitatea de radiații fotosintetic active recepționate (Ljubojevic ș.a., 2016).

Suprafața foliară a cireșului poate varia în funcție de soi (Gonçalves ș.a., 2008), poziția în pom (Bondarenko, 2019), precum și portaltolul utilizat (Webster, 1995). Un portaltol de vigoare mică scade și disponibilitatea apei, ceea ce duce la o dimensiune mai redusă și a frunzelor (Cittadini & Peri, 2006).

Indicele suprafeței foliare reprezintă raportul dintre suprafața totală a frunzelor unui pom și suprafața proiecției coroanei. În cazul cireșului, numeroase studii au stabilit că suprafața foliară și indicele suprafeței foliare poate varia în funcție de portaltol și soi de la 6,12 și 58,81 cm²/pom suprafață foliară (Usenik ș.a., 2010; Gonçalves ș.a., 2008).

Între indicele suprafeței foliare și lumina interceptată de către frunze este o corelație directă, pigmenții fotosintetici reținând mai intens radiațiile albastre (400-540 nm) și pe cele roșii (600-700 nm) (Burzo ș.a., 1999). Frunzele iluminate corespunzător au cloroplaste cu grane mici, care își sporesc dimensiunile în cazul în care frunzele sunt umbrite (Vosnjak ș.a., 2022).

1.2.3. Procesul de fotosinteză

Fotosinteza este procesul fiziologic prin care plantele verzi sintetizează substanțe organice din dioxid de carbon, apă și săruri minerale, în prezența luminii solare și a clorofilei, cedând în mediu oxigen. Organul specializat pentru fotosinteză este frunza care are în componență o serie de structuri adaptate: suprafață plată, epidermă cu stomate, parenchim asimilator, parenchim palisadic, fascicule libero-lemnoase și organite specializate (Jităreanu, 2007).

Activitatea fotosintetică a speciilor pomicole este determinată de un ansamblu de procese fiziologice vitale (respirație și transpirație), de care depind intensitatea metabolismului, adaptarea la mediul ambiant și productivitatea biologică (Pallardy, 2010).

Activitatea fotosintetică la cultura cireșului este puțin studiată, dar în sursele accesibile asupra acestui proces se menționează influența diversității de soiuri ale acestei specii pomicole, precum și a legăturii altoi-portaltol.

În vederea caracterizării procesului de fotosinteză la cireș au fost studiate valorile medii ale intensității activității fotosintetice pe parcursul perioadei de vegetație în primul rând la pomii tineri, înainte de intrarea acestora pe rod.

Astfel, pomii altoiți de cireș de până la 3 ani au prezentat o dinamică a fotosintezei caracterizată prin valori mari de asimilare de CO₂ în luna mai, o ușoară

scădere în luna iunie, cu menținere constantă în luna iulie (având chiar o tendință de creștere), urmată de o creștere accentuată în luna septembrie, având valori cuprinse între 21-24 mg CO₂/dm²/h, cu o valoare medie de 17 mg CO₂/dm²/h (Șișcanu & Druță, 1995) și 32 mg CO₂/dm²/h (Roper & Kennedy, 1986).

Cele două creșteri ale intensității fotosintezei corespund fazelor de creștere intensă și de formare a organelor fotosintetice (luna mai) și de depozitare a energiei și a asimilatelor de rezervă și de creștere a sistemului radicular (luna septembrie) (Sams & Flore, 1982).

Cercetările efectuate de Sams & Flore (1982) pe parcursul perioadei de vegetație a pomilor, au evidențiat o dinamică sezonieră, caracterizată prin: intensificarea procesului de fotosinteză o dată cu creșterea frunzelor, realizarea unui maxim, care este urmat de scăderea intensității o dată cu trecerea la senescență. Intensitatea fotosintetică este mai mică la frunzele tinere, stomatele fiind imature.

Efectul fructificării asupra fixării și retenției carbonului în frunze a fost de asemenea monitorizat la mai multe soiuri de cireș. Astfel, în primele faze ale creșterii fructelor, fotosinteza netă a avut valori de 18 și 22 mg CO₂/dm²/h și care s-au menținut până la faza de pârgă (Roper ș.a., 1986).

Dintre culturile pomicole sâmburoase, cireșul în perioada de rodire prezintă cea mai mare intensitate a procesului de fotosinteză (23,4-38,0 mg CO₂/dm²/h) (Flore & Layne, 1999). Intensitatea fotosintezei nete a cireșului variază între 10,2 și 11,7 umol/m²/s. Un număr mare de indici afectează fotosinteza, printre care și numărul de frunze din pom (Cittadini ș.a., 2008). Potrivit lui Roper & Loescher (2002), este necesară o suprafață suplimentară de 32 cm² de suprafață a frunzelor pentru a crește greutatea medie a fructelor cu 1 g.

Intensitatea procesului de fotosinteză variază în funcție de poziția, stadiul de dezvoltare al frunzelor și gradul de iluminare, frunza din buchet cu fructe având cea mai mare intensitate a fotosintezei (Bondarenko, 2019).

Un alt factor care afectează direct procesul de fotosinteză a cireșului este pătrunderea razelor solare. Conform studiilor efectuate pe alte specii de fructe cu sâmburi, productivitatea fotosintetică netă a frunzelor care se află sub niveluri insuficiente de lumină este cu 40 până la 80% mai mică decât la frunzele de la periferia coronamentului (Vosnjak ș.a., 2022).

Dintre condițiile mediului extern, lumina este factorul decisiv al fotosintezei, alături de temperatură și umiditate (Șișcanu & Druță, 1995; Pallardy, 2010).

Astfel, datele dinamicii diurne ale fotosintezei efectuate la specia cireș redau o curbă cu două maximuri. Un maxim bine conturat al fotosintezei s-a înregistrat în prima jumătate a zilei, când temperatura aerului nu este ridicată, iar iluminarea nu este foarte puternică, la orele 10-11 a.m. Depresiunea curbei asimilării de CO₂ între ore 12-14 p.m se datorează intensificării acțiunii factorilor externi, cum sunt iluminarea și temperatura aerului, sau dereglarea regimului hidric și închiderea

stomatelor. Un alt maxim al intensității fotosintezei s-a înregistrat între orele 16-18 p.m., după care urmează iarăși o scădere (Ai ș.a., 2023).

În cele din urmă, fotosinteza este influențată de conținutul de pigmenți din mezofilul frunzelor. Clorofila *a*, clorofila *b* și pigmenții carotenoizi sunt principalii pigmenți care absorb radiațiile active fotosintetice. Productivitatea fotosintetică scade odată cu reducerea concentrației acestor pigmenți în frunză. Conținutul de clorofilă depinde de un număr mare de factori – nivelurile de lumină (Pallardy, 2010), combinația altoi-portaltoi (Moreno ș.a., 2001; Asănică ș.a., 2015), condițiile de creștere și factorii de stres (Viljevac ș.a., 2013).

La specia pomicolă cireș, pe parcursul desfășurării procesului de fotosinteză, fructele continuă să crească în dimensiuni, rămânând verzi mai mult de jumătate din timpul lor de dezvoltare. Intensificarea procesului de fotosinteză scade pe parcursul procesului de maturare al fructelor, pe măsură ce are loc și biodegradarea pigmentilor clorofilieni și accentuarea biosintezei pigmentilor carotenoidici. Această etapă se încheie în momentul când toți pigmenții clorofilieni au fost complet degradați (Roper ș.a., 1988).

1.2.4. Procesul de transpirație

Transpirația reprezintă procesul fiziologic prin care plantele pierd cantitatea cea mai mare de apă sub formă de vapori. Dintre organele aeriene, frunzele transpiră cu cea mai mare intensitate. Ca și în cazul schimburilor de gaze, apa se elimină sub formă de vapori prin stomate, lenticele, cuticulă, caliciu, pedunculi sau prin suprafețe lezate (Burzo ș.a., 1999).

Rolul transpirației în viața plantelor derivă din efectul de răcire al acestui proces, evitându-se astfel supraîncălzirea organelor plantelor. Prin circulația continuă a apei, datorită transpirației și a forței de aspirație a frunzelor, are loc menținerea țesuturilor într-o stare de turgescență permanentă. De asemenea, absorbția sărurilor minerale și transportul lor în plantă au loc ca o consecință a procesului de transpirație. Transpirația este practic un proces de evaporare care este controlat de factori fizici. De asemenea, este un proces fiziologic care are loc de obicei în două etape: evaporarea apei din pereții celulari în spațiile intercelulare și difuzia vaporilor de apă în aerul exterior (Pallardy, 2010).

Intensitatea transpirației reprezintă cantitatea de apă eliminată de plantă, exprimată în grame pe oră și pe cm² de suprafață foliară și variază în funcție de vârsta plantelor, stadiul de dezvoltare, numărul de frunze și evoluția condițiilor externe, variabile de la o zi la alta (temperatură, umiditate, nebulozitate ș.a) (Hopkins & Hüner, 1995).

Stomatele se găsesc atât pe suprafața frunzelor, cât și pe ramurile tinere, numărul lor variind între 200 și 600 stomate/mm² suprafață foliară.

La cireș, densitatea stomatelor este de aproximativ 633/mm² iar suprafața deschiderii stomatelor este de cca 18,5 um². Cele mai multe stomate s-au identificat

la frunzele din vârful lăstarului, iar în cadrul limbului foliar, în zona mediană a acestuia.

Modificarea deschiderii stomatelor conduce la variația conductibilității pentru apă a acestora ca urmare a intensității procesului de transpirație. Pentru frunzele de cireș, intensitatea procesului de transpirație se consideră a avea valori de 0,64 cm/s, respectiv 7,3 $\mu\text{g H}_2\text{O}/\text{cm}^2/\text{s}$ (Juhász ș.a., 2013).

Eliminarea apei prin cuticulă este dependentă de grosimea acesteia. La frunzele tinere care au cuticula subțire, transpirația cuticulară reprezintă 50% din transpirația totală, în timp ce la frunzele mature reprezintă doar 10-20 % (Larcher, 1991).

Ratele de transpirație ale fructelor și ale pedunculilor cresc exponențial pe măsură ce temperatura crește. Astfel, valorile medii ale mai multor fructe de cireș au variat în funcție de soi de la 5,5 la 14,6 $\text{mg H}_2\text{O}/\text{mm}^2/\text{h}$, și de la 2,1 la 4,5 $\text{mg H}_2\text{O}/\text{mm}^2/\text{h}$ pentru pedunculi (Athoo ș.a., 2015).

S-au efectuat, de asemenea, multiple cercetări privind densitățile stomatice de pe suprafețele pedunculilor, care au fost în medie de 40 de ori mai mari decât pe suprafețele fructelor (Peschel ș.a., 2003; Peschel & Knoche, 2012; Athoo ș.a., 2015).

Conform datelor din literatura de specialitate, cireșii de aproximativ 25 de ani pot folosi între 760 și 1000 mm de apă într-un an, cu performanțe horticole aparent similare ale speciei (Hanson & Proebsting, 1996). O aprovizionare cu apă egală cu 700 mm precipitații ar fi optimă pentru livezile tradiționale de cireș. Consumul de apă al cireșilor poate fi estimat prin măsurarea debitului de sevă (Quero-Garcia ș.a., 2017).

Se constată o corelație liniară puternică între consumul de apă pe suprafața foliară și deficitul de presiune a vaporilor. De asemenea, în procesul de transpirație există o corelație puternică între fluxul sevei măsurat și suprafața frunzelor, radiația netă și temperatura aerului (Pereira ș.a., 2007).

Pomii transpiră cel mai mult în lunile cu temperaturi mai ridicate, astfel că într-un studiu efectuat de Juhász ș.a. (2013) pomii au transpirat în luna mai 55,6, în iulie 48,4 și în august 44,8 L pe zi. S-a constatat că transpirația pomilor într-o livadă intensivă de cireși de 4 și 5 ani a fost de 305 mm și 320 mm. Transpirația cumulativă a atins 523 mm timp de 3 luni, în timp ce pentru întreaga perioadă de vegetație se poate calcula necesarul de apă de 700-800 L.

Creșterea temperaturii cu 10°C determină în general dublarea intensității procesului de transpirație. La temperaturi mai mari de 35°C are loc închiderea stomatelor, ceea ce determină diminuarea procesului de transpirație (Burzo ș.a., 1999).

1.3. Modificări ale însușirilor fizice și biochimice ale fructului pe parcursul maturării

Creșterea și maturarea sunt două procese biologice importante ale fructelor care au loc concomitent și care continuă până la valorificarea fructelor în stare

proaspătă. În timpul desfășurării acestor procese se produc modificări de ordin morfologic, biochimic și fiziologic, care determină realizarea însușirilor caracteristice speciei și soiului (Gherghi ș.a., 2001).

Din punct de vedere fiziologic, procesul de creștere a cireșelor are loc sub forma unei curbe dublu-sigmoide divizată în trei etape până la maturarea completă: stadiul I, care începe după înflorire și este urmat de o creștere și diviziune rapidă a celulelor mezocarpului; stadiul II, în care volumul fructelor crește lent, iar endocarpul devine lignificat; iar stadiul III, când fructele au o a doua etapă de creștere rapidă în volum, finalizându-se cu procesul de maturare (Andrews & Li, 1994; Burzo ș.a., 1999) (fig. 1.1).

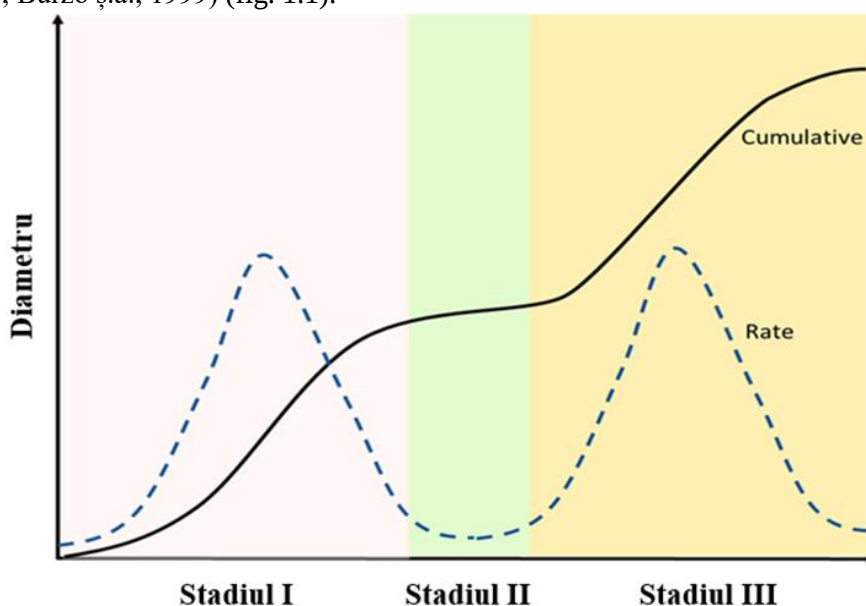


Fig. 1.1. Reprezentarea grafică a dinamicii de creștere dublu-sigmoide a fructelor

Fig. 1.1. Graphic representation of double-sigmoid fruit growth dynamics
(Vignati ș.a., 2022)

Mărimea fructului și a sâmburelui

Pentru specia pomicolă cireș, această însușire fizică variază chiar în cadrul aceluiași soi, în funcție de portaltoi, vârsta pomilor, agrotehnica aplicată, factorii pedoclimatici, încărcătura de fructe ș.a. În aprecierea indicelui de mărime a fructelor se iau în considerație atât diametrul, cât și greutatea acestora (Olmstead ș.a., 2007).

Dimensiunile fructelor sunt determinate genetic, prin lungimea celulelor mezocarpului și numărul total de celule dar pot fi influențate într-o oarecare măsură de factorii interni și externi (Lang & Ophardt, 1998; Whiting & Lang, 2004; Olmstead ș.a., 2007).

Tendința actuală este de a produce soiuri de cireș cu fructe cât mai mari, modificându-se și clasele de apreciere ale mărimii. Astfel, dacă fructele cu o greutate

de peste 6 g erau considerate mari (Petre ș.a., 2005), în prezent studiile sugerează că noile soiuri ar trebui să aibă fructe cu dimensiuni de 11-13 g și un diametru de 20-25 mm (Usenik ș.a., 2015; Vignati ș.a., 2022).

Categoriile de calitate la cireș cuprind următoarele grupe de dimensiuni: pentru extra, minim 22 mm, la calitatea I-II fructe de minim 18 mm, calitatea III între 16-18 mm, iar fructele sub 16 mm sunt destinate prelucrării industrializate (Webster & Looney, 1996).

Lungimea pedunculului variază în funcție de soi de la 2 la 8 cm (Fogle ș.a., 1973).

În ceea ce privește sâmburele, s-a constatat că nu există o corelație directă între mărimea fructului și cea a sâmburelui (Webster & Looney, 1996), existând fructe mari cu sâmbure mic, fructe mici cu sâmbure mare, fructe mari cu sâmbure mare sau fructe mici cu sâmbure mic.

Înălțimea, diametrul și greutatea s-au dovedit a fi cele mai bune caractere obiective ale sâmburelui utilizate pentru a face distincția între soiuri. Cu toate acestea, toate caracterele s-au dovedit a fi foarte variabile, în mare parte datorită corelației strânse dintre dimensiunile sâmburelui cu cele ale fructelor.

În general, mărimea sâmburelui este constantă ca raport față de mărimea fructului și soiurile cu calibrul mare prezintă un raport pulpă/sâmbure mare, fiind avantajoase cireșele cu sâmburi mici pentru comercializare (Webster & Looney, 1996; Beceanu & Chira, 2003). La un mare număr de soiuri de cireș volumul sâmburelui este proporțional cu volumul total al fructului și este cuprins între 7,2% și 10,6%.

Culoarea

Aprecierea culorii fructelor prezintă importanță deosebită, atât pentru determinarea corectă a stadiului de maturitate a fructelor, cât și pentru stabilirea momentului optim de recoltare și consum, fiind o apreciere facilă, pe baza analizei vizuale (Ricardo-Rodrigues ș.a., 2023).

Culoarea reprezintă unul dintre cei mai importanți parametri ai calității fructelor, de mare interes pentru consumatori, dar și pentru stabilirea direcțiilor de valorificare (consum în stare proaspătă sau industrializare) (Beceanu & Sîrbu, 2007).

La cireșe, culoarea constituie o caracteristică de soi și este determinată de prezența pigmentilor în toate celulele epidermei și hipodermei (Burzo ș.a., 1999).

În funcție de modificările de culoare care au loc pe parcursul procesului de maturare a fructelor, cireșele sunt fructe ce au culori precum: alb, alb pătat cu roz, galben, roșu, bicolor (galben cu roșu), negru sau cărămiziu (Pérez-Sánchez ș.a., 2010). Soiurile cele mai frecvent utilizate prezintă culori ce variază de la galben până la roșu închis (fig. 1.2).

Culoarea caracteristică pentru fructele maturate se datorează biodegradării pigmentilor clorofilieni, biosintezei antocianilor (fructele roșii) și a pigmentilor

flavonoizi (fructe galbene sau bicolore) și este reglată în principal la nivel transcripțional de expresia mai multor gene structurale (Jin ș.a., 2016).

În prezent se preferă soiurile cu pielea de culoare roșie deschisă, intensă, lucioasă, în defavoarea soiurilor de culoare roșie închisă spre negru, care au un aspect de supramaturare (Budan & Grădinariu, 2000).

Pe plan internațional, criteriul de apreciere a culorii fructului la cireșe se face prin utilizarea măsurătorilor cromometrice folosind ca parametri luminozitatea (L) și coordonatele a și b : parametrul a pentru culori complementare roșu-verde și parametrul b pentru culori complementare galben-albastru (Mozetič ș.a., 2006). Parametrii de culoare pot fi variabili în funcție de arealul de cultură și condițiile pedoclimatice anuale (Sansavini & Lugli, 2005; Ricardo-Rodrigues ș.a., 2023).



Fig. 1.2. Modificarea culorii și volumului fructelor galbene, bicolore și roșii pe parcursul procesului de creștere și maturare

Fig. 1.2. Change in color and volume of yellow, bicolor and red fruits during the growth and ripening process

(Jin ș.a., 2016)

Conținutul în zahăr total

Conținutul de zahăr total la cireșe este reprezentat de glucide sub formă de glucoză (0,06-2,76%), fructoză (0,05-7,33%) și zaharoză (0,01-10,65%) și variază în funcție de soi și de condițiile climatice anuale (Burzo ș.a., 1999).

Cireșele au un conținut ridicat de zahăr total ce variază între 7 și 18g/100g și este în medie de 12,29g/100 g fruct depășind din acest punct de vedere toate speciile pomicole (Budan & Grădinariu, 2000).

Conținutul cireșelor în glucide totale înregistrează creșteri pe parcursul procesului de maturare (Webster ș.a, 1996), astfel că, prin determinări efectuate în dinamică, s-a evidențiat că la cireșe concentrația de glucide totale crește de la 2,2% la 8,8 % în timp de 30 de zile de maturare pe pom (Gherghi ș.a., 2001; Beceanu & Chira, 2003).

Valoarea conținutului principalelor glucide din cireșe este de: glucoză - 6% parte edibilă; fructoză - 5,50% parte edibilă; zaharoză - 0,22% parte edibilă (Vavoura ș.a., 2015) fiind de asemenea diferit în funcție de soi (Demir, 2013).

Cercetări similare având ca eșantion mai multe soiuri de cireș au înregistrat valori ale glucozei de 9,5-2,2 g/100 g fructe proaspete (Sîrbu ș.a., 2012), 4,4-6,4 g/100 g de fructoză iar conținutul de zaharoză a fost de aproximativ zece ori mai mic decât cel de glucoză și fructoză (Demir, 2003).

Diferențele pot exista ca și posibil efect al condițiilor climatice și culturale, factori care influențează conținutul de zahăr al fructelor (Hayaloglu & Demir, 2015).

Conținutul în glucide totale variază și în funcție de perioada și modul de păstrare (Beceanu, 2009). Astfel, după 30 zile de păstrare la 0°C, conținutul în glucide totale a scăzut de la 10,70 la 10,39% iar după 3 zile păstrate în condiții normale (20-22 °C), conținutul a crescut până la 11,01% (Gherghi ș.a., 2001).

Substanța uscată solubilă exprimă cantitatea de zahăr din produsele alimentare și include toate substanțele organice solubile, cum ar fi acizii organici și vitaminele. Majoritatea zaharurilor din fructe sunt solubile (peste 80%) astfel încât determinarea conținutului de substanțe uscate solubile reprezintă cea mai facilă metodă de determinare a conținutului de zahăr din sucul de fructe (Hayaloglu & Demir, 2015). Cunoașterea conținutului în substanță uscată solubilă are aplicabilitate practică și în vederea recoltării cireșelor la momentul optim (Beceanu, 2009).

În literatura de specialitate, conținutul în substanță uscată solubilă la cireșe este citat cu valori destul de variabile, de la 7 până la 24,5°Brix (Girard & Kopp, 1988; González-Gómez ș.a., 2010).

Conținutul în substanță uscată solubilă prezintă valori variabile și în perioada de maturare, conform Webster ș.a., (1996), acesta a crescut de la 5,2% cu 4 săptămâni înainte de maturitatea comercială, la 14,3% în momentul maturității fiziologice.

Un echilibru între substanța uscată solubilă și aciditate este considerat important în determinarea gustului la cireșe. Valoarea raportului substanță uscată solubilă și aciditate este diferită în funcție de soi, la cireșe variind între 20,3 și 27,5 (Dondini ș.a., 2018).

Aciditatea totală și pH-ul

Aciditatea este unul dintre indicii de calitate a fructelor prin intermediul căreia se poate deduce activitatea proceselor metabolice din timpul creșterii, maturării, păstrării și conservării produselor horticoale prin prelucrare (Gherghi ș.a., 2001).

Biosinteza acizilor organici este strâns legată de procesul de respirație (ciclul Krebs), care se desfășoară concomitent cu fotosinteza și are loc în primele etape ale procesului de creștere și maturare, astfel încât, aciditatea scade pe parcursul maturării fructelor, ca urmare a consumului acizilor în procesul de respirație (Jităreanu, 2007).

Gherghi ș.a., (2001) precizează că pe măsura maturării fructelor, aciditatea titrabilă din cireșe atinge un maxim de 0,90 g acid malic /100 g, după care începe să se diminueze până la valoarea de 0,71 g acid malic /100 g fruct.

La cireșe, acidul malic este predominant și se exprimă în mg/g acid malic la 100 g fructe proaspete sau în g/ml suc stors din fructe (Sansavini & Lugli, 2005). Conținutul în acid malic din fructe variază în medie între 37,0 și 1800 mg/100 g iar cireșele conțin aproximativ 940,0 mg/100 g parte edibilă (Souci et al., 1981) și 0,43-0,77 g/100ml suc (Pérez Sánchez ș.a., 2010).

Aciditatea titrabilă se modifică în funcție de numeroși factori: soi, condițiile climatice anuale, momentul recoltării, durata de păstrare, valoarea raportului glucide totale/aciditate titrabilă (Usenik ș.a., 2008).

Proprietatea fructelor de a-și schimba culoarea atunci când variază activitatea ionilor de hidrogen din acizii organici se poate indica prin determinarea pH-ului din fruct (Murariu ș.a., 2017). Modificările acidității se reflectă și în schimbările pH-ului ale sucului vacuolar din celulele fructelor.

În stadiul de maturare, cireșele au o valoare a pH-ului cuprinsă între 3,7 și 4,2 (Kappel ș.a., 1996; Serradilla ș.a., 2016).

Conținutul de substanțe minerale

Conținutul de substanțe minerale al produselor horticole variază în funcție de specie, soi, condiții agropedoclimatice și gradul de maturare (Murariu ș.a., 2017).

Cireșele au un conținut bogat de elemente minerale, având valori medii de 0,19-0,62%. Principalale elemente minerale prezente în cireșe sunt: potasiu, calciu, magneziu, fier, cupru, mangan, zinc (Budani & Grădinaru, 2000)

Potasiul este citat în literatură ca fiind cuprins între 200,0 și 260,0 mg/100 g iar conținutul în calciu este cuprins între 13,0 și 20,0 mg/100 g (McCune ș.a., 2011; Quero-Garcia ș.a., 2017). Cireșele conțin și: magneziu: 8,0-13,0 mg/100g, fier: 0,5mg/100g, fosfor: 1,0-8,0 mg/100g, cupru: 0,08-0,52 mg/100g (Quero-Garcia ș.a., 2017).

Conținutul în pigmenți

Prezența pigmentilor în țesuturile vegetale conferă fructelor culoarea caracteristică, aceasta fiind diferită în funcție de specie și soi. Pigmenții reprezintă substanțe cu structură chimică foarte diferită, fiind prezenți sub formă de pigmenți porfirinici în fructele nematurate și pigmenți carotenoidici, antocianici și flavonoidici, a căror biosinteză apare odată cu procesul de maturare, în urma degradării pigmentilor clorofilieni (Gherghi ș.a., 2001).

Pigmenții carotenoizi sunt cei mai răspândiți, acumulându-se în mod natural în fructe și sunt cunoscuți pentru diversitatea lor structurală contribuind la realizarea culorilor strălucitoare de roșu, portocaliu și galben ale fructelor, în funcție de specie și soi (Gherghi ș.a., 2001). Principalii pigmenți carotenoizi prezenți în cireșe sunt: β -carotenul, ce are valori de aproximativ 38,0 μ g/100 g, luteina (85,0 μ g/100 g), α -carotenul, zeaxantina (Tomás-Barberán ș.a., 2013).

Pigmenții antocianici au o importanță deosebită întrucât dau culoarea roșu sau violet fructelor și reprezintă din punct de vedere chimic glicozide ale antocianidelor. Cele mai importante glicozide antocianice prezente în cireșe sunt: cianidin-3-rutinozid, cianidin-3-glucozilrutinozid și peonidin 3-glucozid (Gonçalves ș.a., 2004; González-Gómez ș.a., 2010).

Pentru mai multe soiuri de cireșe, după Mozetič ș.a., (2006), conținutul în pigmenți antocianici (mg/100 g fruct exprimat în cianidin 3-glucosid) variază între 28,23 și 63,42 mg/100g. Conținutul în cianidin-3-rutinozid la cireșele de culoare roșu închis prezintă variații de la 2,0 la 243,0 mg/100 g (Usenik ș.a., 2008; Gao & Mazza, 1995).

Pigmenții flavonoizi contribuie la formarea culorii complementare, suprapuse sau de acoperire a fructelor. Aceștia se acumulează în vacuolele celulelor fructelor, iar în cazul cireșelor se găsesc atât în celulele epicarpului, cât și în cele ale mezocarpului (Burzo ș.a., 1999). La cireșe, în cadrul studiilor efectuate la mai multe soiuri s-a constatat un conținut de pigmenți flavonoizi în medie de 22,4-39,8 mg/100g (Thurzo ș.a., 2008).

Conținutul de polifenoli totali

Substanțele fenolice (fenoli și polifenoli) sunt compuși cu răspândire largă în fructe care participă la sporirea rezistenței plantelor față de atacul microorganismelor parazite și iau parte la realizarea aromei și gustului fructelor, oferind beneficii pentru sănătatea umană (Gonçalves ș.a., 2018).

Conținutul în substanțe fenolice este diferit în funcție de specie, soi, condițiile climatice, areal de cultură și an de producție (Wang ș.a., 2017; Acero ș.a., 2019).

Astfel încât, multiple cercetări științifice realizate asupra cireșelor au raportat concentrații ale compușilor fenolici cuprinse între 58,31 și 115,41 mg acid galic/100 g (Hayaloglu & Demir, 2015), 78,8 mg acid galic echivalent/ 100 g fruct (Marinova ș.a., 2005), 87,9 mg acid galic echivalent/100 g greutate fruct (Usenik ș.a., 2008), 117,22 -196,98 mg acid galic echivalent/ 100 g fruct (Mozetič ș.a., 2002) iar Kelebek & Selli (2011) au subliniat că au obținut la cireșe un conținut de la 88,7 până la 239,5 mg acid galic/100 g.

Această variație a conținutului de substanțe fenolice a fost motivată prin faptul că în interiorul unui fruct acesta poate varia (Gherghi ș.a., 2001) sau poate crește în timpul maturării, probabil din cauza creșterii conținutului de antociani (Serradilla ș.a., 2016).

Conținutul în vitamina C

Vitamina C (Acidul L- ascorbic) este principala vitamină sintetizată de plante și variază la fructe în limite foarte mari, în funcție de specie, soi și condițiile pedoclimatice (Murariu ș.a., 2017). Cireșele sunt surse importante de vitamina C, a cărei conținut variază între 7,0 și 62,42 mg/100 g produs proapăt (McCune ș.a., 2011; Rios de Souza ș.a., 2014; Usenik ș.a., 2015).

CAPITOLUL II
INFLUENȚA FACTORILOR CLIMATICI ASUPRA
PROCESELOR FIZIOLOGICE LA CIREȘ

CHAPTER II
THE INFLUENCE OF CLIMATE FACTORS ON
THE PHYSIOLOGICAL PROCESSES AT SWEET CHERRY

Analiza complexă a potențialului agroclimatic prin interrelaționarea rezultatelor cu biotopul cireșului permite repartizarea soiurilor cultivate în zone cu potențial diferențiat, modalitățile de identificare a zonelor cu grad de risc la producerea fenomenelor meteorologice extreme asigurând astfel posibilitatea diminuării efectelor pe termen scurt, mediu și lung (Chițu ș.a., 2010).

Cunoașterea corelațiilor dintre durata și intensitatea desfășurării stadiilor fenologice și evoluția condițiilor climatice, permite estimarea și prognozarea datelor calendaristice de declanșare a diferitelor etape critice din viața plantelor.

Pomicultura modernă necesită utilizarea optimă a tuturor factorilor de mediu, în vederea menținerii condițiilor de viață ale pomilor și a obținerii unor randamente economice maxime.

2.1. Cerințele culturii cireșului față de factorii ecologici

Regimul factorilor ecologici de mediu al unei culturi pomicole determină măsura prin care se exprimă potențialul ereditar al plantelor. Altfel spus, relația între bagajul genetic al speciilor pomicole, practicile agricole și condițiile locale de mediu reprezintă baza cantitativă și calitativă a producției (Kozłowski ș.a., 2012).

Clima, alături de factorii pedologici, reprezintă factorul determinant în creșterea sau scăderea productivității agro-ecosistemelor pomicole. În acest context, monitorizarea permanentă a impactului schimbărilor climatice asupra culturilor pomicole imprimă necesitatea îmbunătățirii cunoștințelor științifice, astfel încât gestionarea caracteristicilor climatului să includă evaluarea curentă și constantă a datelor climatice, precum și analiza factorilor de risc și a oportunităților (Pallardy, 2010).

Cireșul este o specie pomicolă destul de pretențioasă față de factorii ecologici, însă în țara noastră găsește condițiile favorabile creșterii și dezvoltării (Corneanu ș.a., 2012).

În România, în funcție de condițiile ecologice, poziție geografică, orografică și altitudine, cultura cireșului s-a dezvoltat cu precădere în spațiul geografic de silvostepă și în zona dealurilor subcarpatice (Budán & Grădinariu, 2000).

Distribuția spațială a gradului de favorabilitate pentru amplasarea în teritoriu a cireșului (fig. 2.1) a vizat cerințele acestuia față de factorii climatici și pedologici în vederea creșterii productivității, calității și rentabilității (Coman ș.a., 2014).

Din analiza factorilor ecologici și economici din țara noastră rezultă că o cultură eficientă de cireș se poate înființa numai acolo unde anual se realizează un minim de 1500 ore de strălucire a soarelui, 3600°C temperatură globală, 9,0-11,5°C temperatură medie și peste 600 mm precipitații (Budan, 1995).



Fig 2.1. Distribuția spațială de favorabilitate pedo-climatică la specia cireș în România

Fig.2.1. The distribution of pedo-climatic favorability for the sweet cherry species in Romania

(Coman ș.a., 2014)

Cerințele culturii cireșului față de lumină

Cireșul se numără printre speciile pomicele cele mai iubitoare de lumină, de aceea locurile rezervate cultivării acestuia trebuie să fie bine luminate.

De factorul lumină depind viteza și direcția de creștere a lăstarilor, forma organelor aeriene precum și intensitatea proceselor de fotosinteză, respirație și de transpirație (Rutkowski & Lysiak, 2022).

Producția de fructe este de asemenea condiționată în mod direct de gradul de pătrundere a luminii în interiorul coroanei, influențând procesele de creștere și dezvoltare a ramurilor fructifere și mugurilor de rod (Neilsen ș.a., 2017).

Pentru o bună creștere și dezvoltare, cireșului îi sunt necesare 2100-2300 ore de strălucire a soarelui/an, repartizate astfel încât în perioada de primăvară să aibă valorile cele mai mari, iar în perioada de vară și toamnă să nu depășească anumite limite (Burzo ș.a., 1999). Cerințele față de lumină oscilează în funcție de informația ereditară a soiului, care este condiționată și de vârstă, fenofază, organul și poziția acestuia în coroana pomilor (Long ș.a., 2014).

Cerința cireșului față de lumină depinde în principal de informația ereditară a soiului, dar este condiționată și de alți factori precum: vârstă, fenofază, organul și poziția acestuia în coroană. Astfel, pomii tineri aflați în perioada de creștere, necesită mai multă lumină comparativ cu perioada de rodire, iar în funcție de fenofază, cerințele sunt mai mari în timpul creșterii intense a lăstarilor și maturării fructelor comparativ cu perioada dez muguriturii. De cantitatea de lumină din timpul maturării depinde în mare măsură calitatea fructelor (la umbră se absoarbe mai puțin fosfor decât în condiții de lumină suficientă) (Lauri & Claverie, 2005).

Cerințele culturii cireșului față de temperatură

Temperatura este unul din factorii de vegetație care condiționează întregul mecanism de transformare și de circulație a substanțelor în organismul vegetal și în mediul înconjurător al acestuia (Long ș.a., 2014).

Cireșul este o specie pomicolă care crește și rodește bine în zonele cu o temperatură medie anuală cuprinsă între 9,0 și 10,5°C iar ca și dinamică diurnă, temperaturile optime ale speciei sunt cuprinse între 18 și 28°C, cele minime sunt de 6°C, iar maxime de 40°C (în afara acestui interval procesul de creștere încetează) (Coman ș.a., 2014).

Necesarul de căldură al cireșului este variat și corespunde soiului, stadiului de dezvoltare, fenofazei, nivelului de nutriție și stării de sănătate a pomilor (Sumedrea, 2011).

Necesarul de ore de frig din sezonul de repaus este mediu și oscilează în funcție de soi între 600 și 1600 de ore (Quero-Garcia ș.a., 2017; Kaufmann, 2018).

Cercetări efectuate prin metoda sumei gradelor de temperatură arată că dez muguritul și înfloritul cireșului se produc la acumulări de 126-179°C și respectiv 207-296°C temperaturi medii zilnice mai mari de 5-7°C. Pentru maturarea fructelor, la soiurile timpurii este necesară o sumă de temperatură de 470-670°C de la înflorit, în timp ce la soiurile cu maturare târzie sunt necesare 1100-1150°C (Budán & Grădinariu, 2000; Quero-Garcia ș.a., 2017).

Suportă greu căldurile înăbușitoare din vară, mai ales când acestea sunt însoțite și de insuficiența apei în sol, în zonele de stepă și silvostepă, necesitând irigație.

Față de ger, are limita rezistenței de -11 și -13°C pentru rădăcină, mugurii de rod degeră considerabil sub temperatura de -24°C, iar lemnul rezistă până la -30°C. Mugurii floriferi în stadiul de buton floral rezistă până la -3,9°C, iar florile

deschise până la $-2,2^{\circ}\text{C}$. Capacitatea germinativă a polenului se pierde în proporție de 75% la temperaturi de -2°C (Cepoiu, 2001).

Cerințele culturii cireșului față de apă

În comparație cu alte specii pomicele, puține au fost cercetările privind cerințele clare de apă ale cireșului. Deși cireșul este o specie cu pretenții moderate față de apă, cele mai bune estimări ale regimului de apă pentru desfășurarea proceselor fiziologice provin din culturile irigate (Quero-Garcia ș.a., 2017).

Astfel, necesarul de precipitații al cireșului poate oscila în funcție și de alți factori (ceilalți factori climatici, portaltoi) între 550 mm/an și 1000 mm/an, dar distribuite proporțional cu evapotranspirația potențială (Neilsen ș.a., 2014). Coeficientul de transpirație poate varia în funcție de radiația globală, temperatura aerului și cerințele sezoniere, dar pentru cultura cireșului a fost estimat la aproximativ 700-800 l/an (Whiting & Lang, 2004).

Alimentarea adecvată cu apă este imperativ necesară la cireș în timpul stadiilor fenologice de înflorire și de creștere a fructelor, precum și în perioada de postrecoltare (Predieri ș.a., 2003).

În ecosistemul pomicol, portaltoiul este un factor cheie pentru aprovizionarea plantei cu apă, influențând numeroși parametri cum ar fi: creșterea vegetativă, calitatea fructelor și randamentul producției, precum și asigurarea schimbului de apă și gaze cu mediul extern (Martínez-Ballesta ș.a., 2010; Gospodinova & Kolev, 2011).

Cerințele față de apă cresc începând cu luna aprilie și devin maxime în perioada creșterii intense a lăstarilor și a fructelor deși în perioada de pârgă și de maturare, chiar și valorile neînsemnate de precipitații favorizează crăparea cireșelor (datorită permeabilității epidermei fructelor, care permite absorbția apei din exterior) (Burzo ș.a., 1999; Sumedrea, 2011).

Factorii de care depinde regimul de apă al culturii cireșului sunt influențați de: potențialul genetic al speciei (soi, portaltoi, stadiu fenologic), condițiile climatice ale zonei, însușirile solului (tipul de sol, înclinarea pantei, terasarea, expoziția terenului) și sistemul de întreținere în cadrul livezii (ogor negru, benzi înierbate), precum și de lucrările agrotehnice de înființare și de întreținere a livezii (distanțe de plantare, forma de coroană, tăieri în verde și în uscat) (Vosnjak ș.a., 2021).

Cerințele culturii cireșului față de sol

Însușirile solului sunt deosebit de importante în cultivarea cireșului, întrucât porozitatea și capacitatea de reținere a apei manifestă o influență directă asupra creșterii și capacității de producție a pomilor (Baciu, 2005)

Cu privire la însușirile solului, cireșul preferă solurile mijlocii și ușoare, potrivit de umede, permeabile, cu un conținut de calciu de maxim 6%. În solurile argiloase greu lucrabile și reci, cireșul vegetează slab și trăiește puțin. Are o toleranță redusă față de conținutul de săruri din sol (Neilsen, 2005).

De asemenea, cireșul se numără printre speciile cele mai sensibile la asfixia radiculară, nu suportă apa stagnantă chiar și pe perioade scurte. Cele mai favorabile terenuri sunt cele cu o reacție slab acidă spre neutră (pH de 5,8 – 7,4). Pânza freatică trebuie să fie sub 1,5-2,0 m de la suprafață (Budan & Grădinariu, 2000).

2.2. Evaluarea modificărilor climatice ca factor de stres asupra proceselor fiziologice ale cireșului

Gradul de favorabilitate a unei culturi pomicele rezultă din interacțiunea dintre genotip și condițiile locale de mediu. Reacția speciilor pomicele la stimulii climatici este foarte complexă, variind după factorii implicați.

Astfel, factorii de stres au fost clasificați în: factori de stres biotici și abiotici. Stresul abiotic include: intensitatea scăzută a luminii, seceta, inundațiile, temperaturile extreme, fertilitatea scăzută a solului, salinitatea și vântul, iar ca factori biotici pot fi menționate atacurile insectelor, agenților patogeni precum și diverse activități umane (Bhattacharjee ș.a., 2022).

Termenul stres a fost definit ca fiind acea stare patologică apărută ca răspuns la anumiți stimuli de încordare a unui organism viu, atunci când asupra sa acționează factori negativi variabili (Rotaru ș.a., 2013).

Grierson ș.a. (1982) definește stresul ca fiind orice factor care are ca rezultat abateri pozitive sau negative ale ratelor optime de creștere ale plantelor, adică orice factor care întrerupe, restricționează sau accelerează procesele normale ale unei plante sau ale părților sale.

Plantele răspund în mod diferit la acțiunea acestor factori stresori în funcție de caracteristicile de specie și soi. Răspunsul variază în funcție de vârstă, stadiu fenologic și organul afectat (Burzo & Dobrescu, 2011).

Având în vedere că speciile pomicele sunt culturi perene, ce își desfășoară ciclul de viață pe parcursul de generații îndelungate, acestea au fost subiectul unei atenții speciale în cazul schimbărilor climatice.

Expunerea pomilor la stres abiotic, fie că este cauzată de secetă, căldură, frig sau salinitate ridicată, duce inițial la reacții vizibile destul de asemănătoare la majoritatea plantelor. La nivel celular, acești factori produc stres osmotic, deshidratare celulară (Wang ș.a., 2003) și stres oxidativ, ducând la denaturarea proteinelor funcționale și structurale.

Răspunsul obișnuit la stres implică percepția factorilor de stres, activarea factorilor de transcripție și mobilizarea mecanismelor de răspuns la acești stimuli. Percepția stresului poate apărea la nivelul celulei în reticulul endoplasmatic, în cloroplaste, mitocondrii sau perete celular (Zhu, 2016).

La pomii fructiferi, stresul abiotic duce la o serie de modificări morfologice, fiziologice, biochimice și moleculare care afectează negativ atât creșterea, cât și productivitatea (Wang ș.a., 2001).

Factorii de mediu influențează în mod direct procesele fiziologice la cireș prin lumină, temperatură, concentrația de CO₂ din aer, alimentarea cu apă, diferența de presiune a vaporilor dintre aparatul foliar și aer, fertilitatea solului, salinitatea, poluanții, substanțele chimice aplicate, insectele, bolile și diverse interacțiuni între acestea.

Activitățile culturale de întreținere a culturii cireșului, cum ar fi tăierile, fertilizarea și irigarea care modifică regimurile de mediu influențează, de asemenea, procesele fiziologice (Pallardy, 2010).

Procesul fiziologic de fotosinteză este influențat în termen scurt de factorii de mediu (de la zile la săptămâni) prin reglarea conductanței stomatelor și a capacității fotosintetice mezofile. Pe termen lung, fotosinteza este condiționată, de asemenea, de mediu prin apariția de modificări ale suprafeței frunzelor (Vosnjak ș.a., 2021).

2.2.1. Intensitatea luminii și rolul acesteia în cultura cireșului

Intensitatea luminii este factorul care condiționează viața tuturor plantelor, fiind absolut necesară declanșării procesului de asimilare a carbonului în procesul de fotosinteză (Pallardy, 2010).

Cireșul este o specie pomicolă heliofilă iar radiația solară este consumată astfel: 64% pentru evaporare și încălzire, 16-17% este reflectată în frunze, 17% este convertită în căldură și numai 1-2% se folosește în procesul de fotosinteză (Flore & Layne 1999).

Pentru cultura cireșului, răspunsurile fotosintetice la factorul lumină sunt importante deoarece microclimatul luminos poate fi controlat și modificat prin tehnologia de cultură, precum distanțe de plantare între pomi și efectuarea de tăieri și dirijări ale ramurilor. Pentru o producție maximă atât cantitativă, cât și calitativă de cireșe, în general, este de dorit expunerea în proporție cât mai mare din coronamentul pomului la lumină pe tot parcursul sezonului de vegetație (Kozłowski & Pallardy, 2002). De factorul lumină depind: viteza și direcția de creștere a lăstarilor, forma organelor aeriene precum și procesele de respirație, de transpirație ale pomilor.

Cireșul este o specie pomicolă unică, datorită perioadei scurte dintre fenofaza de înflorire și maturarea fructelor. Înflorirea are loc înainte de extinderea completă a frunzelor iar timpul dintre înflorirea deplină și recoltarea fructelor este în medie de numai 65-75 de zile. Fructificarea timpurie la cireș sugerează că o parte substanțială a carbohidraților necesari creșterii timpurii a culturii provin din substanțe de rezervă stocate. Astfel, frunzele de cireș au capacitatea de a fotosintetiza în condițiile de mediu ale primăverii devreme datorită substanțelor de rezervă acumulate în sezonul anterior (Roper & Kennedy, 1986).

Efectele intensității luminii asupra fotosintezei sunt modificate de interacțiunile și cu alți factori de mediu. De exemplu, vătămarea aparatului

fotosintetic prin intensitatea foarte mare a luminii (fotoinhibarea) poate fi amplificată de secetă sau temperaturi extreme (Powles, 1984).

Atât deschiderea stomatică, cât și procesele fotosintetice nonstomatice sunt afectate de intensitatea luminii. Lumina induce deschiderea stomatelor pentru a îmbunătăți absorbția de CO₂, în timp ce seceta determină închiderea stomatelor, limitând astfel pierderea de apă prin transpirație. În natură, stomatele vor primi adesea ambele semnale în același timp, deoarece perioadele însorite coincid frecvent cu seceta. În aceste circumstanțe, pomii vor trebui să facă un compromis - fie să deschidă stomatele pentru o fotosinteză optimă, fie să le închidă pentru a economisi apă (Roelfsma & Hedrich, 2005).

Cireșul este o specie pomicolă la care procesul de fotosinteză începe la o intensitate luminoasă de 80-100 de lucși iar pentru o bună creștere și fructificare îi sunt necesare 2100-2300 ore de strălucire a soarelui/an (Budan & Grădinariu, 2000).

Intensitatea luminoasă ridicată provoacă fenomenul de solarizație, care determină intensificarea transpirației, urmată de deshidratarea celulelor și intensificarea respirației (Jităreanu, 2007). Astfel, rata fotosintezei crește până la atingerea unui punct de compensație, la care absorbția fotosintetică de CO₂ și eliberarea acestuia în respirație sunt egale, prin urmare nu există un schimb net de gaze între frunze și atmosferă, fenomenul ducând la ofilire și uscure treptată a plantelor (Kozłowski ș.a., 2012).

Cu o intensitate suplimentară a luminii peste punctul de compensație, rata fotosintezei la speciile pomicole crește liniar. Punctul de compensație a luminii variază în funcție de specie și genotip, tipul de frunze (frunzele din interiorul coroanei au puncte de compensare a luminii mai mici decât frunzele expuse), vârsta frunzelor (frunzele tinere au puncte de compensare a luminii mai mari decât frunzele mature), concentrația de CO₂ din aer și temperatură (Kozłowski ș.a., 1991). Deoarece respirația crește mai repede decât fotosinteza odată cu creșterea temperaturii, și punctul de compensare a luminii crește și atinge valori foarte mari la temperaturi peste 30°C (Larcher, 1983).

Excesul de lumină influențează negativ randamentul procesului de fotosinteză, deoarece în aceste condiții frunzele își inhibă creșterea, pigmentii clorofilieni se deplasează spre interiorul frunzelor, care sunt mai groase.

Expunerea la lumină excesivă poate avea efecte negative la mai multe niveluri fiziologice. Când o frunză este expusă la lumină, această energie poate fi transferată pe trei căi: fotosinteză, căldură și fluorescență. Principalul indicator de măsurare al stresului produs de lumina excesivă este determinarea fluorescenței. O fluorescență mai mare rezultă atunci când centrele de reacție ale fotosistemului sunt închise sau deteriorate și nu mai pot accepta electroni suplimentari, întrerupând astfel transportul de electroni. Centrii de reacție se închid atunci când primesc lumină în exces față de cea pe care o pot transfera. Plantele pot elimina acest exces de energie luminoasă prin diferite mecanisme biochimice. Dacă mecanismele existente pentru

a face față luminii excesive sunt inadecvate, fotosistemele se pot deteriora (daunele extreme duc la efectul de albire a unor părți din țesuturi observat în mod obișnuit) (Watkins ș.a., 2006).

Mecanismele de apărare asupra factorului de stres al luminii excesive sunt morfologice, de mișcare sau ondulare a frunzelor pentru a evita radiația solară directă atunci când frunzele sunt uscate sau mecanisme biochimice de fotoprotecție, cum ar fi cele care direcționează energia calorică în conversia pigmentilor (Larcher, 2003).

Frunzele de cireș prezintă caracteristici morfo-anatomice de adaptare fiziologică la condiții de intensitate luminoasă mai ridicată precum: viteză mare de creștere a suprafeței foliare, grosime mare, rețea densă de nervuri, număr mare de stomate, raport mai redus între pigmenți verzi și cei galbeni.

În general, pe măsură ce umbra și insuficiența luminii crește, frunzele devin mai subțiri și au mai multă clorofilă pe unitate de greutate. Lăstarii sunt mai lungi și mai subțiri, iar internodurile sunt mai scurte, suprafața foliară și numărul de lăstari laterali crește (Gonçalves ș.a., 2008).

Insuficiența luminii (umbrirea) influențează negativ cultura cireșului în diferențierea mugurilor de rod și căderea fiziologică a fructelor. Astfel, s-a constatat faptul că la 1/20 din lumina normală a zilei, ramuri sau chiar pomi întregi nu au diferențiat muguri de rod (Burzo ș.a., 1999).

În condiții de întuneric nu există fotosinteză; prin urmare, CO₂ produs în respirație este eliberat din frunze.

Disponibilitatea luminii depinde de structura coroanei, sistemul de plantare și densitatea pomilor pe unitate de suprafață. Indicii fiziologici precum pigmenții clorofilieni și flavonoizi oferă posibilitatea de a evalua cu ușurință condițiile de lumină dintr-o livadă și de a da o recomandare pentru un sistem de creștere optimizat (Overbeck ș.a., 2018).

Asigurarea necesarului de lumină conduce la creșteri viguroase, ramificare corespunzătoare, favorizarea diferențierii mugurilor de rod, menținerea unei stări fitosanitare optime, contribuie la acumularea de zahăr și colorarea mai intensă a fructelor prin creșterea conținutului de pigmenți antocianici (Sumedrea, 2011).

Pentru cultura cireșului, orice modificare în forma de coroană, care sporește cantitatea de lumină ce pătrunde în interiorul coroanei (25% din lumina naturală), contribuie semnificativ la crearea unor condiții optime de creștere și dezvoltare a ramurilor fructifere și a mugurilor floriferi situați în această zonă dar și la sporirea cantității și calității recoltei de fructe (Pallardy, 2010).

În acest scop, este necesar ca prin forma de coroană aleasă să se asigure nu numai interceptia globală a luminii cât și o bună distribuție a aparatului foliar în cadrul coroanei, care să intercepteze peste 60-70% din lumina incidentă (Sumedrea, 2011).

În cazul în care expoziția terenului, orientarea rândurilor de pomi în livadă, forma coroanei sau distanțele de plantare nu îngăduie o iluminare suficientă a

întregului ansamblu vegetal potențial purtător de flori, rodul migrează spre exteriorul coroanei, creându-se astfel un gol în coronament, inefficient productiv.

Compoziția spectrală a luminii este de asemenea un factor de influență în desfășurarea proceselor fiziologice la cireș. Astfel, la pomi, în interiorul coroanei predomină radiațiile de roșu-verde. Doar aproximativ 0,5-2,0% din lumina incidentă pătrunde prin muguri și scoarța ramurilor tinere subțiri. Meristemele apicale ale mugurilor primesc mai multe radiații infraroșii (700-840 nm) decât roșii (600-690 nm) (Larcher, 2003).

Radiațiile roșii, portocalii și galbene favorizează biosinteza glucidelor iar radiațiile albastre, indigo și violet favorizează sinteza substanțelor proteice (Toma & Jităreanu, 2007).

2.2.2. Apa și stresul hidric în cultura cireșului

Rolul apei ca factor de vegetație este hotărâtor în viața speciilor pomicole, fiind unul din elementele de bază ale celulei vegetale. Astfel, rădăcinile pomilor conțin între 65-85% apă, iar fructele 85-90% (Sumedrea, 2011).

Semnificația ecologică a apei provine din importanța fiziologică în toate țesuturile verzi ale plantelor. O aprovizionare adecvată cu apă este la fel de esențială pentru buna funcționare a proceselor vitale precum fotosinteza dar și a celorlalte procese biochimice implicate în creștere și dezvoltare (Pallardy, 2010).

În corpul plantelor, apa se găsește în două stări: lichidă și gazoasă, la temperaturi foarte scăzute găsindu-se și sub formă de gheață. Aprovizionarea cu apă a pomilor are loc la nivelul rădăcinilor (90-95%) prin intermediul fenomenului de osmoză și forței de suucțiune determinată de procesul de transpirație dar și la nivel foliar (5-10%) prin cuticula neîngroșată a celulelor epidermice și mai puțin prin stomate (Toma & Jităreanu, 2007).

Absorbția apei depinde de factorii fiziologici reprezentați de intensitatea respirației (absorbția activă a apei) și a transpirației (absorbția pasivă), precum și de caracteristicile sistemului radicular al pomilor și structura solului.

Principalul indicator al cantității de apă consumate de către plante este coeficientul de transpirație, care reprezintă cantitatea de apă consumată raportată la conținutul de substanță uscată totală.

Stresul hidric, cauzat de secetă

Deficitul hidric în cultura cireșului poate determina două tipuri de secetă: atmosferică și pedologică (Jităreanu, 2007). Seceta atmosferică este cauzată de scăderea umidității relative a aerului (până la 10-20%) asociată cu temperaturile ridicate din timpul zilei. Seceta atmosferică prelungită determină apariția secetei pedologice.

Seceta pedologică apare ca o consecință a insuficienței aprovizionări cu apă la nivelul solului (precipitații reduse cantitativ, lipsa irigației).

Atât seceta atmosferică, cât și cea pedologică determină în cultura pomilor fructiferi dereglarea unor procese fiziologice și biochimice, ceea ce poate avea repercusiuni importante asupra ultrastructurii și a proceselor fiziologice din celule, a căror amplitudine variază în funcție de nivelul de stres și de specie, conducând astfel la apariția unor simptome caracteristice (Burzo ș.a., 1999).

Pentru cireș, seceta are ca efect vizibil vigoarea redusă a pomilor, încetinirea creșterii lăstarilor, îmbătrânirea prematură a țesuturilor, scurtarea stadiilor de creștere și dezvoltare a pomilor, o mai slabă diferențiere a mugurilor de rod, dereglări ale regularității producției și mărimii fructelor și dezechilibre fiziologice cu aspect patogen (Quero-Garcia ș.a., 2007).

Sub acțiunea deficitului hidric are loc fenomenul de ofilire, ca urmare a deshidratării celulelor (Rotaru ș.a., 2013). Modificările fiziologice ce apar la nivel celular determină reducerea intensității procesului de transpirație și de fotosinteză, precum și acumularea substanței uscate solubile.

Intensitatea procesului de fotosinteză este influențată de stresul hidric atât în mod direct, prin reducerea conținutului de apă din celule, cât și indirect, prin gradul de deschidere al stomatelor și prin creșterea rezistenței stomatelor la transportul dioxidului de carbon. De asemenea, intensitatea fotorespirației scade, iar absorbția substanțelor minerale se reduce corelat cu diminuarea procesului de transport prin rădăcină (Burzo ș.a., 1999).

Un indicator important al răspunsului pomilor la stresul hidric este reprezentat de modificarea conductibilității hidrice a stomatelor, urmată de închiderea acestora, ca efect a scăderii turgescenței celulelor și prin biosinteza acidului abscisic din rădăcini care induce închiderea hirdropasivă a acestora (Pallardy, 2010).

Scăderea turgescenței celulelor produce schimbări măsurabile la nivel foliar, prin reducerea semnificativă a suprafeței foliare dar și la celelalte organe ale pomilor de cireș prin modificarea nivelurilor de substanțe biochimice, cum ar fi zaharuri, acizi organici și compuși fenolici (Vosnjak ș.a., 2021).

Pentru cultura cireșului, cele mai intense efecte ale stresului hidric se manifestă când acesta se produce în perioada de înflorit și de creștere a fructelor. Efectul se manifestă prin fenomenul de ofilire permanentă, frunzele bazale se usucă, iar celelalte prezintă necroze marginale, la nivelul florilor, ovarele avortează, iar fructele legate cad (Burzo ș.a., 1999).

Perioadele de stres hidric au efecte pozitive în timpul inducției florale și al diferențierii mugurilor de rod prin aprovizionarea mai bună cu substanțe organice de rezervă.

Rezistența soiurilor de cireș la condițiile de stres hidric este determinată de dimensiunea sistemului radicular și adâncimea la care pătrunde în sol. Sistemul radicular al cireșului este dependent în principal de vigoarea portaltoiului folosit (Sivritepe ș.a., 2008).

Adaptarea pomilor la condițiile de secetă se realizează prin diverse mecanisme de menținere sau ameliorare a stării hidrice a celulelor și anume (Burzo & Dobrescu, 2011):

- plantele se opun activ deshidratării printr-un proces de adaptare osmotică. Aceasta constă în acumularea în celule a unor substanțe cu greutatea moleculară mică: glucide solubile, aminoacizi, ioni;
- are loc biosinteza acidului abscisic în rădăcini, care transportat în frunze determină închiderea hidroactivă a stomatelor și reducerea pierderilor de apă;
- are loc biosinteza etilenei, hormon ce are rolul de stimulare a senescenței și a procesului de abscisie a frunzelor, ceea ce contribuie la reducerea suprafeței foliare prin care se desfășoară procesul de transpirație și implicit pierderea apei.
- soiurile rezistente la secetă își dezvoltă un sistem radicular mai puternic care pătrunde în sol la adâncimi mari, de unde pot absorbi apa necesară.

Stresul hidric, cauzat de excesul de apă

Previziunile privind schimbările climatice globale prevăd că odată cu creșterea temperaturilor are loc și creșterea nivelului mărilor și oceanelor și incidența crescută a furtunilor severe cu exces de apă, astfel încât se pot anticipa și fenomene de inundații (Wuebbles ș.a., 2017), un factor de stres pentru plante și, implicit pentru cultura cireșului.

Inundarea solului induce o serie de procese fizice, chimice și biologice care pot influența calitatea solului ca mediu pentru creșterea plantelor. Efectele nocive ale excesului de apă sunt o consecință a reducerii disponibilității de oxigen pentru celule, creându-se condiții anaerobe în zona rădăcinilor (Vince & Zoltán, 2011).

Condițiile de stres cauzat de excesul de umiditate din sol generează condiții de anaerobioză la nivelul rădăcinilor și modificarea pH-ului solului care creează condiții de biosinteză unor noi proteine, care se consideră că reprezintă enzimele implicate în biodegradarea pe cale alcoolică. Substanțele rezultate din acest proces sunt alcoolul etilic, aldehida acetică, compuși care la un anumit nivel devin toxici pentru celule. Biodegradarea anaerobă furnizează o cantitate redusă de energie biochimică, ceea ce permite supraviețuirea în aceste condiții o perioadă scurtă de timp (Burzo ș.a., 1999).

Cireșul este o specie pomicolă care mai mult decât oricare alta, nu suportă excesul prelungit de umiditate din sol, în special când este altoit pe mahaleb. Limita de rezistență la asfixia radiculară este de câteva zile în timpul perioadei de vegetație și de 95-100 de zile (altoit pe cireș sălbatic/vișin) sau 70-75 zile (altoit pe mahaleb) în timpul perioadei de repaus (Budán & Grădinariu, 2000).

Răspunsul pomilor la aceste condiții variază în funcție de portul soiului dar și de temperatura solului. Astfel, dacă la temperaturi scăzute, consecințele sunt relativ inofensive, când temperaturile sunt mai mari (mai mari de 20°C), consumul de O₂ de către rădăcinile plantelor și microorganisme poate epuiza total oxigenul din sol în doar 24 de ore (Vince & Zoltán, 2011).

Stresul cauzat de excesul de umiditate determină modificări ale metabolismului și proceselor fiziologice prin închiderea stomatelor, scăderea procesului de fotosinteză, inhibarea respirației celulare. Închiderea stomatelor este însoțită de o creștere a cantității de acid abscisic și o acumulare de etilenă, ale căror efecte se manifestă prin senescența prematură a frunzelor, creșterea redusă a frunzelor, absorbția redusă de nutrienți, creșterea redusă a rădăcinilor și lăstarilor, formarea rădăcinilor adventive și susceptibilitate crescută la atacul agenților patogeni (Rao & Li, 2003).

De asemenea, o perioadă secetoasă urmată de una ploioasă provoacă creșterea presiunii interne în fructe, ceea ce duce la crăparea acestora în stadiul de pârgă sau când sunt mature, un fenomen des întâlnit la cireș.

Pentru cultura cireșului, umiditatea relativă a aerului trebuie să se mențină în jurul valorii de 75%, la umiditate atmosferică ridicată, fructele și ramurile fiind predispuse la atacul de *Monilinia*, mai ales pe fondul crăpării epidermei. Stresul cauzat de excesul de precipitații are cele mai nocive efecte în timpul fenofazei de înflorit, întrucât împiedică polenizarea și fecundarea, iar la sfârșitul perioadei de vegetație provoacă un al doilea val de creștere și întârzie maturarea lemnului (Burzo ș.a., 1999).

2.2.3. Temperatura și stresul termic

Temperatura condiționează toate procesele de transformare și de circulație a substanțelor în organismul vegetal și în mediul înconjurător al acestuia, precum: asimilația, respirația și transpirația, parcurgerea stadiilor fenologice de creștere și fructificare, începerea și încetarea vegetației, căderea frunzelor, circulația apei în sol și plantă (Quero-Garcia ș.a., 2017).

Speciile pomicole au un interval de temperatură relativ îngust de aproximativ 10°C pentru o creștere și o dezvoltare optimă. În afara acestui interval, apare fenomenul de stres termic, în funcție de amplitudinea și durata fluctuației de temperatură: temperaturi ridicate, temperaturi scăzute peste îngheț și temperaturi sub îngheț (Vince & Zoltán, 2011).

Rezistența plantelor la stresul termic este controlată genetic și este influențată de factorii ambianți care stimulează sau inhibă procesul de aclimatizare (Burzo ș.a., 1999).

Pentru cireș, cerințele față de temperatură oscilează în funcție de soi, stadiul de dezvoltare, fenofază, nivelul de nutriție și starea fitosanitară a pomilor.

Efectele negative ale temperaturii se manifestă la cultura cireșului la temperaturi ridicate (peste 40°C), la temperaturi mai mici decât limita de îngheț, cât și la temperaturi pozitive care variază în funcție de stadiu fenologic între 0 și 10°C și care au fost denumite temperaturi critice (Sumedrea, 2011).

Efectul temperaturii aerului este de obicei modificat de intensitatea luminii, disponibilitatea CO₂, temperatura solului, alimentarea cu apă și efectele de preconditionare ale altor factori de mediu (Pallardy, 2010).

Pentru pomii fructiferi în general și cultura cireșului în special, o importantă strategie de a supraviețui temperaturilor scăzute negative (temperaturi de îngheț) o reprezintă parcurgerea unei perioade de repaus, influențată de variațiile de temperatură sezoniere. Astfel, pe măsură ce fotoperioada și temperaturile scad, pe parcursul anotimpului de toamnă, are loc la cireș inițierea repausului vegetativ și a procesului de aclimatizare la temperaturi scăzute (Quero-Garcia ș.a., 2017).

Repausul vegetativ al pomilor poate fi împărțit în două faze principale (Kaufmann, 2018):

- endodormanță (repaus fiziologic profund), ce se instalează la cireș după diferențierea mugurilor. Principalele schimbări metabolice și biochimice sunt diminuarea proceselor de respirație și transpirație, oprirea creșterii și acumularea de azot proteic și zaharuri în țesuturile lemnoase.

- ecodormanță (repaus fiziologic forțat), etapă în care pomii se află în repaus atât timp cât temperaturile medii zilnice nu depășesc pragul biologic al speciei.

Pentru cultura cireșului, un factor limitativ în condițiile schimbărilor climatice actuale îl reprezintă lipsa frigului și alternanțele de temperaturi din etapa de ecodormanță.

Necesarul de ore de frig variază la cultura cireșului în funcție de soi, ajungând până la valori de 1600 de ore (Kaufmann, 2018).

Stresul termic cauzat de insuficiența duratei de expunere la temperaturi scăzute influențează negativ producția de fructe prin înflorire neuniformă, producție redusă de polen, anomalii anatomice ale mugurilor florali, absența pistilurilor și creșterea neregulată a fructelor (Litschmann ș.a., 2022).

Stresul termic cauzat de temperaturi scăzute negative

Stresul termic cauzat de temperaturile scăzute poate fi produs de diferite situații climatice iar daunele depind de intensitatea, rata de scădere a temperaturii și durata perioadei cu temperaturi de îngheț. Leziunile cauzate pot fi asociate cu temperaturi scăzute înainte de intrarea în repaus, toamna, în timpul repausului sau în timpul și după pornirea mugurilor în vegetație, primăvara (Rodrigo, 2000).

Daunele cauzate de temperaturile scăzute negative (de îngheț) sunt formarea de cristale de gheață intra sau extracelular, modificând metabolismul plantelor expuse la aceste temperaturi.

Gheața se formează mai întâi în spațiile intercelulare și în vasele de xilem, de-a lungul cărora gheața se poate propaga rapid. Această formare de gheață nu este

letală pentru pomii fructiferi, iar țesutul se reface complet dacă este încălzit. Cu toate acestea, atunci când plantele sunt expuse la temperaturi de îngheț timp de o perioadă prelungită, formarea cristalelor de gheață extracelulară duce la distrugerea fizică a membranelor și deshidratare excesivă (Vince & Zoltán, 2011).

Temperatura de îngheț variază în general, cu organul și gradul de maturitate, care sunt corelate cu conținutul de apă al acestora (Burzo ș.a., 1999).

În ceea ce privește țesutul, rezistența la temperaturi scăzute a ciresului scade în următoarea ordine: țesut lemnos și cortical al trunchiului, muguri floralii, apexurile vegetative, rădăcinile și fructele.

Temperaturile scăzute de la sfârșitul iernii și variațiile de temperatură care survin după o perioadă de temperaturi peste pragul biologic al speciei, sunt cele mai periculoase, chiar dacă nu înregistrează valori scăzute, deoarece pomii ies treptat din starea de călire și își pierd rezistența la ger (Asănică ș.a., 2012).

Cele mai dăunătoare momente cu temperaturi coborâte sunt în perioada ce precede înflorirea, prejudiciind formarea polenului și în final formarea fructelor. Procesul de îngheț este unul ireversibil, finalizându-se cu moartea celulelor (Quero-Garcia ș.a., 2017). Înghețul determină brunificarea țesuturilor, cauzată de perforarea membranelor plasmatice de aciculele de gheață și oxidarea fenolilor din vacuole.

Rezistența la îngheț se modifică pe parcursul perioadei de vegetație și anume, aceasta este scăzută primăvara la intrarea în vegetație și crește toamna, când are loc procesul de aclimatizare. Procesul de aclimatizare la frig se declanșează la expunerea treptată la temperaturi scăzute și fotoperioadă scurtă timp de mai multe zile. Astfel, în decurs de 7-10 zile temperatura letală pentru pomi scade semnificativ (Larcher, 2003).

Pe parcursul perioadei de aclimatizare a pomilor fructiferi la temperaturi scăzute au loc următoarele modificări biochimice (Burzo ș.a., 1999; Toma & Jităreanu, 2007):

- odată cu intrarea mugurilor în repaus vegetativ, are loc în țesuturile plantelor lemnoase un proces lent de acumulare a amidonului și a unor glucide solubile: glucoză, fructoză, zaharoză, maltoză, xiloză. O dată cu scăderea temperaturilor la 2-5°C are loc hidroliza rapidă a amidonului și concentrarea sucului celular ca urmare a acumulării glucidelor reducătoare.

- modificarea compoziției în aminoacizi a substanțelor proteice;

- în pereții celulari s-a constatat creșterea depunerilor de caloză, eliberarea poliglucidelor neutre cu greutate moleculară mică și scăderea conținutului în poliglucide pectice;

- permeabilitatea plasmalemei se mărește la temperaturi sub -2°C, favorizând deshidratarea celulelor;

- creșterea conținutului în acid abscisic al celulelor și al țesuturilor, ceea ce determină intrarea în repaus vegetativ;

Rezistența cireșului la acțiunea temperaturilor scăzute negtive depinde de starea pomilor, de durata temperaturilor în afara limitelor, de însușirile ereditare ale soiurilor, de condițiile atmosferice care însoțesc gerurile precum și de condițiile agrotehnice din perioada de vegetație (Burzo ș.a., 1999):

- densitatea mare a pomilor favorizează umbrirea acestora și diminuarea procesului de fotosinteză, corelată cu rezistența mai mică la îngheț;
- defolierea precoce stimulează creșterea mugurilor vegetativi, proces în care se consumă o parte din substanțele de rezervă, ceea ce conduce la scăderea rezistenței la îngheț a țesuturilor;
- irigațiile excesive efectuate după recoltarea fructelor determină favorizarea acumulării de apă în țesuturi și întârzierea intrării în repaus reduce rezistența la îngheț;
- fertilizările abundente cu azot întârzie maturarea lemnului, stimulând creșterile vegetative care măresc riscul de îngheț.

Stresul termic cauzat de temperaturi critice

Temperaturile critice sunt situate sub limitele optime, dar deasupra temperaturilor de îngheț. Temperaturile critice determină modificări structurale în proteinele și lipidele membranale. Lipidele trec de la faza de lichid cristalin la structură de gel solid.

Temperaturile critice determină numeroase modificări fiziologice la plantele sensibile: reducerea ritmului de transport al substanțelor prin membrane datorită modificării lipidelor, diminuarea activității unor enzime ale ciclului Krebs, ceea ce reduce ritmul de creștere, scăderea permeabilității membranelor mitocondriale care are ca efect producerea de aldehydă acetică și alcool etilic, substanțe toxice pentru celule care determină într-un final moartea celulelor.

Temperaturile critice reprezintă un factor de stres predominant pentru soiurile de cireș sau tipuri de portuloc care provin din alte zone, cu grad de adaptabilitate mai scăzut la condițiile climatice din țara noastră (Burzo ș.a., 1999).

Stresul termic cauzat de temperaturi ridicate

Creșterea temperaturilor globale aduce cu sine creșterea stresului termic, dar oferă și oportunități de extindere a producției de alimente vegetale la nivel național și regional, deoarece condițiile mai calde prelungesc perioadele fără îngheț (Bisbis ș.a., 2018).

Temperaturile ridicate prelungite care depășesc 40°C constituie un factor de stres major pentru procesele fiziologice ale pomilor fructiferi, cu un impact negativ asupra randamentului producției și asupra calității fructelor.

Aceste temperaturi stimulează procesul de respirație și transpirație, reduc fotosinteza și alterează proteinele structurale și enzimatice, iar efectul stresant asupra pomilor se manifestă prin deshidratarea țesuturilor, apariția de pete necrotice pe frunze și arsuri pe fructe (Burzo ș.a., 1999).

Răspunsul fiziologic la acțiunea temperaturilor ridicate sunt: modificarea mitozei (în procesul de diviziune celulară), plasmolizarea celulelor, creșterea vâscozității citoplasmei, modificarea curenților citoplasmatici, precum și reducerea intensității fotosintezei. De asemenea apar modificări ale conținutului de proteine, pigmenți clorofilieni, acizi nucleici.

Leziunile aparatului fotosintetic prin temperaturi ridicate pot fi reversibile prin expunerea ulterioară la o temperatură mai scăzută, cu condiția ca membranele organelor celulare (membranele mitocondriale, cloroplastice, nucleare și vacuolare) să nu fi fost grav afectate.

Gradul de recuperare depinde adesea de severitatea stresului termic și de timpul de expunere. Modificările proprietăților lipidelor membranei cloroplastice joacă un rol major în aclimatizarea fotosintezei la temperaturi ridicate prin creșterea stabilității la căldură a celulelor. Cu toate acestea, după expunerea la 48°C, capacitatea fotosintetică este redusă cu aproape trei sferturi, iar recuperarea la temperaturi de 20°C necesită în jur de opt săptămâni (Berry & Björkman, 1980).

Cireșul este o specie pomicolă care nu suportă temperaturile ridicate și arșița din timpul verii, în special în perioada diferențierii mugurilor de rod.

Numeroase studii au indicat faptul că fenomenul de formare a pistilurilor duble (fructe duble) este o consecință a creșterii temperaturii globale (Montiel ș.a., 2010; Beppu & Kataoka, 2011; Quero-Garcia ș.a., 2017).

Pentru cireș, o mare importanță o are temperatura și în fenofaza înfloritului, temperaturile excesive, mai ales când sunt corelate cu o umezeală relativă scăzută a aerului și vânt, provoacă uscarea nectarului și reducerea secreției stigmatelor, influențând negativ procesul polenizării florilor și a legării fructelor. Producții normale se produc când, pe durata înfloririi în masă se înregistrează 4-5 zile consecutive cu temperaturi minime mai mari de 4°C, cu temperaturi medii de 10°C și temperaturi maxime de 18-20°C (Budan & Grădinariu, 2000).

Arsurile provocate de soare se manifestă îndeosebi la zonele din vârful coroanei pomilor, expuse direct la acțiunea radiațiilor solare. Astfel, au loc în celulele epidermice și hipodermice reacții de biodegradare ce apar inițial sub forma decolorării țesuturilor, urmată de brunificare (Burzo ș.a., 1999).

CAPITOLUL III
CONDIȚIILE ECOLOGICE ÎN CARE S-AU DESFĂȘURAT
CERCETĂRILE

CHAPTER III
THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN WHICH THE
RESEARCH WAS CARRIED OUT

Fiecare bazin pomicol este caracterizat prin anumite condiții climatice și edafice specifice zonei, permițând sau nu răspândirea anumitor specii pomicole. În alegerea terenului destinat plantațiilor pomicole este necesar să se coreleze cerințele speciilor și soiurilor utilizate cu condițiile pedoclimatice ale zonei respective.

Cunoașterea și utilizarea eficientă a resurselor climatice în agroecosistemul pomicol reprezintă o sursă importantă de creștere a producției de fructe. Fiecare factor climatic are un rol determinant, dar nu acționează izolat, relațiile dintre aceștia sunt de interdependență, modificarea unuia atragând după sine modificarea celorlalți.

Distribuția spațială a gradului de favorabilitate al plantațiilor pomicole prin interpolare geo-statistică creează bazele unei noi metodologii de zonare prin modele aplicabile în cadrul impactului schimbărilor climatice.

Dintre factorii care intervin, cu o pondere mare la realizarea biotopului culturii cireșului, cu impact definitoriu sunt: așezarea geografică a zonei, relieful, solul, clima și resursele hidrice.

Cadrul natural în care a fost organizată experiența, care face obiectul de studiu al acestei teze de doctorat este reprezentat de Stațiunea de Cercetare - Dezvoltare pentru Pomicultură Iași.

3.1. Așezarea geografică, relief, hidrologie și vegetație

Stațiunea de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură (SCDP) Iași este o unitate de cercetare și dezvoltare cu personalitate juridică, subordonată ierarhic Academiei de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu Șişesti” București.

Unitatea își desfășoară activitatea pe teritoriul județului Iași în Câmpia Moldovei, respectiv pe teritoriul județului Suceava în Podișul Sucevei. Sediul administrativ al unității este localizat în localitatea Miroslava, în partea de nord-est a orașului Iași (fig. 3.1).

Municipiul Iași este situat geografic în partea de nord-est a României și este mărginit de râul Prut la est (granița cu Republica Moldova), de râul Moldova la vest, de județele Botoșani și Suceava la nord, iar la sud de județul Vaslui. Coordonatele geografice de poziționare globală se află între limitele de latitudine nordică de 47°10' și 47°30' și longitudine estică de 27°50' și 27°65'.

Suprafețele aflate în administrarea SCDP Iași se plasează din punct de vedere agricol în Regiunea pomicolă a XI-a (Câmpia Moldovei) și Regiunea pomicolă a V-a (Podișul Sucevei) (Sumedrea, 2011).

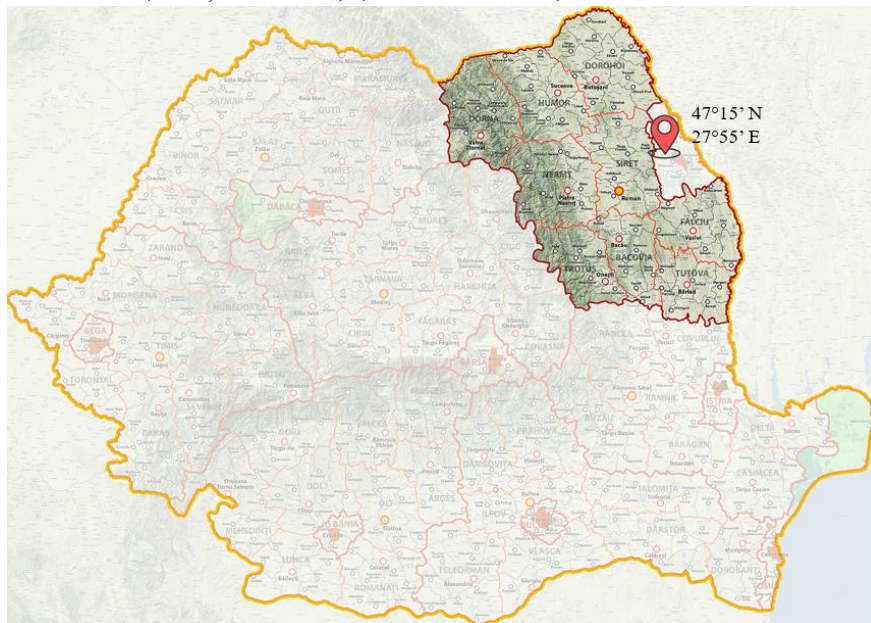


Fig. 3.1. Harta administrativă a regiunii Moldova
Fig. 3.1. Administrative map of the region of Moldova
[\(<http://metrosec.ro/regiunea-moldova> \)](http://metrosec.ro/regiunea-moldova)

Relieful este factorul natural cu rol important în ecosistemul regiunilor pomicele având o influență directă prin formele sale variate și procesele morfodinamice pe care le generează, dar și indirectă prin altitudine, expoziție, pantă, asupra diversificării spațiale a climei, hidrografiei, vegetației și pedogenezei, care generează consecințe specifice în pomicultură.

Relieful județului Iași este deluros. Partea centrală și de nord-est este dominată de dealuri și podișuri interfluviale joase, traversate de râurile Bahlui și Jijia, cu versanți afectați de alunecări de teren și lunci inundabile. Zona de vest cuprinde culmi deluroase, platouri înalte (depășesc 400 m), și luncile râurilor Siret și Moldova. Partea de sud are un relief înalt și masiv și este străbătută de afluenții râurilor Bârlad și Vaslui.

Stațiunea de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură Iași este reprezentată ca și formă de relief de Câmpia Jijiei inferioare și a Bahluiului în partea de sud, cu suprafețe tranzitorii spre Podișul Central Moldovenesc. Relieful unității cuprinde interfluvii largi, sculpturale, alcătuite din platouri plane și slab înclinate.

Plantația experimentală din cadrul SCDP Iași, unde au fost efectuate cercetările este localizată pe un mezurelief cu platou slab înclinat și cuprinde soluri

de tip cernoziom cambic predominant cu un drenaj natural bun. Roca parentală este de tip luturi loessoide (Iurea, 2014).

Hidrologia suprafețelor studiate cuprinde bazinul mijlociu al Bahluețului și bazinul hidrografic al pâraului Nicolina. Apele pluviale și cele rezultate din topirea zăpezilor se scurg spre valea Bahluețului pe direcția unor văi coluviale. Nivelul freatic se găsește la adâncimi de peste 3,5 m iar regimul hidric se caracterizează printr-o alimentare pluvio-nivală accentuate, de 90-95%, cu variații de nivel și debit ridicat (Perju, 2021).

Vegetația teritoriului este specifică de tip stepă și silvostepă, zona silvică fiind reprezentată de păduri de foioase. Frecvența maselor de aer se deplasează pe direcția N și N-V, iarna și E și S-E primăvara.

Teritoriul județului Iași cuprinde 370 mii ha de teren agricol, aproximativ 70% fiind reprezentat de terenuri arabile, 5% de vii și livezi, iar restul de fânețe și pășuni.

3.2. Condițiile climatice

Caracterizarea climatică a zonei studiate a fost efectuată prin utilizarea datelor stației meteorologice ale Stațiunii de Cercetare Dezvoltare pentru Pomicultură Iași (sistemul *AgroExpert*), precum și datele cuprinse în Catalogul Administrației Naționale de Meteorologie.

Sistemul de monitorizare climatică *AgroExpert* este un echipament specializat în monitorizarea microclimatului din zona amplasării culturii și este constituit dintr-un ansamblu de indicatori meteorologici de măsurare și de transmitere a datelor din zonele culturilor deservite către stația centrală de recepție.

Sistemul *AgroExpert* conferă o evidență strictă a condițiilor climatice, fiind conectat în permanență la un dispozitiv PC ce evaluează condițiile meteo;

Clima județului Iași este de tip temperat continental pronunțat, cu variații ale temperaturiilor cuprinse între valoarea minimă de -36°C și maximă de +40°C, media anuală în perioada anilor 2000- 2020 fiind de +9,8°C (INS, 2022).

Înghețurile de primăvară se înregistrează până la data de 30 aprilie, iar cele de toamnă începând cu data de 1 octombrie. Intervalul fără îngheț durează în medie 175 zile, iar perioada de vegetație un număr de 236 zile. Precipitațiile însumează aproximativ 450-550 mm anual, iar umiditatea atmosferică este cuprinsă în medie între 57-64%. Izolat, poate avea loc și fenomenul de grindină.

Radiația solară are valori în medie de 116 Kcal/cm² cu o distribuție neuniformă în decursul anului, astfel că 40 % din total revine perioadei de vară, iar iarna se realizează doar 10 %.

Durata de strălucire a soarelui prezintă o mare importanță ecologică întrucât cuantifică durata de timp din perioada de vegetație în care soarele este neacoperit de nori, ceea ce determină o insolație normală pentru procesele fiziologice de fotosinteză, respirație și transpirație. La Iași, durata de strălucire a soarelui a

înregistrat valori medii anuale cuprinse între 2039,0 și 2103,8 ore, din care în perioada de vegetație aproximativ 1466-1601 ore.

Numărul mediu al zilelor cu cer senin este de 107, a celor cu cer noros 114, iar al celor cu cer acoperit este de 144 zile. Cel mai mare număr de zile cu soare se înregistrează în luna iulie (30 zile), iar cele mai mici valori se înregistrează în luna decembrie (17 zile).

Bruma este un fenomen meteorologic ce poate fi dăunător culturii pomilor. La Iași, bruma se produce începând cu data de 1 octombrie, iar primăvara până la data maximă de 20 aprilie. În medie, numărul zilelor cu brumă este de 29 anual, fiind frecvente pe văi și în treimea inferioară a versanților.

Datele climatice utilizate și interpretate în perioada de efectuare a studiului au fost înregistrate la stația meteo *AgroExpert* din cadrul Poligonului Experimental de Cercetare al SCDP Iași, din zona Miroslava, în care a fost organizată experiența.

Datele meteorologice ale anilor de studiu 2021-2023 au fost comparate cu o bază de date stocată în MS Office Excel, constituită din valorile zilnice ale parametrilor meteorologici, înregistrate pe o perioadă de 50 de ani, utilizate ca valori multianuale de referință.

3.2.1. Temperatura

Din totalitatea factorilor climatici, regimul termic exercită cea mai puternică influență asupra duratei unui ciclu de vegetație precum și a diferitelor perioade ale acestuia. Căldura și lumina sunt forme de energie solară benefice ecosistemului pomicol în germinația sămburilor, creștere, înflorire, fructificare, acumulare a substanțelor de rezervă.

În perioada 2010-2020 evoluția temperaturilor medii anuale a oscilat de la 9,8°C, în 2011 la 12,1°C, în 2020. Media temperaturii multianuale înregistrată de sistemul *Agroexpert* din cadrul SCDP Iași a fost în anii 2010-2020 de 10,8°C, cu o abatere pozitivă de +1,2°C.

Temperaturile maxime au fost înregistrate în lunile iulie și august, de 21,8°C, iar valorile minime s-au regăsit în luna ianuarie, de -2,6°C (fig. 3.2).

Abateri pozitive medii au fost înregistrate în toate lunile anilor monitorizați, temperatura medie lunară fiind mai mare decât mediana intervalului de referință standard (1969 - 2009) având valori cuprinse între +0,5°C în luna iulie și +2,1°C în luna martie (fig. 3.3), cu o valoare medie multianuală de +1,2°C.

Astfel, tendința de evoluție a temperaturii medii anuale este în creștere, iar din punct de vedere sezonier s-au constatat încălziri semnificative în anotimpul de început de primăvară, respectiv sfârșitul toamnei.

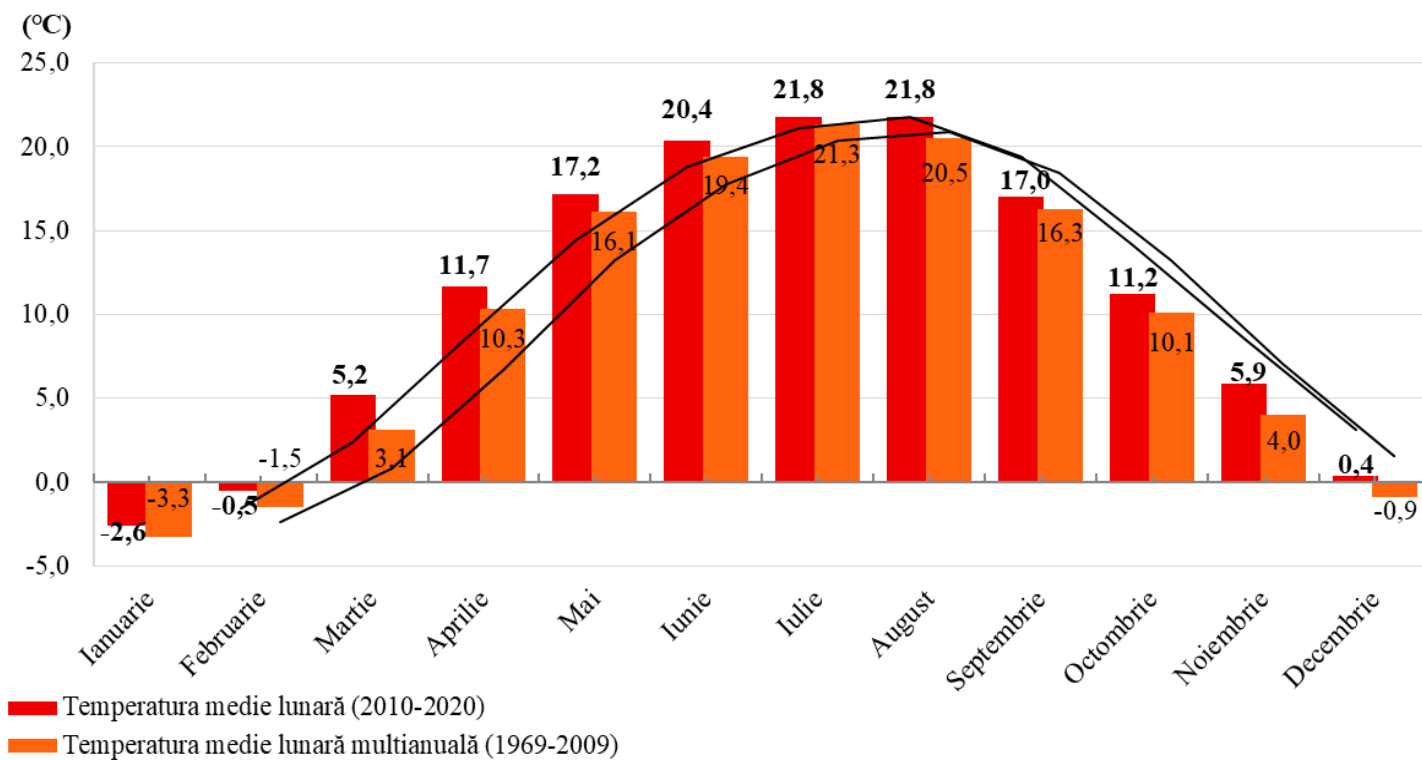


Fig. 3.2. Evoluția temperaturii medii lunare în perioada 2010-2020, comparativ cu mediana intervalului climatologic standard (1969-2009)

Fig. 3.2. Evolution of the average monthly temperature in the period 2010-2020, compared to the median of the standard climatological interval (1969-2009)

(Date furnizate de Sistemul AgroExpert, SCDP Iași)

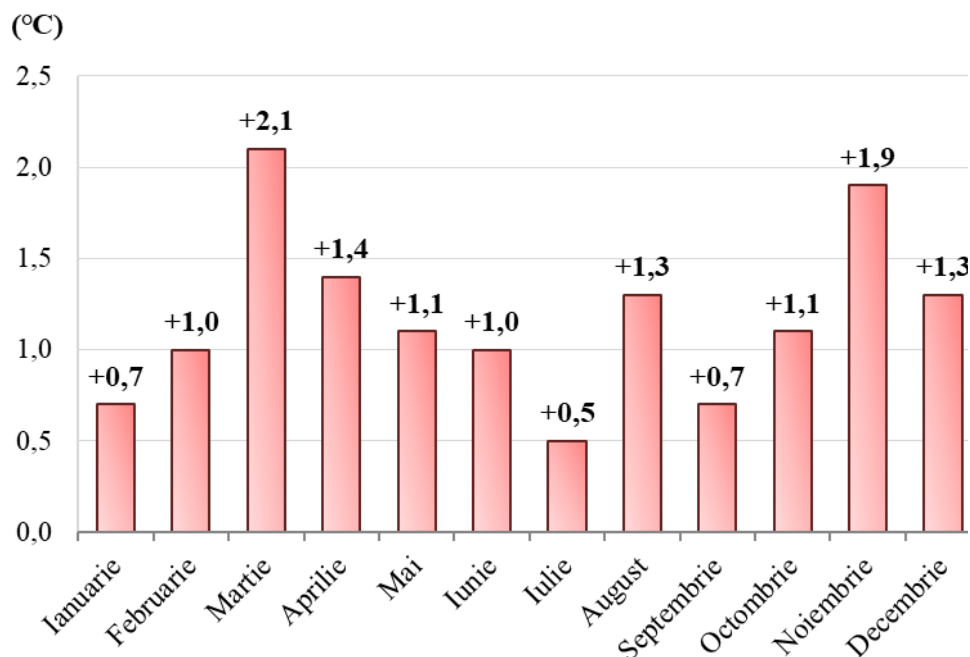


Fig. 3.3. Abaterea temperaturilor medii pe parcursul a zece ani (2010-2020) față de mediana intervalului de referință 1969-2009

Fig.3.3. Deviation of ten-year average temperatures (2010-2020) from the median of the reference interval 1969-2009

Schimbările evidențiate în regimul climatic din zona de N-E a României se încadrează în contextul privind încălzirea globală, însă cu particularități specifice regiunii geografice din care aceasta face parte.

Referitor la valorile extreme absolute ale temperaturii din perioada anilor 2010-2020, se evidențiază faptul că atât temperatura minimă absolută, cât și maximă absolută s-au înregistrat în cadrul Poligonului Experimental de Cercetare al SCDP Iași, din zona Miroslava în anul 2012, atingând valori de $-24,3^{\circ}\text{C}$ (luna februarie) și $41,3^{\circ}\text{C}$ (luna august) (tabelul 3.1).

3.2.2. Regimul pluviometric

Cantitatea totală de precipitații din anii 2010-2020 a avut o valoare medie de 568,7 mm, un regim hidric echilibrat pentru speciile pomicole. Anual, regimul pluviometric a oscilat între 399 mm în anul 2015 și 1.046 mm în anul 2017, când s-a înregistrat un excedent de peste 477 mm față de media multianuală de referință.

Distribuția lunară a precipitațiilor pe parcursul celor zece ani, a oscilat de la 22,5 mm, în luna februarie la 94,1 mm în luna iunie (fig. 3.4).

Valorile abaterii cantității lunare de precipitații au fost negative în lunile februarie, iulie, august, septembrie și noiembrie.

Tabelul / Table 3.1**Valori extreme absolute ale temperaturii aerului (°C) în intervalul 2010-2020/*****Absolute extreme values of air temperature (°C) in the range 2010-2020*****(Date furnizate de Sistemul AgroExpert, SCDP Iași)**

Luna	Temperatura minimă absolută		Temperatura maximă absolută	
	(°C)	Ziua/anul	(°C)	Ziua/anul
Ianuarie	-19,9	31.01.2014	+13,5	22.01.2020
Februarie	-24,3	12.02.2012	+19,7	22.02.2016
Martie	-17,0	01.03.2018	+24,1	31.03.2016
Aprilie	-2,5	19.04.2017	+30,9	30.04.2012
Mai	+0,1	06.05.2014	+32,2	31.05.2018
Iunie	+5,5	08.06.2016	+37,0	22.06.2012
Iulie	+8,5	02.07.2018	+38,5	29.07.2012
August	+6,8	30.08.2017	+41,3	07.08.2012
Septembrie	+0,7	30.09.2017	+36,9	01.09.2015
Octombrie	-6,9	26.10.2014	+29,8	07.10.2020
Noiembrie	-12,3	30.11.2018	+24,4	06.11.2019
Decembrie	-16,0	31.12.2014	+16,9	27.12.2015
Valoare extremă	-24,3	12.02.2012	41,3	07.08.2012

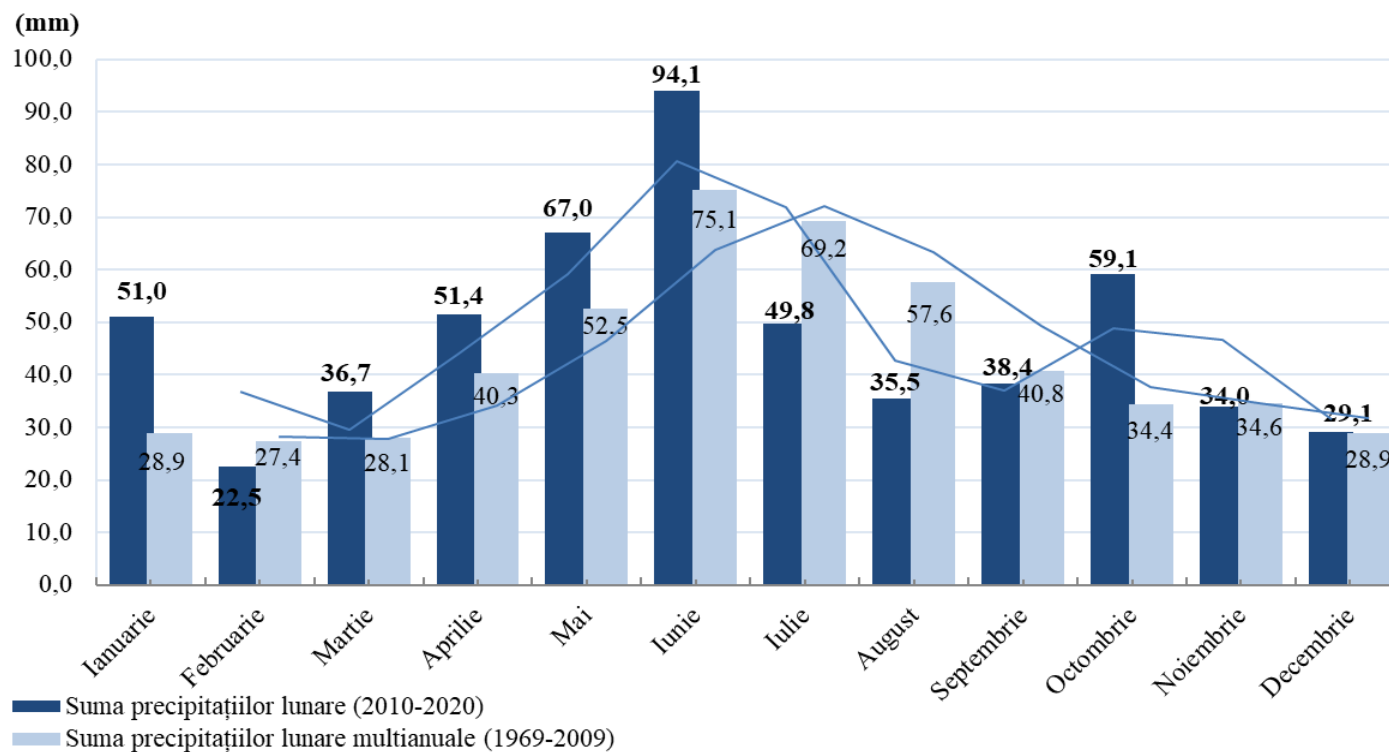


Fig. 3.4. Evoluția precipitațiilor medii lunare în perioada 2010-2020, comparativ cu mediana intervalului climatologic standard (1969 - 2009)

Fig. 3.4. Evolution of the average monthly precipitation in the period 2010-2020, compared to the median of the standard climatological interval (1969-2009)

(Date furnizate de Sistemul AgroExpert, SCDP Iași)

Deși cantitatea totală de precipitații a fost suficientă din punct de vedere al mediei anuale, distribuția acestora a fost neuniformă pe parcursul sezonului de vegetație, înregistrându-se cantități abundente în stadii fenologice în care reprezintă un risc pentru cultura cireșului în realizarea polenizării (luna aprilie), calitatea fructelor (luna iunie) precum și maturarea lemnului (luna octombrie) (fig. 3.5).

Excedent de precipitații a fost înregistrat în opt din cele 12 luni ale anului și au variat între 0,2 mm (luna decembrie) și 24,7 mm (luna octombrie) (fig. 3.5).

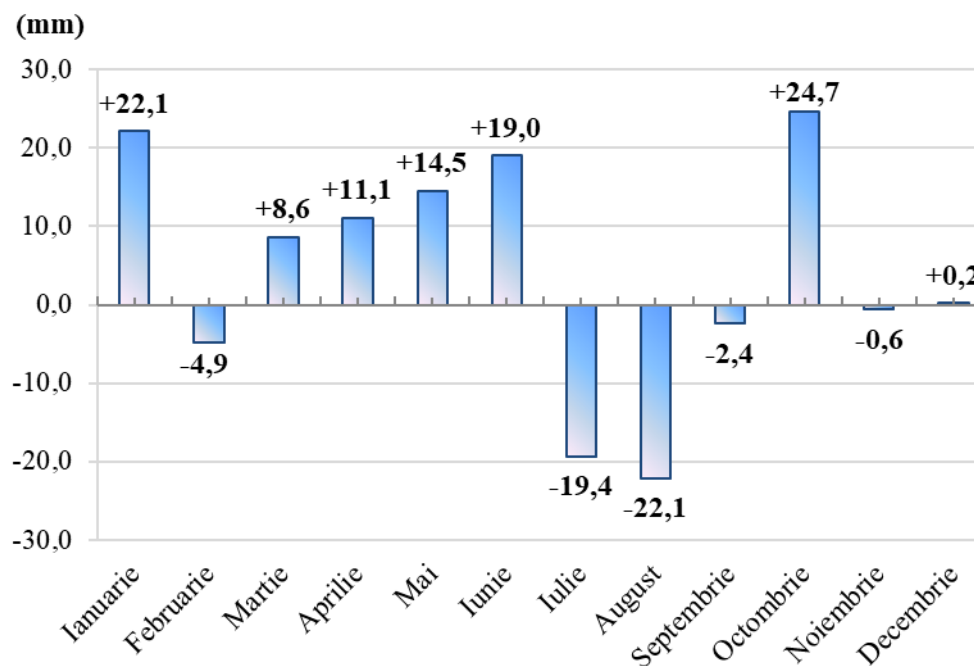


Fig. 3.5. Abaterea cantității totale de precipitații față de mediana intervalului de referință 1969-2009

Fig.3.5. Total precipitation deviation from the median of the reference interval 1969-2009

3.2.3. Umiditatea relativă a aerului

Umiditatea relativă a aerului reprezintă un alt indicator al regimului hidric, de importanță majoră pentru cultura cireșului.

Pe parcursul anilor 2010-2020, umiditatea relativă a aerului oscilează de la o lună la alta. În perioada de iarnă, umiditatea atmosferică are valori mai ridicate, ce pot atinge în unele zile și 90%, urmând ca pe parcursul perioadei de vegetație aceste valori să scadă la 60-70% (fig. 3.6).

În cazul pomilor fructiferi umiditatea relativă ridicată a aerului poate favoriza apariția bolilor criptogamice (antracnoză, bacterioză).

Umiditatea relativă a aerului înregistrată în cadrul Poligonului Experimental de Cercetare, Miroslava în perioada 2010-2020, a avut o valoare medie anuală de 71,9% și nu a coborât sub 61% pe parcursul anului.

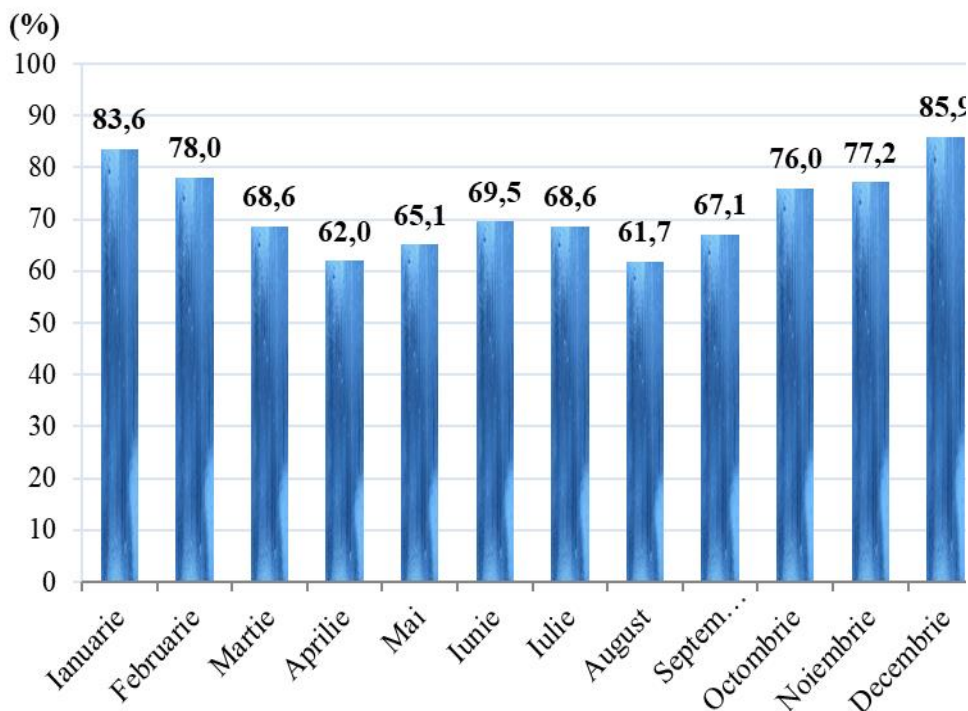


Fig. 3.6. Umiditatea relativă a aerului (%) în perioada 2010-2020

Fig.3.6. Relative air humidity (%) in the period 2010-2020

(Date furnizate de Sistemul AgroExpert, SCDP Iași)

3.3. Cuantificarea resurselor agroclimatice pentru cultura cireșului în anii de studiu la SCDP Iași

Cireșul este o specie pomicolă pretențioasă față de condițiile pedoclimatice, însă găsește în țara noastră condițiile favorabile dezvoltării și fructificării (Budan & Grădinaru, 2000).

Condițiile climatice din zona în care s-au desfășurat cercetările, prin regimul termic și hidric înregistrat corespunde cerințelor cireșului față de factorii agroclimatici.

Caracterizarea regimului termic al anilor agricoli de studiu 2021-2023 la SCDP Iași

Pe parcursul anilor agricoli de studiu (2021-2023), se evidențiază o creștere a temperaturii medii anuale, comparativ cu cea a anilor 2010-2020 (fig. 3.2), abaterea față de media multianuală de referință (1969-2009) atingând valori maxime de +5,2°C în luna februarie 2022, respectiv +6,4°C în ianuarie 2023.

Media anuală a temperaturii a crescut față de media anilor 2010-2020 de la 10,8°C cu +0,3°C în anul agricol 2021-2022 și cu +1,3°C în 2022-2023 (tabelul 3.2).

Tabelul /Table 3.2

Temperatura medie a aerului din perioada anilor agricoli 2021-2023 (°C)/
Average air temperature during the agricultural years 2021 to 2023 (°C)
 (Date furnizate de Sistemul AgroExpert, SCDP Iași)

Luna	Temperatura medie a aerului (°C)					
	2021 – 2022			2022 – 2023		
	Media lunară	Multianuala	Abatere	Media lunară	Multianuala	Abatere
Octombrie	9,4	10,1	-0,7	12,3	10,1	+2,2
Noiembrie	6,5	4,0	+2,5	5,5	4,1	+1,4
Decembrie	0,6	-0,9	+1,5	1,4	-0,8	+2,2
Ianuarie	0,4	-3,3	+3,7	2,8	-3,6	+6,4
Februarie	3,7	-1,5	+5,2	1,6	-1,9	+3,5
Martie	3,2	3,1	+0,1	6,8	3,3	+3,5
Aprilie	10,0	10,3	-0,3	9,7	10,1	-0,4
Mai	16,6	16,1	+0,5	16,2	16,1	+0,1
Iunie	21,9	19,4	+2,5	20,7	19,4	+1,3
Iulie	23,2	21,3	+1,9	23,3	21,3	+2,0
August	22,5	20,5	+2,0	25,5	20,6	+4,9
Septembrie	15,5	16,3	-0,8	19,8	16,3	+3,5
Media anuală	11,1	9,6	+1,5	12,1	9,6	+2,5

Valorile extreme absolute înregistrate pe parcursul anilor agricoli 2021-2023 (tabelul 3.3) reprezintă un indicator important în estimarea nivelului de stres termic în cultura cireșului. Astfel, valoarea minimă înregistrată a fost de -13,1°C, în luna februarie a anului 2023, pomii fiind neafecțați, întrucât se aflau în perioada de repaus vegetativ.

Cel mai ridicat risc în ceea ce privește cultura cireșului îl reprezintă înghețurile târzii de primăvară, specia fiind cu înflorire timpurie. Pe parcursul anilor de studiu, temperaturi minime de -2,0°C s-au înregistrat după începerea sezonului de vegetație, în luna aprilie a anului 2022, cu efecte negative asupra polenizării, pomii fiind în stadiul fenologic de început înflorit.

În zona de studiu, pierderile au fost de 25%, valoare nesemnificativă pentru producția finală de fructe în cazul culturii cireșului.

Temperaturi maxime de peste +35,0°C în perioada monitorizată au fost înregistrate în lunile iunie (+36,5°C în 2022), iulie (+36°C în 2023), atingând temperatura de +37°C în luna august a anului 2023.

Tabelul /Table 3.3

**Valori extreme absolute ale temperaturii aerului (°C) în
perioada 2021-2023/ *Absolute extreme values of air temperature (°C) in
the range 2021-2023***
(Date furnizate de Sistemul AgroExpert, SCDP Iași)

Luna	Minima absolută		Maxima absolută	
	(°C)	Ziua/anul	(°C)	Ziua/anul
Ianuarie	-11,4	25.01.2022	17,1	19.01.2023
Februarie	-13,1	09.02.2023	16,5	25.02.2023
Martie	-9,0	11.03.2022	22,6	25.03.2023
Aprilie	-2,0	19.04.2022	25,2	01.04.2022
Mai	3,0	11.05.2023	31,4	21.05.2022
Iunie	5,7	04.06.2023	36,5	30.06.2022
Iulie	10,1	12.07.2022	36,0	17.07.2023
August	13,8	11.08.2022	37,0	28.08.2023
Septembrie	6,5	25.09.2022	28,7	23.09.2023
Octombrie	-1,8	21.10.2022	26,3	01.10.2022
Noiembrie	-0,7	20.11.2022	18,1	01.11.2022
Decembrie	-7,4	19.12.2022	12,8	31.12.2022
Valoare extremă	-13,1	09.02.2023	+37,0	28.08.2023

Cireșul fiind printre speciile pomicele cele mai iubitoare de lumină, pentru o bună creștere și dezvoltare, îi sunt necesare 2100-2300 ore de strălucire a soarelui pe an, repartizate astfel încât în sezonul de primăvară să aibă valorile cele mai mari, iar în perioadele de vară și de toamnă să nu depășească anumite limite.

Resursele heliometrice din zona unde s-a efectuat studiul, exprimate în număr ore insolație, au însumat în medie pe parcursul anilor agricoli 2021-2023 valoarea de 2025, 3 ore, cu o valoare minimă în luna ianuarie, de 49,9 ore și un maxim înregistrat în luna iulie, de 273 ore (fig. 3.7).

Variațiile ecoclimatice din cadrul Poligonului Experimental de Cercetare al SCDP Iași privind cultura cireșului sunt foarte largi, în funcție de soi astfel: perioada de vegetație de la dezmugurit și până la căderea frunzelor este cuprinsă între 205-240 de zile, iar bilanțul termic activ de la pornirea în vegetație și până la maturarea fructelor însumează în medie între 800 și 1.600°C.

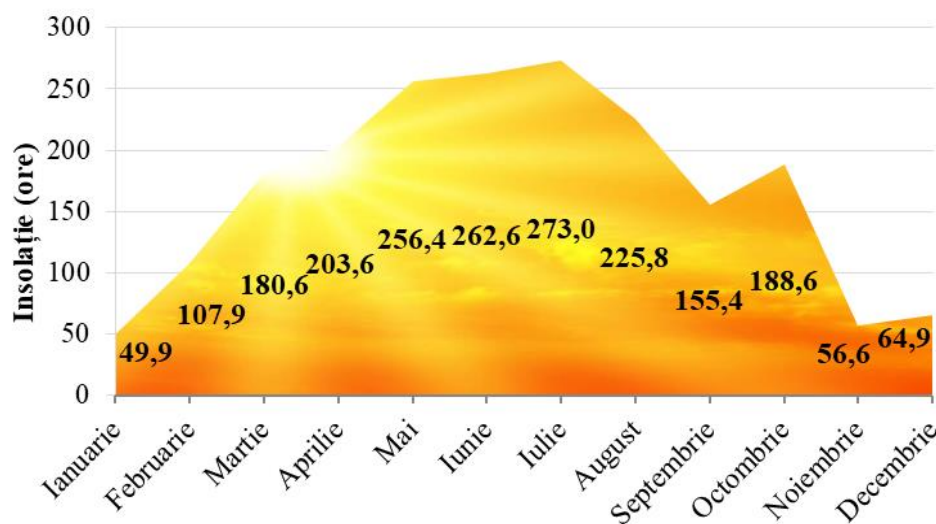


Fig. 3.7. Insolația medie în anii 2022-2023 (număr ore)
Fig. 3.7. Average insolation in the years 2022-2023 (number of hours)
 (Date furnizate de Sistemul AgroExpert, SCDP Iași)

Caracterizarea regimului hidric al anilor agricoli de studiu 2021-2023 la SCDP Iași

În caracterizarea regimului precipitațiilor de pe parcursul anilor agricoli 2021-2023, se evidențiază un deficit mediu anual major de -122,5 mm în 2021-2022, respectiv -219,9 mm în anul agricol 2022-2023 (tabelul 3.4).

Pe parcursul anului 2022, cel mai mare deficit de precipitații s-a înregistrat în perioada mai-iulie, însumând -125,0 mm, instalându-se astfel seceta pedologică puternică. Insuficiența apei în faza de creștere vegetativă (aprilie-iunie) și în perioada post-recoltare, poate avea efecte negative asupra creșterii pomilor și a fructificării, ce au repercusiuni și în anul următor.

În anul agricol octombrie 2022 - septembrie 2023, regimul pluviometric a avut valori deosebit de scăzute, înregistrându-se un deficit în 10 din cele 12 luni ale anului, abaterile negative față de valorile medii multianuale (1969-2009) fiind cuprinse între -4,1 mm (în luna februarie 2023) și -67,1 mm (în luna iunie 2023).

De asemenea, pe parcursul anului 2023, în luna aprilie (zile de 5 și 6), precipitațiile au fost sub formă de ninsori abundente, stratul de zăpadă fiind de aproximativ 30 cm. Specia pomicolă cireș, deși se afla în fenofaza de dezmugurit-început înflorit, nu a fost afectată, temperaturile minime înregistrate fiind de -1,0°C.

Un alt indicator al regimului hidric îl constituie umiditatea relativă a aerului, care în perioada analizată (2021-2023) oscilează în medie între 55% (luna iulie) și 87% (în luna noiembrie) (fig. 3.8).

Tabelul /Table 3.4

Suma precipitațiilor lunare din perioada anilor agricoli 2021-2023 (mm)/
Average monthly precipitation during the agricultural years 2021 to 2023 (mm)
 (Date furnizate de Sistemul AgroExpert, SCDP Iași)

Luna	Suma lunară a precipitațiilor atmosferice (mm)					
	2021 – 2022			2022 – 2023		
	Suma lunară	Multianuala	Abaterea	Suma lunară	Multianuala	Abaterea
Octombrie	4,4	34,4	-30,0	12,6	34,4	-21,8
Noiembrie	9,6	34,6	-25,0	69,2	34,6	34,6
Decembrie	39,0	28,9	10,1	16,2	28,9	-12,7
Ianuarie	6,6	28,9	-22,3	12,1	28,9	-16,8
Februarie	10,4	27,4	-17,0	23,3	27,4	-4,1
Martie	56,9	28,1	28,8	5,8	28,1	-22,3
Aprilie	58,0	40,3	17,7	35,0	40,3	-5,3
Mai	17,4	52,5	-35,1	5,0	52,5	-47,5
Iunie	26,6	75,1	-48,5	8,0	75,1	-67,1
Iulie	27,8	69,2	-41,4	91,5	69,2	22,3
August	69,0	57,6	11,4	8,2	57,6	-49,4
Septembrie	69,6	40,8	28,8	11,0	40,8	-29,8
Suma anuală	395,3	517,8	-122,5	297,9	517,8	-219,9

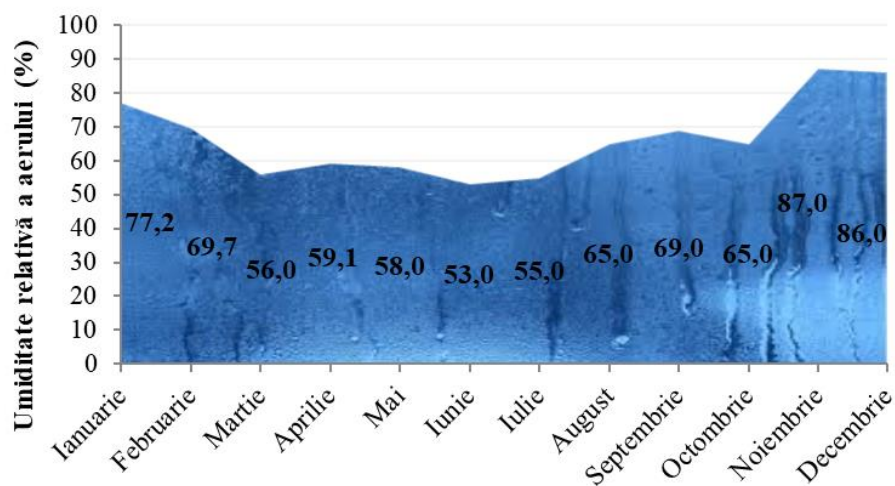


Fig. 3.8. Umiditatea atmosferică medie în anii 2022-2023 (%)
Fig. 3.8. Average atmospheric humidity in the years 2022-2023 (%)
 (Date furnizate de Sistemul AgroExpert, SCDP Iași)

Umiditatea relativă a aerului înregistrată în cadrul Poligonului Experimental SCDP Iași în perioada 2021-2023, are o valoare medie anuală de 67,7% și coboară până la 55% pe parcursul anului.

Pentru cultura cireșului, umiditatea relativă a aerului trebuie să se mențină în jurul valorii de 75%, și să nu scadă sub 60-65% în perioada martie-august. O umiditate atmosferică ridicată favorizează apariția bolilor criptogamice (antracnoză, bacterioză), iar scăderea acesteia sub 60% cauzează seceta atmosferică.

Caracterizarea condițiilor pedologice în cadrul SCDP Iași

Pe teritoriul Stațiunii de Cercetare - Dezvoltare pentru Pomicultură Iași se întâlnește un sol potrivit culturii cireșului, fiind de tip cernoziom cambic, cu o textură ușoară, mijlocie, permeabil pentru apă și aer.

Analizele fizico-chimice a probelor de sol și profilele efectuate din zona luată în studiu au evidențiat trei unități taxonomice de sol distribuite astfel:

- Profilul 1 - cernoziom tipic, mijlociu carbonatic, cu eroziune moderată în suprafață, format pe depozite loessoide și lutoargilos pe toată adâncimea profilului. Valoarea pH-ului a avut valori de 7,7 - 8,0, o reacție slab alcalină iar carbonatul de calciu și magneziu apar de la suprafață, în cantități medii de 7-8 %. Conținutul în humus a avut valori medii cuprinse între 1,95 - 2,6% și azot total cu valori reduse, de 0,100-0,132%.

- Profilul 2 - cernoziom cambic tipic, lutoargilos pe tot profilul, format pe depozite loessoide. Textura solului este lutoargilooasă, procentul de argilă fiind cuprins între 35,9 și 39,2. Reacția solului a oscilat de la slab acidă (pH=6,2), la neutră (pH=6,8-7,0), iar în adâncime la nivelul orizontului de acumulare a carbonatului de calciu, valorile pH-ului cresc până la 7,9. Carbonatul de calciu și magneziu s-a regăsit în cantități destul de mari 15,1-18,3% la adâncimi de 75 - 100 cm. Conținutul în humus de la suprafață este mediu (3,68-4,31 %), și scade în adâncime până la 1,65-3,15%. Conținutul în azot total este redus, având valori de 0,122-0,084%.

- Profilul 3 - coluvisol pseudogleizat moderat care se găsește începând cu adâncimea de 70-90 cm, format pe depozite loessoide. Este necarbonatic, luto-lutoargilos. Reacția solului este slab acidă, la suprafață (pH=6,6-6,7) și neutră până la adâncimea de 150 cm (pH=6,8-7,2), sub această adâncime devenind slab alcalină (pH=7,5-8,1) până la adâncimea de 350 cm. Conținutul de carbonat de calciu crește treptat în adâncime, cu valori medii de 13,41% la 300 cm. Conținutul total în azot are valori medii (0,111-0,177%), pe aceeași adâncime a solului.

Clasificarea și denumirea profilelor de sol a fost realizată conform „Sistemului român de clasificare a solurilor” elaborat de ICPA București, 1980.

Rezultatele analizei solului din zona în care au fost realizate cercetările demonstrează faptul că cerințele pedologice ale culturii cireșului au fost îndeplinite, necesitând însă în vederea sporirii producției administrarea de îngrășăminte organice și minerale pentru completarea deficitului existent. Cireșul preferă solurile mijlocii

și permeabile, cele mai favorabile terenuri fiind cele cu un pH slab acid spre neutru, de 5,6-7,4. În solurile argiloase cireșul nu fructifică și trăiește puțin.

3.4. Cadrul instituțional și organizatoric unde s-au desfășurat cercetările

Stațiunea de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură Iași este o instituție publică de drept cu personalitate juridică, aflată în subordinea Academiei de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu-Șișești” (conform Legii nr. 45/2009 și a H.G. 823/2017), înființată în anul 1977 sub denumirea inițială de Stațiunea de Cercetare și Producție Pomicolă Iași.

Începând cu anul 2017, în baza H.G. 823/2017, Stațiunea de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură Iași a fuzionat prin absorbție cu Stațiunea de Cercetare și Producție Pomicolă Fălțiceni.

SCDP Iași este o unitate cu activități de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și inovare în domeniul pomicol desfășurate prin elaborarea strategiei de dezvoltare a pomiculturii și realizarea obiectivelor științifice și tehnologice incluse în Programul Național de Cercetare Științifică și a altor programe de cercetare pentru domeniul de activitate horticola.

Stațiunea cuprinde în structura sa laboratoare de cercetare, laboratoare experimentale pomicole și de multiplicare a materialului biologic pomicol, puncte de prezentare și de desfacere precum și alte structuri organizatorice necesare realizării obiectului său de activitate.

Pentru activitatea de cercetare științifică, SCDP este structurată astfel:

1. Centrul de Excelență a Nucului, Cireșului și Vișinului
2. Laboratorul de Genetică și Ameliorare
3. Laboratorul de Protecția Plantelor
4. Laboratorul Experimental de Dendrologie
5. Laboratorul de Tehnologii Pomicole

Activitatea de cercetare a unității este concentrată pe cultura cireșului, vișinului și nucului, rezultatele obținute până în prezent fiind crearea și omologarea a 29 soiuri de cireș: *Cetățuia*, *Cătălina*, *Maria*, *Golia*, *Marina*, *Bucium*, *Iașirom*, *Ștefan*, *Tereza*, *George*, *(Amar) Maxut*, *(Amar) Galata*, *Oana*, *Radu*, *Lucia*, *Ludovan*, *Margonia*, *Alexus*, *Cociuș*, *Andante*, *Andreiaș*, *Paulică*, *Mihailis*, *Iosifan*, *Mușatini*, *Croma*, *Elaiăș*, *Amaris* și *Miris*; 3 soiuri de vișin: *Timpuriu de Osoi*, *Pitic* și *De Botoșani* și 4 soiuri de nuc: *Miroslava*, *Anica*, *Ovidiu* și *Velnița*.

Suprafața totală deținută de stațiune este de 676,53 ha, ponderea plantațiilor pomicole cultivate fiind ocupată de 55% măr, 15% cireș, 10% vișin, 9% prun, 7% nuc, 2% cais, 2% păr.

CAPITOLUL IV
SCOPUL, OBIECTIVELE, MATERIALUL ȘI METODOLOGIA
DE CERCETARE

CHAPTER IV
PURPOSE, OBJECTIVES, MATERIAL AND RESEARCH
METHODOLOGY

4.1. Scopul și obiectivele cercetărilor

Dintre numeroasele specii pomicole cultivate în țara noastră, cireșul este considerată una dintre cele mai valoroase, datorită însușirilor fizico-chimice ale fructelor. Dinamica accentuată a acestei specii pomicole este stabilită și de importanța economică a fructelor, datorită însușirilor nutritive, tehnologice și comerciale.

Condițiile eco-pedo-climatice și relieful adecvat din nord-estul României sunt favorabile pentru cultura cireșului. Situația actuală și de perspectivă, precum și rezultatele cercetărilor anterioare au constituit factori dinamizatori pentru continuarea și aprofundarea cercetărilor la specia cireș în această zonă a țării.

Sortimentul zonal de cireș se caracterizează prin diversitate, ca epocă de maturare a fructelor și destinație a lor, dar factorul hotărâtor asupra valorii unui soi dintr-o zonă dată (respectiv cantitatea și calitatea recoltei pe care o asigură), îl constituie influența condițiilor climatice ale zonei de cultură asupra acestuia.

Cercetările efectuate în perioada 2021-2023 în vederea elaborării tezei de doctorat au avut drept scop evaluarea unor procese ecofiziologice și biochimice a unor soiuri de cireș din cadrul Stațiunii de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură din Iași în contextul schimbărilor climatice actuale.

Cercetările efectuate au vizat îmbunătățirea sortimentului zonal de cireș, printr-o mai bună înțelegere a mecanismelor fiziologice implicate în cultura pomilor fructiferi, pentru care au fost stabilite următoarele obiective:

- Identificarea influenței factorilor climatici asupra proceselor fiziologice la cireș în diferite stadii fenologice pe parcursul sezonului de vegetație;
- Evaluarea impactului condițiilor climatice tot mai schimbătoare asupra principalelor fenofaze, a capacității de adaptare precum și a îmbunătățirii potențialului agroproductiv al unor soiuri de cireș;
- Studiul dinamicii de acumulare a principalilor compuși biochimici din fructele de cireș pe parcursul creșterii, dezvoltării și maturării acestora, sub impactul condițiilor climatice actuale;

- Utilizarea unor metode de cercetare specifice în vederea evaluării unor procese fiziologice și biochimice la unele soiuri de cireș în contextul agroclimatic actual.

Pentru cercetarea și cunoașterea proceselor fiziologice și biochimice care se petrec la nivelul unei specii sau a unui soi este necesară studierea acestora în câmpuri experimentale, urmând ca diferitele investigații să se realizeze în laboratoare de analiză specializate.

4.2. Materialul biologic utilizat

Materialul biologic utilizat a fost reprezentat de 3 soiuri de cireș cu epoci distincte de maturare a fructelor, din care 2 soiuri românești, create și omologate de către SCDP Iași (*Andreiaș* și *Margonia*) și unul de proveniență străină, de relevanță internațională (*Van*) (tabelul 4.1).

Cercetările experimentale s-au efectuat în cadrul unei microculturi comparative de concurs aflată în Poligonul Experimental al Stațiunii de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură Iași.

Tabelul/Table 4.1

**Materialul biologic utilizat în cadrul studiului/
The biological material used in the study**

Nr. crt.	Soiul	Formele parentale	Epoca de maturare	Autorii	Origine
1.	Van	Polenizare liberă a soiului <i>Împărăteasa Eugenia</i>	timpurie	A.J. Mann	Stațiune de Cercetare Summerland, Canada
2.	Andreiaș	♀ <i>Boambe de Cotnari</i> × ♂ <i>HC 27/4</i>	medie	M. Corneanu, L. Petre, G. Corneanu	SCDP Iași, România
3.	Margonia	Polenizare liberă a soiului <i>Van</i>	semitârzie	M. Corneanu, L. Petre, G. Corneanu	SCDP Iași, România

4.2.1. Descrierea soiurilor luate în studiu

VAN: este un soi originar din Canada care are o răspândire considerabilă în toate țările cu ponderi ridicate în cultura cireșului, dovedind de-a lungul timpului o mare plasticitate ecologică. Pomul este de vigoare medie, cu creșteri moderate și un coronament larg piramidal. Formațiunile fructifere sunt scurte iar productivitatea este moderată. Frunzele sunt mari, cu vârf ascuțit și pețiol gros.

Înfloritul durează 10-14 zile și se suprapune suficient cu alte soiuri interpolenizatoare. Se află în grupa a doua de intersterilitate.

Fructele sunt mari, de 7,8-8,5 g și 23-26 mm diametru, de formă globuloasă, ușor aplatizată, de culoare roșu strălucitor, cu pulpa fermă, roșie, suc ușor colorat, dulce-acidulat. Pedunculul este scurt și gros, iar sâmburele este mic, complet neaderent la pulpă. Fructul prezintă rezistență superioară la crăpare (fig. 4.1).

Este un soi cu maturare timpurie spre medie, în prima și a doua decadă a lunii iunie, iar fructele pot fi folosite atât pentru consum în stare proaspătă, cât și pentru industrializare.

Este un soi precoce, intrând pe rod chiar și din anul al doilea de la plantare și este apreciat pentru productivitatea și rodirea abundentă.



Fig. 4.1. Soiul Van (original)

Fig. 4.1. Van cultivar (original)

ANDREIAȘ: este un soi creat și omologat în cadrul SCDP Iași. Pomul este de vigoare mijlocie, cu o coroană globuloasă, destul de deasă, ramurile de rod predominante fiind buchetele de mai și ramurile mijlocii. Frunzele sunt mari, ovate lanceolate, cu vârful ascuțit, baza rotunjită și margini dințate. Lobul este parțial involt.

Înflorirea este medie, scăzând astfel riscul de îngheț. Fructul este mare spre foarte mare (9,5-10,5 g), cordiform alungit, ușor turtit, cu vârful plat. Epiderma este de culoare roșie închisă iar pulpa este rușie, fermă, cu gust dulce accentuat, ușor acidulat. Sâmburele este mare (0,6 g), neaderent la pulpă. Pedunculul este scurt și se desprinde cu ușurință de fruct (fig. 4.2).

Maturarea fructelor este mijlocie, având loc în a doua decadă a lunii iunie. Fructele sunt destinate atât consumului în stare proaspătă, cât și în industrializare.

Prezintă rezistență bună la ger, secetă și bolile specifice cireșului, rodire abundentă și constantă.



Fig. 4.2. Soiul *Andreiaș* (original)
Fig. 4.2. *Andreiaș* cultivar (original)

MARGONIA: este un soi autohton, obținut în cadrul SCDP Iași. Pomul este de vigoare mică spre medie, cu puține lenticele pe suprafața scoarței. Coroana este globuloasă cu densitate moderată. Ramurile de rod sunt predominant de tip buchete de mai.



Fig. 4.3. Soiul *Margonia* (original)
Fig. 4.3. *Margonia* cultivar (original)

Înflorirea este târzie. Fructul este de culoare galbenă, cordiform tipic și alungit la vârf, de mărime mare (9,0-9,5 g). Pulpa este crem, succulentă, cu aciditate slabă și aromă fină. Sâmburele este mediu (0,5 g), neaderent la pulpă (fig. 4.3).

Epoca de maturare este la sfârșitul lunii iunie, începutul lunii iulie. Rodirea este constantă și abundentă.

Este un soi rezistent la ger, secetă și crăparea fructelor iar la bolile specifice cireșului are rezistență medie.

4.2.2. Descrierea tehnologiei de cultură, a portaltolului și a formei de coroană

Cultura comparativă de concurs a fost înființată în anul 2001 și cuprinde soiuri de cireș din sortimentul național și internațional. Soiurile studiate din experiență sunt organizate pe variante a câte trei repetiții, așezarea variantelor fiind în blocuri randomizate.

Pomii au fost altoiți pe un portaltol de vigoare mare (*Prunus mahaleb* L.) și dirijați sub formă de coroană de tip vas ameliorat. Plantația experimentală a fost realizată în sistem de cultură semiintensiv, cu distanța de plantare de 4×5 m, și o densitate de 500 pomi/ha, fără sistem de susținere și de irigare. Rândurile de pomi au fost întreținute sub formă de benzi înierbate în mod natural pe interval și lucrat cu discul palpator pe direcția pomilor.

Tehnologia de întreținere a fost efectuată în conformitate cu sistemul agronomic specific culturii cireșului prin fertilizare și tratamente fitosanitare.



Fig. 4.4. Cultura comparativă în care a fost organizată experiența (original)

Fig. 4.4. The comparative culture in which the experience was organized (original)

Combaterea bolilor și dăunătorilor s-a efectuat conform avertizărilor primite prin tratamente fitosanitare împotriva ciuruirii micotice a frunzelor (*Ascospora beijerinkii*), antracnoză (*Coccomyces hiemalis* Higg.), monilioză (*Monilinia* sp.) și musca cireșelor (*Rhagoletis cerasi*).

Portaltoiul de tip mahaleb (*Prunus mahaleb* L.) este generativ și recomandat pentru toate zonele pomicole. Mahalebul este un portaltoi de vigoare mare, recomandat pentru sistemele de cultură extensiv (clasic) și cel semi-intensiv, datorită creșterii viguroase și dezvoltarea unui sistem radicular profund, bine dezvoltat, care conferă o rezistență sporită pomilor la secetă și la temperaturi scăzute.

Este recomandat ca portaltoi pentru cireș, dar și pentru vișin, având compatibilitate cu majoritatea soiurilor de perspectivă înregistrate.

Pomii altoiți pe mahaleb intră pe rod timpuriu, în anii 3-5 de la plantare, au productivitate bună și longevitate medie. De asemenea, mahalebul imprimă pomilor o înflorire și maturare a fructelor mai timpurie comparativ cu portaltoiul de cireș sălbatic (cu 6-8 zile).

Este indicat pentru soluri afânate, bine drenate, uscate și calcaroase. Este rezistent la păduchii de frunze, *Coccomyces hiemalis* și la cancerul bacterian, dar mai sensibil la asfixia radiculară.

Se dezvoltă în limite normale chiar și în zonele cu precipitații sub 550 mm anual, crescând adaptabilitatea cireșului la secetă, temperaturi ridicate, soluri sărace și pH ridicat, trăsături importante ale portaltoiului având în vedere condițiile de mediu prognozate ca urmare a schimbărilor climatice (Hrotkó, 2016).

În practica pepinieristică și pomicolă se folosește în proporție de 15% datorită avantajelor enunțate, dar comparativ cu alte tipuri de portaltoi, colectarea și răsărirea sămănturilor este dificilă, iar vigoarea mare împiedică înființarea de plantații intensive și superintensive (Ghena & Braniște, 2003, Long ș.a., 2014).

Forma de coroană a plantației experimentale a fost încă de la înființarea acesteia, cea de vas ameliorat.

Tehnica formării coroanei presupune scurtarea pomilor după plantarea sub formă de vargă la 80-100 cm și alegerea a 3 lăstari, care vor forma viitoarele șarpante. În anii următori, șarpantele se vor scurta la 80-100 cm și se vor alege și ramurile de prelungire a șarpantelor, subordonate cu 20-25 cm atât față de șarpante, cât și între ele. Astfel, coroana va fi formată de 3 șarpante, distanțate pe ax la 12-15 sau 20 cm, formând un unghi de divergență de aproximativ 120°, iar cel de inserție de 50-60°. Fiecare șarpantă va avea în subordine 3-5 subșarpante. Ramificarea specifică acestui tip de formă de coroană este de tip bilateral-exterior.

Forma de coroană de tip vas ameliorat este specifică pentru soiurile de cireș de vigoare mijlocie și mare, în plantațiile extensive și semiintensive.

Înălțimea pomilor va fi de aproximativ 3,0-3,5 m pentru soiurile de vigoare mijlocie și de 3,5-4,0 m pentru soiurile de vigoare mare.

Forma de coroană a pomilor se alege în funcție de vigoarea soiului și a portaltoii utilizat, dar și de factori genetici sau tehnologici, care implică fertilitatea solului și condițiile climatice (Grădinariu & Budan, 2000).

4.2.3. Descrierea spectrului fenologic al soiurilor luate în studiu în condițiile climatice din cadrul SCDP Iași în perioada efectuării cercetării

În pomicultură, monitorizarea stadiilor fenologice este utilizată în vederea caracterizării soiurilor, întrucât acestea diferă în funcție de genotip, condiții climatice și poziția geografică. Cunoașterea parcursului de vegetație al soiurilor de cireș reprezintă un deziderat major și o condiție de bază în zonarea soiurilor în vederea valorificării potențialului biologic și fiziologic de producție.

Astfel, pe parcursul anilor de studiu (2022 și 2023) s-a urmărit evoluția stadiilor fenologice, dar și lungimea perioadei de vegetație la soiurile de cireș: *Van*, *Andreiaș* și *Margonia* în condițiile climatice din cadrul Poligonului Experimental de Cercetare al SCDP Iași, din zona Miroslava, în care a fost organizată experiența, prin cuantificarea numărului de zile, a sumei gradelor de temperatură și a sumei precipitațiilor.

Evaluarea soiurilor s-a făcut conform metodologiei curente de lucru prin efectuarea de studii fenologice, înregistrând data calendaristică de atingere a principalelor fenofaze după sistemul de clasificare al fenofazelor la speciile sămburoase în sistemul BBCH (tabelul 1.3; Meier, 2001): umflarea mugurilor floriferi (51 BBCH), stadiul de dez mugurit (53 BBCH), începutul înfloririi (61 BBCH), înflorire completă (65 BBCH), sfârșitul înfloririi (69 BBCH), dezvoltarea fructelor: fructul are aproximativ 70% din dimensiunea finală (77 BBCH), maturarea fructelor (89 BBCH) și începutul căderii frunzelor (93 BBCH).

Durata perioadei de vegetație activă fost calculată prin însumarea zilelor de la începutul fenofazei de umflare a mugurilor până la căderea frunzelor.

Din analiza datelor referitoare la parcurgerea stadiilor fenologice, se evidențiază faptul că în anul 2023 soiurile luate în studiu înregistrează o precocitate a pornirii în vegetație în medie cu 16 până la 21 zile, comparativ cu anul 2022, crescând astfel riscul înghețurilor târzii de primăvară. Pornirea în vegetație este condiționată de acumularea sumei temperaturilor care depășesc pragul biologic al cireșului, de 5°C (Wenden ș.a., 2016). Acest fenomen poate fi produs de creșterea temperaturii pe parcursul lunii februarie, denumite „ferestre” din iarnă.

Înflorirea soiurilor de cireș evaluate a avut loc în prima și a doua decadă a lunii aprilie. Pe măsura întârzierii înfloririi, probabilitatea producerii înghețurilor vătămătoare scade treptat. În anul 2022, datorită temperaturilor ridicate, a avut loc scurtarea stadiilor fenologice dintre umflarea mugurilor și înflorire deplină, însumând între 19 (*Van*) și 35 zile (*Margonia*), comparativ cu anul 2023, când numărul de zile de la pornirea în vegetație până la înflorire a fost de la 37 (*Van*) până la 45 de zile (*Margonia*) (tabelul 4.2).

Durata perioadei de vegetație a soiurilor luate în studiu a avut valori medii de 217 zile în anul 2022 și 230 de zile în anul 2023.

Tabelul/Table 4.2

Desfășurarea fenofazelor de vegetație la soiurile de cireș luate în studiu/ *Development of vegetation phenophases in the sweet cherry studied cultivars*

Stadiu fenologic	Van		Andreiaș		Margonia	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Umflare muguri	30. III	09. III	26. III	11. III	20. III	07. III
Dezmugurit	06. IV	18. III	05. IV	23. III	06. IV	20. III
Început înflorit	15. IV	10. IV	14. IV	12. IV	19. IV	19. IV
Înflorire deplină	19. IV	17. IV	17. IV	19. IV	25. IV	22. IV
Sfârșit înflorit	26. IV	20. IV	21. IV	22. IV	03. V	28. IV
Dezvoltare fruct 70%	19. V	15. V	20. V	18. V	26. V	28. V
Maturare fruct	30. V	01. VI	15. VI	20. VI	30. VI	26. VI
Căderea frunzelor	25. X	20. X	02. XI	30. X	10. XI	05. XI
Durată perioadă de vegetație (nr. zile)	205	221	216	229	230	238

În condițiile climatice cuantificate în cadrul SCDP Iași, maturarea fructelor are loc începând cu ultima decadă a lunii mai-prima decadă a lunii iunie, în cazul soiului *Van*, respectiv a doua și a treia decadă a lunii iunie, pentru soiurile *Andreiaș* și *Margonia*.

Fenofaza de maturare a fructelor este specifică fiecărui soi în parte, în funcție de bilanțul termic activ necesar. Astfel, suma gradelor de temperatură necesară maturării fructelor a variat la soiurile evaluate între 810,6 la soiul *Van* în anul 2022 la 1628,8 la soiul *Margonia* în anul 2023 (fig. 4.5).

În ceea ce privește deficitul regimului precipitațiilor din perioada de vegetație pe parcursul creșterii fructelor, acesta are efecte negative asupra productivității și calității fructelor. În perioada ce precede recoltarea fructelor, efectele sunt asupra productivității din anul următor.

Excesul de precipitații din perioada maturării fructelor cauzează fenomenul de crăpare, iar la sfârșitul perioadei de vegetație provoacă întârzierea maturării lemnului și scăderea rezistenței la ger în perioada de repaus vegetativ.

Din punct de vedere hidric, anii de studiu pot fi caracterizați ca fiind secetoși, însumând în perioada de vegetație 281,1 mm în anul 2021 și doar 171,5 mm în 2023.

Căderea frunzelor marchează finalul perioadei active de vegetație și se declanșează odată cu apariția treptată a temperaturilor scăzute care survin în ultima parte a lunii octombrie.

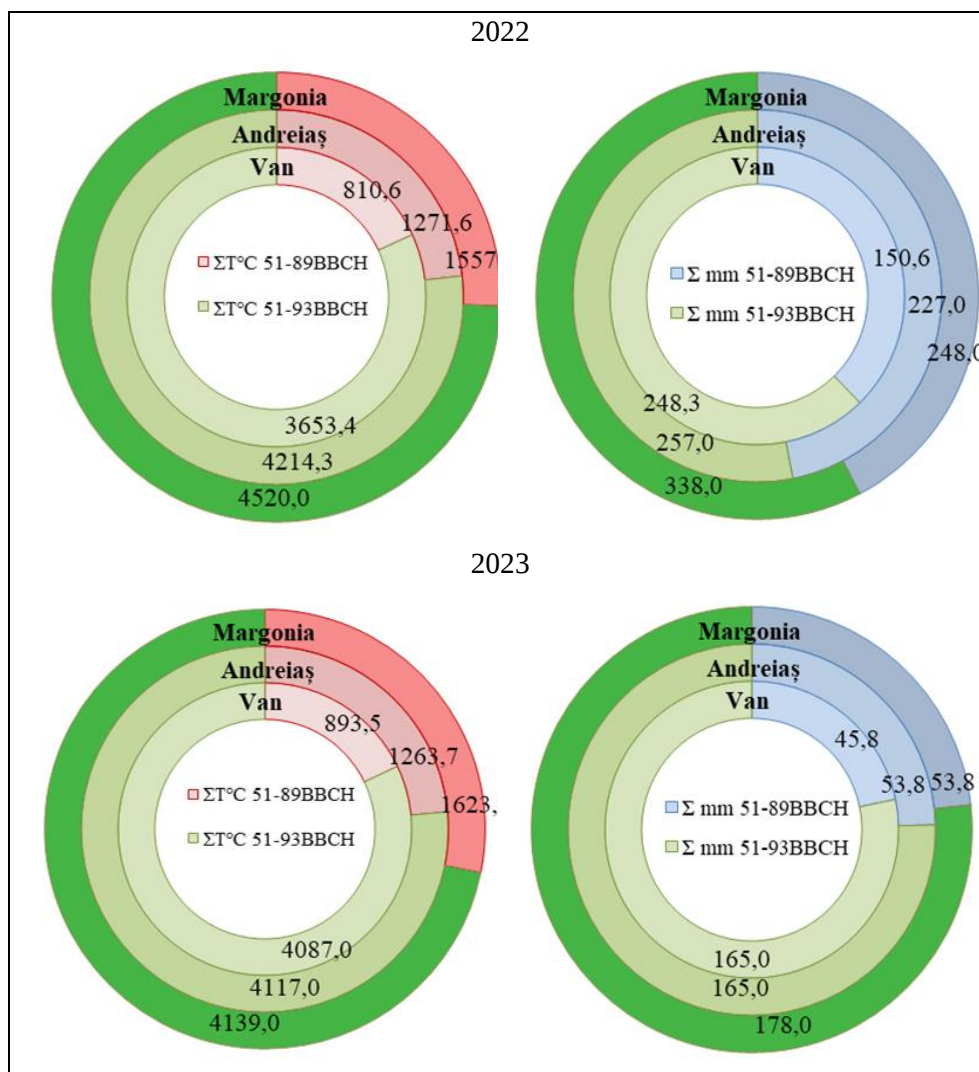


Fig. 4.5. Valorile sumei gradelor de temperatură și a cantității de precipitații în perioada de vegetație
Fig.4.5. Values of the sum of temperature and the amount of precipitation during the growing season

4.3. Metodele de cercetare utilizate

În vederea îndeplinirii obiectivelor propuse în realizarea tezei de doctorat s-au efectuat determinări și analize fiziologice și biochimice privind regimul de apă și desfășurarea procesului de fotosinteză a soiurilor de cireș luate în studiu, precum și evoluția calității fructelor pe parcursul procesului de maturare.

De asemenea, metodologia generală de cercetare a cuprins studiul bibliografic, observația în vederea înregistrării stadiilor fenologice BBCH (Meier, 2001) în care au fost efectuate determinările și analizele de laborator, studiul de caz asupra resurselor climatice, precum și analiza statistică și sinteza rezultatelor obținute.

Protocolul experimental s-a bazat pe asocierea factorială între două poziții de prelevare a probelor de la nivelul coroanei pomilor (interior, exterior) a trei soiuri de cireș (*Van*, *Andreiaș* și *Margonina*), însumând șase variante, în trei stadii fenologice pentru probele de frunze în vederea determinărilor fiziologice (înflorire deplină, creșterea fructului și maturarea fructelor) și doi timpi de dezvoltare (90% din mărimea finală a fructelor și maturitate completă) pentru determinările biochimice din probele de fructe.

4.3.1. Metode de cercetare a proceselor fiziologice implicate în cultura cireșului

Procesele fiziologice urmărite pe parcursul studiului au vizat cercetări cu privire la regimul de apă și activitatea fotosintetică la nivel foliar în corelație cu factori meteorologici și fenologici.

Aprecierea proceselor fiziologice implicate în cultura soiurilor de cireș luate în studiu a fost efectuată în dinamică sezonieră, în fenofazele de înflorire deplină (65 BBCH), creșterea fructelor, la aproximativ jumătate din dimensiunea finală (75 BBCH) și maturarea fructelor (89 BBCH), precum și în zone diferite ale coroanei pomilor: în periferia coroanei (exterior) și în partea interioară a coroanei pomilor, aproape de trunchi (interior).

4.3.1.1. Determinarea procesului de fotosinteză

Reacția ecofiziologică a soiurilor de cireș luate în studiu în contextul agroclimatic al anilor 2021-2023 din cadrul Stațiunii de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură din Iași a fost apreciată prin intermediul determinării conținutului de pigmenți foliari, ca indicatori ai procesului de fotosinteză.

Pentru monitorizarea ratei fotosintezei în corelație cu factorii de mediu au fost efectuate determinări atât în condiții de câmp, pentru conținutul de clorofilă la nivel foliar, cât și în condiții de laborator pentru conținutul total de pigmenți fotosintetici, prin metoda spectrofotometrică.

Conținutul de clorofilă la nivel foliar

Conținutul de clorofilă la nivel foliar a fost estimat folosind o metodă nedistructivă prin intermediul unui dispozitiv portabil denumit SPAD (Konica Minolta SPAD-502 Plus, Osaka, Japonia). Acest instrument determină cantitatea relativă de clorofilă prezentă în țesutul frunzelor (Yamamoto ș.a., 2002).

Valoarea acestui parametru reprezintă media a zece citiri, în trei repetiții la fiecare variantă experimentală în condiții de temperatură medie și umiditate la nivel

foliar pe parcursul desfășurării studiului de $t^{\circ}\text{C}=21^{\circ}\text{C}$ și $\text{U}\%=70\%$, în fenofaza de înflorire (65 BBCH), $t^{\circ}\text{C}=24,7^{\circ}\text{C}$ și $\text{U}\%=71,4\%$, în fenofaza de creștere a fructelor (75 BBCH) și $t^{\circ}\text{C}=26,1^{\circ}\text{C}$ și $\text{U}\%=75,3\%$ în fenofaza de maturare a fructelor (89 BBCH).



Fig. 4.6. Aspecte din timpul determinării conținutului de clorofilă la nivel foliar (original)

Fig. 4.6. Aspects during the determination of chlorophyll content at leaf level (original)

Determinarea conținutului de pigmenți clorofilieni și flavonoizi la nivel foliar, prin metoda spectrofotometrică

Analiza conținutului principalelor forme de pigmenți asimilatori a fost efectuată prin metoda spectrofotometrică (Spectrofotometrul SPECORD PLUS UV/Vis – 210) ce constă în determinarea capacității de absorbție a luminii de către extractul acetonc de pigmenți (1%) în spectrul vizibil, la lungimi de undă cuprinse între 400 și 700 nm (Jităreanu ș.a., 2011).

Modul de lucru: Se mojarază 0,5 g de material vegetal la care adaugă treptat 50 ml acetonă 80%, se omogenizează și se filtrează amestecul prin filtrul Gooth, la pompa de vid, într-un balon Erlenmeyer.

Extractul acetonc de pigmenți se aduce la semn în balonul cotat de 50 ml, obținându-se astfel concentrația de 1%. Se determină capacitatea de absorbție a luminii de către extractul acetonc de pigmenți prin citire la spectrofotometru, în spectrul vizibil (470, 647 și 663 nm). Cantitatea de pigmenți din proba analizată se calculează cu ajutorul formulelor (Lichtenthaler, 1987; Welburn, 1994):

$$\text{Clorofila } a = 12.25 \times A_{663} - 2.79 \times A_{647}$$

$$\text{Clorofila } b = 21.50 \times A_{647} - 5.10 \times A_{663}$$

$$\text{Total pigmenți clorofilieni (Clorofila } a+b) = 7.15 \times A_{663} - 18.71 \times A_{647}$$

Determinarea conținutului de pigmenți flavonoizi a fost efectuată prin metoda spectrofotometrică de absorbție maximă în zona radiațiilor UV apropiat, la lungimea de undă de 320 nm (Harborne, 1991).



Fig. 4.7. Aspecte din timpul determinării conținutului de pigmenți prin metoda spectrofotometrică (original)

Fig. 4.7. Aspects during the determination of pigment content by the spectrophotometric method (original)

Intensitatea luminoasă

Intensitatea luminoasă exprimată în luși a fost determinată prin intermediul dispozitivului AccuPAR LP-80 direct în câmpul experimental în toate fenofazele de interes: fenofaza de înflorire deplină, creștere și maturare a fructelor, în trei zone de înălțime a coroanei și două zone de direcție (nordic și sudic), de trei ori pe zi (ora 9:00 am; 01:00 pm și 06:00 pm).

Rezultatele intensității luminii obținute pe parcursul studiului în cele trei fenofaze reprezintă media zilnică a repetițiilor fiecărui soi, la nivelul întregului coronament.



Fig. 4.8. Aspecte din timpul determinării intensității luminoase la nivelul coronamentului (original)

Fig. 4.8. Aspects during the determination of light intensity at the canopy level (original)

Acest dispozitiv detectează, măsoară și înregistrează valorile radiației utile pentru fotosinteza plantelor (PAR - Photosynthetically Active Radiation). În cazul utilizării unui senzor PAR extern, aparatul este capabil să măsoare simultan radiația de fotosinteză prezentă atât deasupra, cât și sub aparatul foliar al pomilor.

Indicele suprafeței foliare LAI (Leaf Area Index) este calculat de software-ul aparatului din măsurătorile de radiație și este afișat pe ecran.

4.3.1.2. Determinarea procesului de transpirație

Pentru aprecierea intensității procesului de transpirație al pomilor la nivel foliar, în parcurgerea diferitelor fenofaze ale ciclului biologic s-au analizat următorii indici: conținutul total de apă prin determinarea conținutului de apă liberă pierdută prin deshidratare după 24 de ore și apă legată, care se elimină prin uscare la temperatura de 105°C și conductanța stomatică.

Ritmul de deshidratare la nivel foliar

Pentru analiza intensității procesului de transpirație s-a determinat ritmul de deshidratare foliară efectuat prin cântăriri la interval de 1, 2, 3, 4 și 24 de ore a frunzelor menținute la temperatura camerei.

Apa pierdută după 24 de ore, raportată procentual la greutatea inițială a materialului vegetal este considerată apă liberă (Jităreanu ș.a., 2011).

Apa liberă împreună cu cea legată reprezintă apa totală. Prima cântărire reprezintă greutatea inițială a frunzei turgescențe (G_0), iar celelalte cântăriri (G_1 , G_2 , ... G_{24}) dau prin diferențe cantitățile de apă eliminate de frunze în intervalul de timp respectiv.

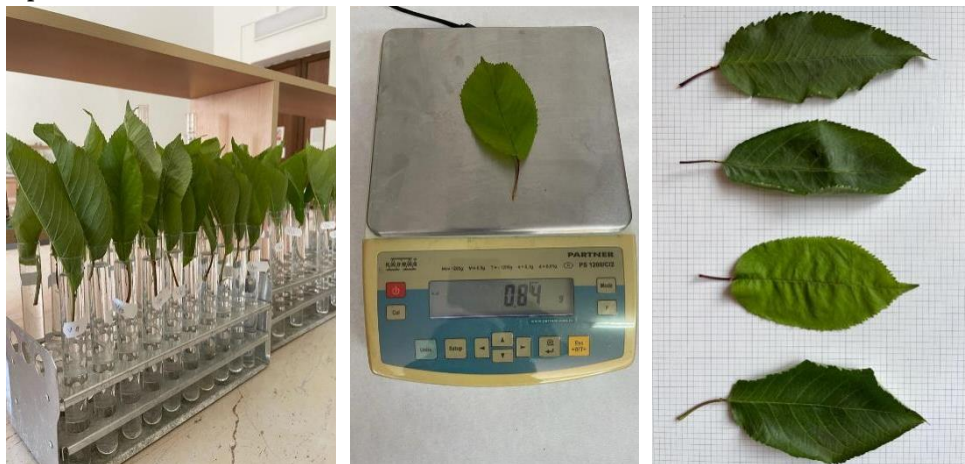


Fig. 4.9. Aspecte din timpul determinării ritmului de deshidratare la nivel foliar (original)

Fig. 4.9. Aspects during the determination of the rate of dehydration at leaf level (original)

Pentru a urmări grafic ritmul de deshidratare a frunzei se echivalează prima cântărire (G_0) cu 100%, iar celelalte cântăriri vor da valori ale deshidratării ţesuturilor după relația: $X_1 = 100 \times G_1 / G_0$; $X_2 = 100 \times G_2 / G_0$.

Conținutul total de apă și substanță uscată totală la nivel foliar

Cantitatea de apă rămasă în ţesuturi după deshidratare reprezintă apa legată.

Pentru determinarea conținutului de substanță uscată solubilă din frunze se cântăresc 5g de material vegetal mărunțit într-o fiolă și se introduc în etuvă la temperatura de 105°C, timp de 2 ore.

După acest interval de timp, probele se introduc în exicator pentru răcire aproximativ 20-30 de minute. După răcire, proba se cântărește și se reintroduce la etuvă timp de o oră.



Fig. 4.10. Aspecte din timpul determinării conținutului de substanță uscată (original)

Fig. 4.10. Aspects during the determination of dry matter content (original)

După ce masa a rămas constantă, se determină conținutul de substanță uscată și umiditate din frunze, utilizând formula (Popoviciu, 2018):

$U(\%) = (m_1 - m_2) / (m_1 - m) \times 100$, unde: m_1 - masa fiolei cu proba, înainte de uscare, g; m_2 - masa fiolei cu proba după uscare, g; m – masa fiolei (tara), g;

Conținutul de substanță uscată se calculează prin diferența dintre proba uscată și proba înainte de uscare.

Conductanța stomatală

Determinarea conductanței stomatice poate cuantifica atât rata schimbului de gaze prin stomatele frunzelor în procesul de transpirație, cât și răspunsul acestora la mediul înconjurător (starea apei din sol, lumina, umiditatea aerului, temperatura și concentrația atmosferică de CO_2) (Damour ș.a., 2010).

Conductanța stomatală a fost determinată prin intermediul unui porometru foliar portabil (Model SC-1, Decagon Devices Inc., Pullman, WA) folosind metoda

de determinare a fluxului de vapori de apă de la suprafața frunzelor în condițiile locale.

Valoarea acestui parametru reprezintă media a zece citiri, în trei repetiții la fiecare variantă experimentală, determinările fiind realizate în trei stadii fenologice în zone diferite ale coroanei.

Condițiile de temperatură medie și umiditate la nivel foliar pe parcursul desfășurării studiului unde s-a realizat conductanța stomatală au fost: în fenofaza de înflorire (65 BBCH), $t^{\circ}\text{C}=21^{\circ}\text{C}$ și $U\%=70\%$; în fenofaza de creștere a fructelor (75 BBCH), $t^{\circ}\text{C}=24,7^{\circ}\text{C}$ și $U\%=71,4\%$; iar în fenofaza de maturare a fructelor (89 BBCH), $t^{\circ}\text{C}=26,1^{\circ}\text{C}$ și $U\%=75,3\%$.



Fig. 4.11. Aspecte din timpul determinării conductanței stomatale la nivel foliar (original)

Fig. 4.11. Aspects during the determination of stomatal conductance at leaf level (original)

4.3.2. Metode de cercetare a proceselor biochimice din fruct

În vederea determinării efectului condițiilor climatice asupra unor indici de calitate din fructe la soiurile de cireș luate în studiu, au fost efectuate determinări ale dinamicii de acumulare a principalilor compuși biochimici pe parcursul a două stadii fenologice: când fructele au 90% din mărimea finală și încep să se coloreze (79BBCH) și la maturitatea deplină (89BBCH), cu probe prelevate atât de la periferia coroanei cât și din interiorul acesteia.

În funcție de soi și de zona coroanei din care au fost prelevate probele (interior sau exterior), variantele experimentale au fost de la V_1 la V_6 astfel: V_1 , fructe din soiul *Van* din zona de interior a coroanei, V_2 , fructe din soiul *Van* din zona exterioară a coroanei, V_3 , fructe de soiul *Andreiaș* din zona internă a coroanei, V_4 , fructe din soiul *Andreiaș* din zona exterioară a coroanei, V_5 , fructe din soiul *Margonia* din zona internă a coroanei, iar V_6 , fructe din soiul *Margonia* din zona exterioară a coroanei (tabelul 4.3).

Tabelul/Table 4.3

Variantele experimentale de analiză a proceselor biochimice din fruct
(original)

*The experimental variants of the analysis of the biochemical processes in
the fruit (original)*

Variante		79BBCH	89BBCH
V ₁	<i>Van</i> (intern)		
V ₂	<i>Van</i> (extern)		
V ₃	<i>Andreiaș</i> (intern)		
V ₄	<i>Andreiaș</i> (extern)		
V ₅	<i>Margonia</i> (intern)		
V ₆	<i>Margonia</i> (extern)		

Evoluția indicilor biochimici și fiziologici de calitate a fructelor în anii de studiu au vizat: analiza culorii epidermei, determinarea conținutului de substanțe uscate solubile, de substanțe uscate totale, determinarea pH-ului și a acidității totale, a conținutului de pigmenți clorofilieni, antocianici, caroten și licopen precum și a compușilor fenolici și de vitamina C.

Culoarea epidermei fructelor

Culoarea epidermei fructelor a fost măsurată cu un colorimetru portabil Minolta CR 400/410C (Konica Minolta Measuring Instruments) și a fost înregistrată folosind sistemul de tip CIE: $L^* a^* b^*$.

Luminozitatea L numită și claritate psihometrică caracterizează aspectul vizual mai mult sau mai puțin strălucitor al culorii fructelor; luminozitatea poate să aibă valori cuprinse între zero pentru un eșantion negru-opac și 100 pentru eșantioane incolore transparente.

Parametrul a reprezintă coordonata culorilor complementare roșu-verde; acest parametru are frecvent valori negative pentru fructele/sucurile albe.

Parametrul b reprezintă coordonata culorilor complementare galben-albastru. Valorile acestui parametru sunt de obicei pozitive, deoarece nuanțele galbene sunt preponderente față de cele albastre

Parametrul L definește intensitatea culorii, în timp ce a^* și b^* definește cromaticitatea culorii (Ibraheem ș.a., 2012).

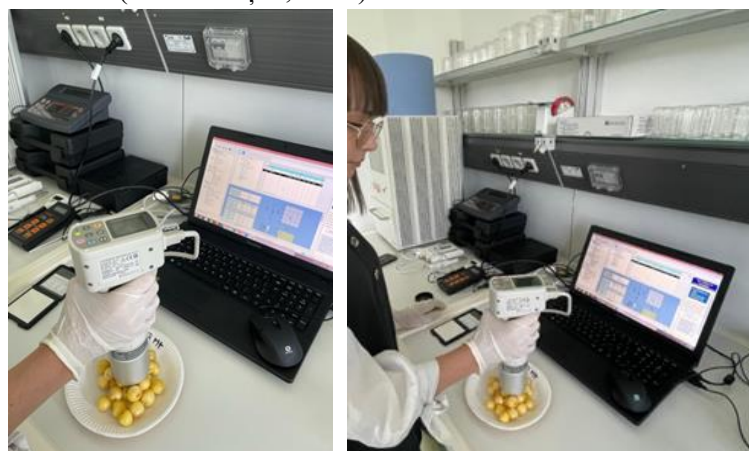


Fig. 4.12. Aspecte din timpul determinării culorii epidermei fructelor (original)

Fig. 4.12. Aspects during the determination of the color of the fruit epidermis (original)

Conținutul de substanță uscată solubilă

Conținutul de substanțe uscate solubile a fost determinat folosind un refractometru digital portabil de precizie care măsoară indicele de refracție al sucului de fructe.

Rezultatele au fost exprimate în °Brix și exprimă conținutul de zahăr al sucului de fructe, incluzând și un număr mic de alți compuși (acizi organici, aminoacizi solubili și minerale).



Fig. 4.13. Aspecte din timpul determinării substanței uscate solubile prin metoda refractometrică (original)

Fig. 4.13. Aspects during the determination of dry soluble substance by the refractometric method (original)

Mod de lucru: se pun câteva picături limpezi de suc de fructe pe suprafața prisme și se închide aparatul; se citește direct procentul de substanțe solubile pe scara aparatului; dacă determinarea s-a executat la o temperatură diferită de 20°C, se aplică o corecție specifică.

În vederea unei citiri cât mai clare, trebuie căutată lumina cea mai potrivită, pentru a obține o linie de separare exactă: precizia cerută de STAS este de 0,1%; se efectuează 3 determinări la fiecare probă; după fiecare citire, suprafața prisme și placa mobilă se șterg cu un tifon curat (Murariu ș.a., 2017).

Conținutul de substanță uscată totală

Substanța uscată este formată din celuloză, carbohidrați, substanțe azotoase, substanțe minerale, vitamine, enzime, pigmenți.

Determinarea conținutului de apă și substanță uscată totală din fructe a fost determinată prin metoda clasică de uscare în etuvă a probelor până la greutate constantă (Popoviciu, 2018).

Probele supuse procesului de uscare trebuie mărunțite în prelabil, pentru obținerea unei accelerări a procesului evaporării. Durata de obținere a substanțelor uscate totale variază în funcție de natura și conținutul de apă a produsului.



Fig. 4.14. Aspecte din timpul determinării substanței uscate totale din fructe
(original)

Fig. 4.14. Aspects during the determination of total dry matter in fruits
(original)

Aciditatea totală și a pH-ului din fructe

Valoarea pH-ului a fost determinată folosind metoda potențiometrică prin intermediul unui pH-metru (Hanna Instruments), calibrat în intervalul 4.01, 7.01, din probe lichide, efectuate simultan și în vederea determinării acidității titrabile. Pentru a determina aciditatea titrabilă probele au fost omogenizate cu apă distilată și titrate cu NaOH 0,1 N până la atingerea pH-ului de 8,1 (Ricardo-Rodrigues ș.a., 2023).

Modul de lucru: Într-un mojar se mojarază cât mai repede 20 g produs vegetal și se trece totul cantitativ într-un balon cotat de 200 ml peste care se adaugă 50 ml apă distilată și se fierbe timp de o oră. Se pune totul într-un balon cotat de 100 ml și se aduce la semn cu apă distilată; apoi se filtrează printr-o hârtie de filtru uscată într-un balon uscat în vederea limpezirii.

Din filtratul obținut se iau cu pipeta 25 ml, se diluează până la un volum de 50 ml cu apă distilată proaspăt fiartă și răcită, se adaugă 2-3 picături de albastru de bromtimol (soiurile cu fructe roșii) sau fenoftaleină (soiul cu fructe galbene/nematurate) și se titrează cu hidroxid de sodiu 0,1N până la apariția colorației net roz sau albastru verzui (Zdremțan, 2008). Calculul rezultatelor: exprimarea rezultatelor se face prin numărul de mililitri de hidroxid de sodiu 0,1N utilizați care au neutralizat acizii din 100 g material vegetal.

În cazul exprimării rezultatelor în grame acid predominant, volumul de soluție n/10 folosit la titrare se multiplică cu un factor de echivalență (0,0067 pentru exprimarea în acid malic, predominant la cireșe).

Pentru exprimarea procentuală a acidității se utilizează următoarea formulă:

$$A(\%) = \frac{(n \times f \times k \times V_1)}{(g \times V_2)} \times 100$$
, în care: A-aciditatea totală, %; n-numărul de mililitri de soluție de NaOH n/10 consumați la titrare; f-factorul soluției de NaOH n/10; k-acidul preponderent din proba de analizat (acid malic), ce

corespunde unui ml de NaOH n/10; V_1 -volumul extractului total înainte filtrării, cm^3 ; g- greutatea probei analizate; V_2 -volumul filtratului luat la titrare, cm^3 ;



Fig. 4.15. Aspecte din timpul determinării pH-ului și a acidității totale din fructe (original)

Fig. 4.15. Aspects during the determination of pH and total acidity in fruits (original)

Conținutul de pigmenți de culoare din fructe

- determinarea conținutului de clorofilă: a fost efectuată prin metoda spectrofotometrică (Jităreanu ș.a., 2011);
- determinarea conținutului de caroten și licopen: Identificarea carotenului și licopenului din fructe s-a realizat pe cale spectrofotometrică cu eter de petrol.

Modul de lucru este asemănător obținerii extractului acetonic de pigmenți clorofilieni doar că acetona este înlocuită de eter de petrol, obținându-se un extract eteric, citit spectrofotometric la lungimi de undă diferite (472 nm pentru licopen și 452 nm pentru caroten).



Fig. 4.16. Aspecte din timpul determinării conținutului de pigmenți din fructe (original)

Fig. 4.16. Aspects of the determination of fruit pigments (original)

Valorile obținute se vor integra în formulele (Murariu ș.a., 2017):
Caroten= $A_{452} \times 19,96$, mg/100 g; Licopen= $A_{472} \times 14,495$, mg/100 g;

- determinarea conținutului de pigmenți antocianici: Extragerea pigmenților antocianici din fructe se realizează cu soluție acidulată alcoolică și măsurarea spectrofotometrică la lungimea de undă 515 nm.

Mod de lucru: Se mojarază 100 g din probă cu 400 ml alcool cu 0,5% HCl. Suspensia rezultată se filtrează. Se iau 2 ml din filtrat și se aduce la un pH de 1, prin introducerea treptată de soluții tampon de HCl și KCl, apoi se aduce la 100 ml. Valoarea conținutului de antociani se obține din produsul dintre absorbanta spectrofotometrică de la 515 nm și 250 (Zdrengă, 2008).

Conținutul de polifenoli totali

Determinarea conținutului de compuși fenolici totali a fost efectuată conform metodei Folin-Ciocalteu, prin citirea valorilor spectrofotometric la lungimea de undă de 750 nm.

Reactivul Folin-Ciocalteu a fost preparat prin dizolvarea a 100 g wolframat de sodiu ($\text{Na}_2\text{WO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) și 25 g molibdat de sodiu ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) în aproximativ 700 ml apă distilată.

Se adaugă 50 ml acid ortofosforic 85% și 100ml HCl concentrat, iar soluția obținută se fierbe timp de 10 ore într-un balon prevăzut cu refrigerent cu reflux. După 10 ore se adaugă 150 g sulfat de litiu ($\text{Li}_2\text{SO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$) și 5 picături de apă de brom și se continuă fierberea, fără refrigerent timp de 15 minute (până se obține culoarea galben deschisă). Se preferă să se utilizeze în momentul folosirii: Na_2CO_3 anhidru, soluție 20% sau 200g/l (m/v): 200 g carbonat de sodiu se dizolvă în 700-800 ml apă fierbinte, se răcește și se aduce la semn cu apă distilată într-un balon cotat de 1 litru.

În mediul bazic și în prezența fenolilor, amestecul de acizi fosfotungstic și fosfomolibdic este redus la oxizii albaștri de tungsten și molibden.

Această colorație albastră posedă un maxim de absorbție la $\lambda = 750$ nm. Colorația este proporțională cu conținutul de compuși fenolici totali. Reacția se produce în mediul alcalin, intensitatea colorantă albastră obținută este în funcție de cantitatea de fenoli din mediu. Însă această culoare nu este stabilă și evoluează în timp urmând 2 faze: o fază rapidă (0÷30 minute) care conduce la culoarea albastră și o fază lentă după 30 minute, cu evoluția culorii către albastru închis.

Modul de lucru: Într-un balon cotat de 100 ml se introduce: 1 ml extract alcoolic din cireșe, diluat în prealabil 1/5 (10 ml extract într-un balon cotat de 50 ml), 50 ml apă distilată, 5 ml reactiv Folin-Ciocalteu sub agitare, 20 ml soluție Na_2CO_3 20%;

Se aduce la semn la 100 ml cu apă distilată, se agită energic conținutul balonului și se lasă în repaus timp de 30 minute. Se citește spectrofotometric absorbanta de 750 nm cu o cuvă de 10 mm (1 cm) prin raportare la un martor preparat cu apă distilată în loc de extract.

Pentru a se evita erorile de analiză trebuie ca absorbanta să aibă valori cuprinse între 0,3 și 0,8. În caz contrar se face o diluție corespunzătoare extractului pentru a se obține absorbanta dorită.



Fig. 4.17. Aspecte din timpul determinării conținutului de polifenoli totali din fructe (original)

Fig. 4.17. Aspects during the determination of polyphenol content in fruits (original)

Rezultatul este exprimat sub formă de indice Folin-Ciocalteu (Fc), prin înmulțirea absorbantei cu 100 conform relației: $Fc = A_{750} \times 100$, în care: Fc- indicele Folin-Ciocalteu; A_{750} - absorbanta citită la 750 nm.

Diferența între rezultatele a două determinări efectuate simultan și rapid de același analist, prin aceeași metodă, nu trebuie să fie mai mare ca 1. Exprimarea conținutului de compuși fenolici în se face cu ajutorul metodei curbei de etalonare. Pentru aceasta este necesar să se traseze o curbă de etalonare, folosind soluții de acid galic de concentrații de 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 și 1.

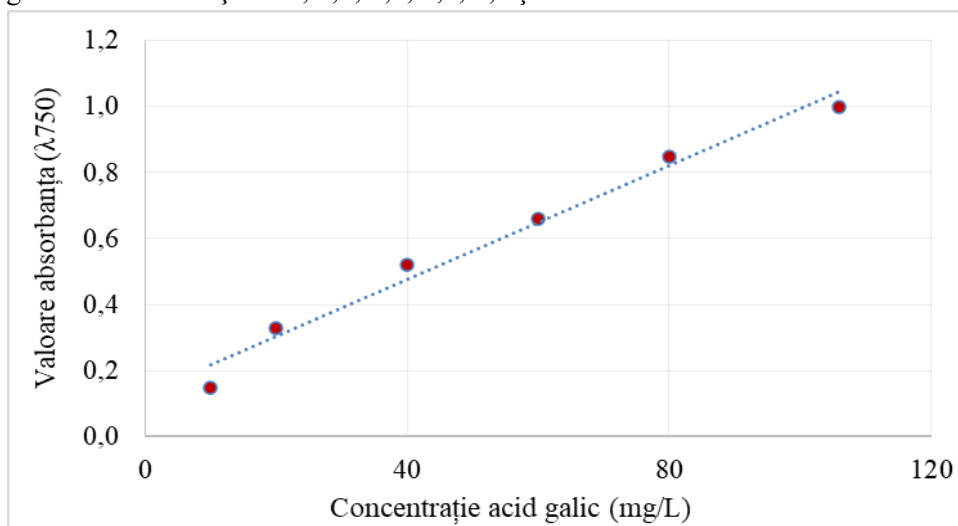


Fig. 4.18. Curba de calibrare pentru concentrația acidului galic

Fig. 4.18. Calibration curve for gallic acid concentration

Datele se înscriu într-un sistem de două axe coordonate astfel: în abscisă concentrația soluțiilor de acid galic, iar în coordonată absorbanțele corespunzătoare fiecărei soluții. Unind punctele corespunzătoare fiecărei perechi de date se obține curba de etalonare care este o dreaptă care trece prin originea axelor coordonate (fig. 4.18).

Ecuția acestei drepte este descrisă de ecuația:

$y = 1,3238 \times x - 0,0014$ în care: y- conținutul de compuși fenolici (acid galic) ; x- valoarea absorbanței A750 citită la spectrofotometru.

Rezultatele sunt exprimate ca mg de acid galic (GAE)/100 g de probă (Ricardo-Rodrigues ș.a., 2022).

Conținutul de vitamina C

Pentru determinarea conținutului de vitamina C a fost utilizată metoda titrimetrică cu 2,6-dicloroindofenol de analiză a sucului de fructe, rezultatele fiind exprimate în mg acid ascorbic·100g⁻¹ fruct (Nielsen, 2017). Această analiză se bazează pe reacția de oxido-reducere a acidului ascorbic în prezența 2-6 diclor-fenol indofenolului (Trincă, 2014).

Mod de lucru: 10-15 g de probă se amestecă în raport 1:1 cu acid oxalic 2%. Extractul obținut se centrifughează și se extrag 10 ml după limpezire, apoi se titrează cu soluție de 2-6 diclor-fenol indofenol, până la o colorație roz persistentă 30 de secunde.



Fig. 4.19. Aspecte din timpul determinării conținutului de vitamina C
(original)

Fig. 4.19. Aspects during the determination of vitamin C content (original)

Se utilizează formula:

$Vit.C = [t \times n (v + v_1)] / (v \times v_t) \times 100$,mg% , unde: t- titrul soluției 2-6 diclor-fenol indofenol; n- numărul de ml de 2-6 diclor-fenol indofenol utilizați la titrare;

v - cantitatea produsului analizat; ml; v_1 - cantitatea de acid oxalic adăugat, ml; v_t - cantitatea soluției titrat, ml.

4.3.3. Interpretarea statistică a rezultatelor obținute

Pentru acuratețea determinărilor fiziologie și biochimice și a observațiilor efectuate, datele experimentale privind caracterele de diferențiere analizate au fost prelucrate prin metode statistice.

Metoda comparațiilor multiple (testul Duncan)

Metoda comparațiilor multiple (prin testul Duncan) este o metodă de apreciere a semnificației diferențelor dintre variante, $p \leq 0,05$, la care se adaugă litere de la începutul alfabetului; astfel, variantele ce se deosebesc semnificativ să poarte litere diferite, iar cele care nu diferă semnificativ, să poarte aceleași litere.

Analiza varianței

Diferențele limită (DL) pentru probabilitatea de 5%, 1% și 0,1% au fost calculate în raport cu media statistică a variantelor.

Coeficientul de corelație (r)

Valorile acestuia au fost reprezentate prin grafice, pentru a estima limitele de variație ale unor parametri calitativi.

Este o valoare cantitativă ce descrie relația de interdependență dintre două sau mai multe variabile. El variază între -1 și $+1$, valorile extreme exprimând o relație perfectă între variabile, în timp ce 0 înseamnă lipsă totală de relație liniară.

O interpretare a valorilor obținute se face prin compararea rezultatului cu valori prestabilite, în tabele de corelații, în funcție de numărul de variante și pragul de semnificație dorit. La nivelul comunității științifice internaționale, pragul minim de la care o corelație este considerată semnificativă statistic este de 0,05 (Ratner, 2009).

CAPITOLUL V
REZULTATELE OBȚINUTE PRIVIND PROCESELE
FIZIOLOGICE IMPLICATE ÎN CULTURA CIREȘULUI

CHAPTER V
THE OBTAINED RESULTS REGARDING PHYSIOLOGICAL
PROCESSES INVOLVED IN SWEET CHERRY CULTURE

Gradul de favorabilitate a unei culturi rezultă din interacțiunea dintre genotip și condițiile locale de mediu (Rotaru ș.a., 2013). Astfel, mecanismele fiziologice urmărite pe parcursul studiului au vizat cercetări cu privire la regimul de apă și activitatea fotosintetică la nivel foliar în corelație cu factori meteorologici și fenologici.

5.1. Dinamica procesului fiziologic de transpirație la nivel foliar

Desfășurarea în condiții optime a întregii activități metabolice a pomilor impune și asigurarea unui nivel hidric corespunzător în toate organele plantei. Ca organ principal al fotosintezei, frunza reprezintă și asigură aproape întreg necesarul de metaboliți (Toma & Jităreanu, 2007). Eficiența utilizării apei de către plante poate fi determinată prin raportul de transpirație la nivelul organelor plantelor (Pallardy, 2010).

Pentru aprecierea intensității procesului de transpirație al pomilor la nivel foliar, în parcurgerea diferitelor fenofaze ale ciclului biologic s-au analizat următorii indici: conținutul total de apă prin determinarea conținutului de apă liberă pierdută prin deshidratare după 24 de ore și de apă legată, care se elimină prin uscare la temperatura de 105°C precum și conductanța stomatică determinată prin intermediul unui porometru foliar.

5.1.1. Ritmul de deshidratare

În vederea cuantificării răspunsului la stresul hidric (condiții de secetă) al soiurilor de cireș luate în studiu s-au efectuat cercetări cu privire la capacitatea de reținere a apei la nivel foliar.

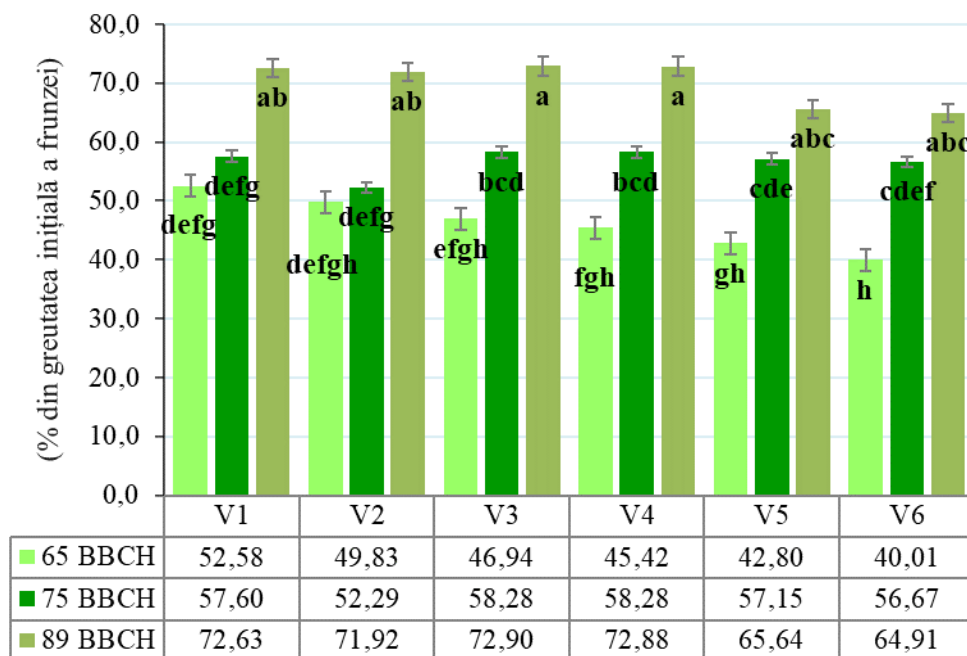
Aprecierea ritmului de deshidratare a fost efectuat în timpul perioadei de vegetație, în trei stadii fenologice (după Meier, 2001): înflorire deplină (65 BBCH), creșterea fructelor, la aproximativ jumătate din dimensiunea finală (75 BBCH) și maturarea fructelor (89 BBCH), precum și în zone diferite ale coroanei pomilor: intern și extern.

În urma determinărilor efectuate în cei doi ani de studiu (2022-2023) în fenofaza de înflorire deplină s-a înregistrat un ritm de deshidratare mai redus în anul 2022 (fig. 5.1) comparativ cu anul 2023 (fig. 5.2). Astfel, varianta experimentală

care a pierdut cea mai mică cantitate de apă după 24 de ore de expunere a frunzei la temperatura ambientală a fost soiul *Margonia* cu frunze prelevate din partea externă a coroanei (40,01%).

Atât acumularea apei cât și capacitatea de reținere a apei la nivelul organelor aeriene prin reducerea procesului de transpirație depind în cea mai mare parte de condițiile climatice (Slabu ș.a., 2012; Vosnjak ș.a., 2021), astfel încât ritmul de deshidratare mai accentuat înregistrat în anul 2023 este asociat cu un deficit de precipitații, comparativ cu anul 2022 în care s-a evidențiat din punct de vedere al regimului hidric un excedent de aproximativ +17,7 mm în perioada fenologică de înflorire (tabelul 3.4).

Temperatura medie înregistrată în perioada analizată a fost în conformitate cu normalul termic al perioadei (tabelul 3.2).



*-V₁: Van intern; V₂: Van extern; V₃: Andreiaș intern; V₄: Andreiaș extern; V₅: Margonia intern; V₆: Margonia extern.

** -65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

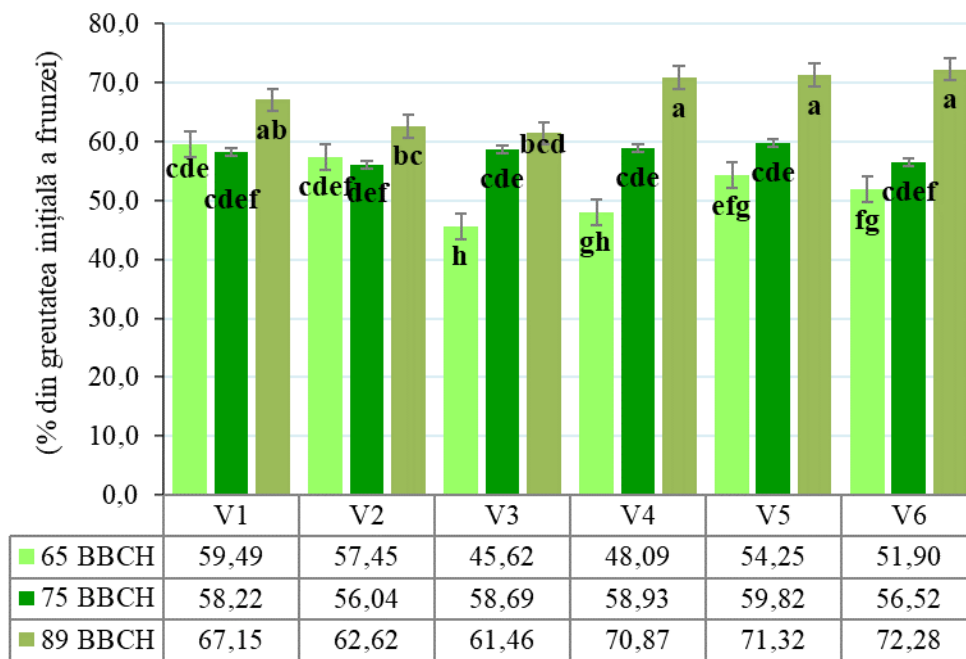
***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 5.1. Dinamica ritmului de deshidratare la nivel foliar în anul 2022

Fig. 5.1. The dynamics of rate of dehydration at leaf level in the year 2022

În fenofaza de creștere a fructului, ritmul de deshidratare a înregistrat valori procentuale cuprinse între 55,29 % (V₂) și 58,28% (V₄) în anul 2022, cu diferențe statistic semnificative între variante, respectiv între 56,04% (V₂) și 59,82% (V₅) în anul 2023.

Se evidențiază faptul că la toate soiurile evaluate, probele experimentale de frunze din exteriorul coroanei au prezentat o capacitate de reținere a apei mai intensă comparativ cu frunzele din interiorul coroanei, fenomen explicat fiziologic prin faptul că frunzele din exteriorul coroanei au caracter heliofil, iar cele din interior ombrofil.



*-V₁: Van intern; V₂: Van extern; V₃: Andreiaș intern; V₄: Andreiaș extern; V₅: Margonia intern; V₆: Margonia extern.

**_-65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 5.2. Dinamica ritmului de deshidratare la nivel foliar în anul 2023

Fig. 5.2. The dynamics of rate of dehydration at leaf level in the year 2023

Comparând cu stadiile fenologice anterioare, în fenofaza de maturare a fructului s-a înregistrat în medie o intensitate mai ridicată a ritmului de deshidratare, fenomen asociat cu temperaturile ridicate, cu abatere pozitivă în luna iunie pe parcursul studiului de +1,9°C și deficit de precipitații de -57,6 mm.

Mecanismele de toleranță fiziologică dezvoltate sunt de adaptare la condițiile de mediu prin îngroșarea stratului de cuticulă, pentru a reține apa și a reduce în cele din urmă procesul de transpirație.

Evitarea deshidratării în timpul secetei reprezintă o strategie deținută în principal de plantele lemnoase, prezentând o acumulare mult mai activă de substanțe dizolvate atunci când sunt supuse la deprivare de apă (Auge, 1998).

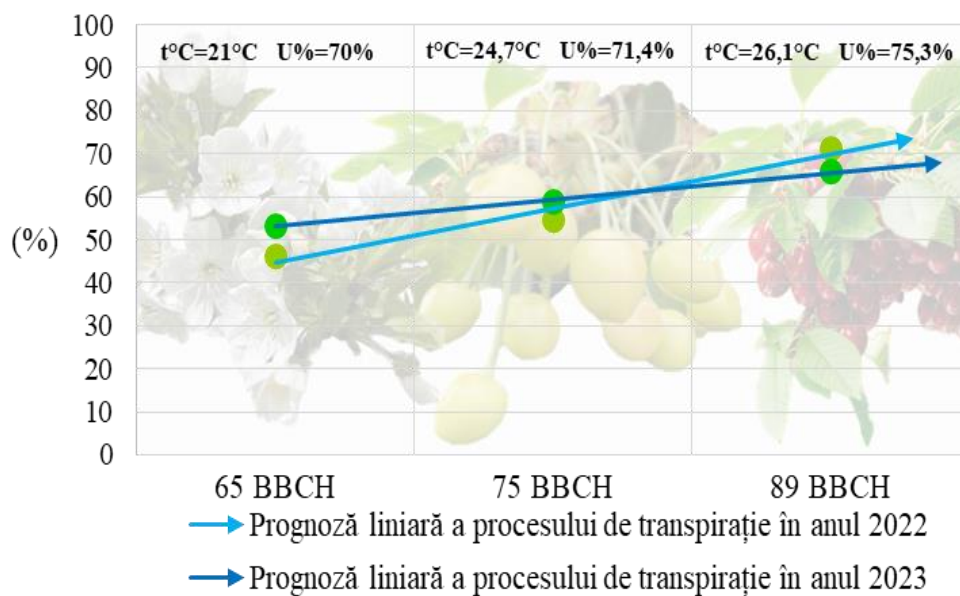
Analizând din punct de vedere statistic cantitatea de apă eliminată la nivel foliar în decursul a 24 de ore, s-a evidențiat faptul că ritmul de deshidratare foliară

la soiurile de cireș luate în studiu a fost influențat semnificativ de fenofaza în care se află pomii, în perioada de maturare a fructelor înregistrându-se cea mai mare cantitate de apă eliminată.

Dintre variantele experimentale, valoarea minimă a cantității de apă eliminate prin deshidratare a fost înregistrată la soiul *Andreiaș* în fenofaza de înflorire (65 BBCH), iar valoarea maximă la soiul *Margonia* în fenofaza de maturare a fructului (89 BBCH).

Comparativ între cei doi ani în care a fost determinat conținutul de apă eliminat pe parcursul a 24 de ore, s-a constatat faptul că în anul 2023 procesul de transpirație deși în medie a fost mai redus, acesta s-a menținut aproape constant pe parcursul întregului sezon de vegetație (cu o creștere moderată doar în fenofaza de maturare a fructelor) la toate variantele experimentale, deși din punct de vedere climatic, în anul 2023, de la fenofaza de înflorire și până la maturarea fructelor al soiurilor luate în studiu s-au cuantificat precipitații de doar 51,1 mm (fig. 5.3).

Capacitatea de a reține apa în timpul deshidratării este o strategie importantă pentru toleranța plantelor la stresul de secetă (Viljevac ș.a., 2013).



*-65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

Fig. 5.3. Dinamica procesului de transpirație în funcție de stadiul de vegetație

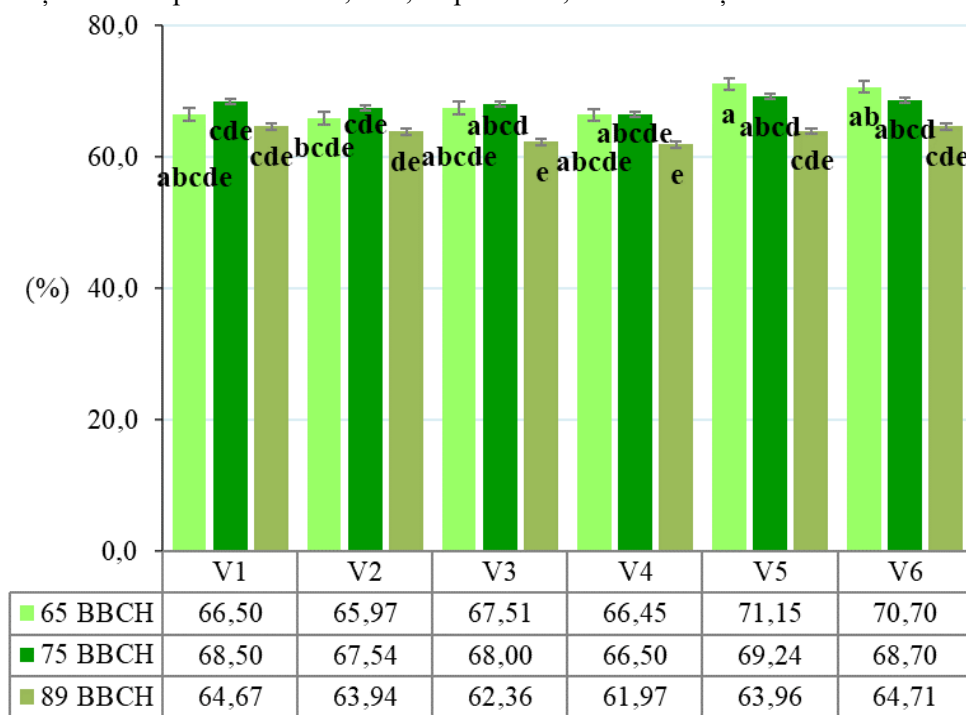
Fig. 5.3. The dynamics of the transpiration process depending on the vegetation stage

5.1.2. Conținutul total de apă

Cantitatea totală de apă la nivel foliar reprezintă suma dintre cantitatea de apă pierdută prin transpirație și deshidratare după 24 de ore (*apa liberă*) și cantitatea de apă eliminată prin uscare (*apa legată*) (Toma & Jităreanu, 2007).

Cantitatea de *apa legată*, sau de constituție se găsește încorporată în elementele constitutive celulare din țesuturi și asigură supraviețuirea plantelor în momentul în care activitatea vitală a plantelor se reduce în condiții de stres major (hidric și termic în acest caz) (Trifu & Barbat, 1997).

Valorile obținute în fenofaza de înflorire în cei doi ani de studiu (fig. 5.4 și fig. 5.5) reliefează un conținut de apă cuprins între 65,97% (la soiul *Van*) și 70,70% (*Margonia*), evidențiindu-se ca și aspect general, o cantitate mai ridicată de apă la probele preluate din interiorul coroanei. Ca și valoare medie a celor doi ani, conținutul de apă a fost de 68,87%, respectiv 31,13% substanță uscată.



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

** - 65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

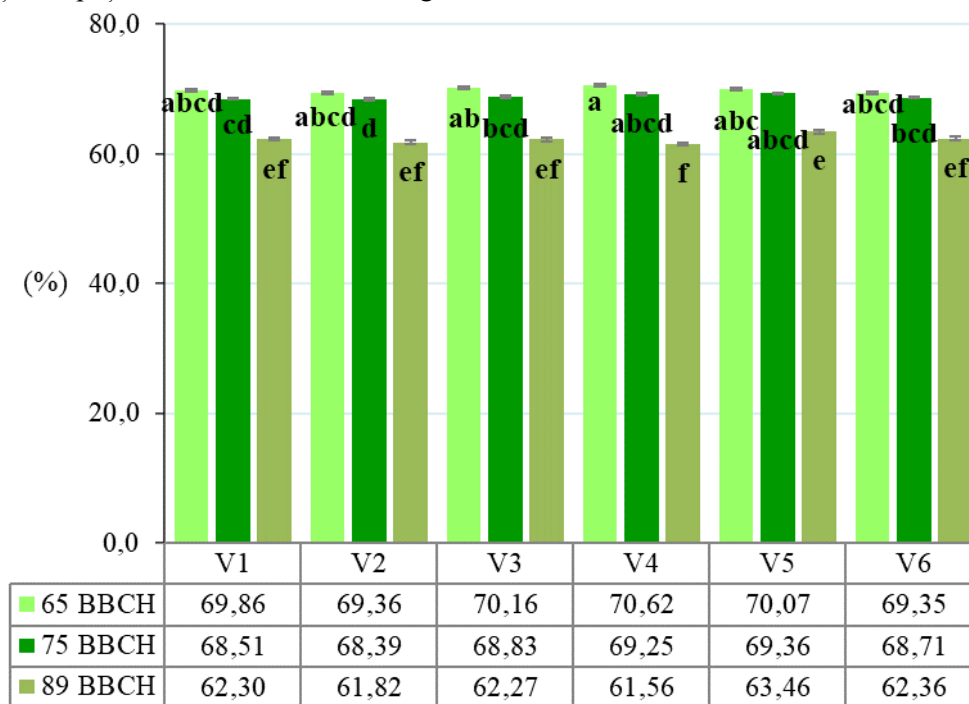
Fig. 5.4. Evoluția conținutului total de apă la nivel foliar în anul 2022

Fig. 5.4. The evolution of the total water content at leaf level in 2022

În fenofaza de creștere a fructelor, valorile stării de hidratare a țesuturilor foliare au rămas relativ constante cu cele din fenofaza anterioară (de înflorire), de 68,4%, ceea ce indică faptul că sinteza asimilatelor rămâne constantă de la înflorire

și până la dezvoltarea fructelor la aproximativ jumătate din dimensiunea finală și implicit, reliefează o capacitate ridicată de reținere a apei legate în condiții de secetă.

În fenofaza de maturare a fructelor, conținutul total de apă scade în detrimentul conținutului de substanță uscată, comparativ cu fenofazele precedente, până la valoarea medie de 62,9%. Urmărind evoluția pe parcursul sezonului de vegetație în cei doi ani de studiu, starea de hidratare la nivel foliar a înregistrat valori supraunitare (peste 50%) și a depins în cea mai mare măsură de condițiile climatice și mai puțin de soi sau stadiu fenologic.



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

** -65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 5.5. Evoluția conținutului total de apă la nivel foliar în anul 2023

Fig. 5.5. The evolution of the total water content at leaf level in 2023

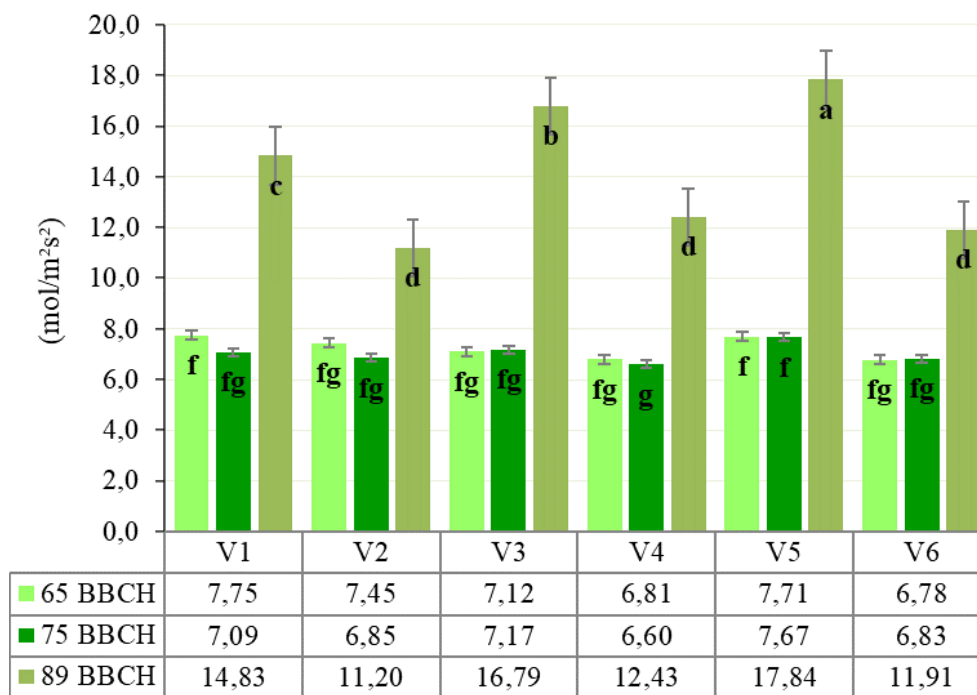
Deși scăderea din fenofaza de maturare a fructelor poate fi explicată prin acumularea unui deficit tot mai ridicat de precipitații, asociat cu temperaturi ridicate, această situație a stării de hidratare foliară la cireș în fenofaza de maturare a fructelor (frunzele având un conținut total de substanță uscată mai mare, iar ritmul de deshidratare este mult mai lent) a fost descrisă și de Yoon și Richter (1990) prin aceea că ultimele zile de pre-recoltare coincid cu începutul diferențierii mugurilor fructiferi și maturarea lemnului; astfel, are loc mecanismul fiziologic specific de dirijare a produșilor fotosintetici pentru aceste procese fiziologice făcând pomii foarte susceptibili la deficit de apă în acest timp.

De asemenea, pentru cireș, fiind o specie de pom fructifer non-climacteric, precum și la alte soiuri timpurii din genul *Prunus*, ale căror fructe se dezvoltă rapid, stadiile fenologice sunt foarte apropiate. Din acest motiv, cantitatea de apă, în orice stadiu al creșterii și dezvoltării fructelor trebuie să fie contantă și suficientă (Marsal ș.a., 2010).

5.1.3. Conductanța stomatală la nivel foliar

Un indicator important al regimului hidric și implicit al procesului de transpirație la nivel foliar îl reprezintă conductanța stomatală care cuantifică rata schimbului de gaze prin stomatele frunzelor în procesul de transpirație și răspunsul acestora la mediul înconjurător (umiditatea aerului, temperatura, concentrația atmosferică de CO₂, lumina) (Damour ș.a., 2010).

Condițiile de temperatură medie și umiditate la nivel foliar pe parcursul desfășurării studiului (2022-2023) unde s-a realizat conductanța stomatală au fost: t°C=21°C și U%=70% (65 BBCH), t°C=24,7°C și U%=71,4% (75 BBCH), t°C=26,1°C și U%=75,3% (89 BBCH).



*- V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 5.6. Rezultate privind conductanța stomatală la nivel foliar în anul 2022

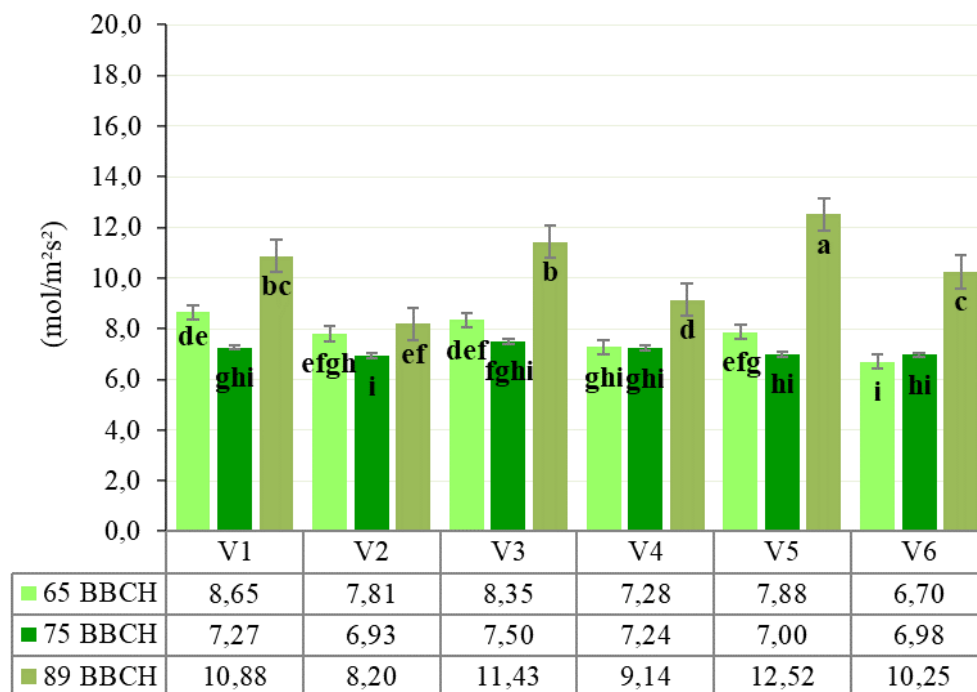
Fig. 5.6. Results regarding stomatal conductance at leaf level in 2022

În fenofaza de înflorire deplină, pe parcursul studiului, s-au înregistrat valori ale conductanței stomatale cuprinse între 6,8 mol m⁻²s⁻¹ (V₄) și 7,8 mol m⁻²s⁻¹ (V₁) în anul 2022 (fig. 5.6) și 6,7 (V₆) și 8,7 mol m⁻²s⁻¹ (V₁) în anul 2023 (fig. 5.7).

Diferențele dintre variantele experimentale sunt semnificative statistic, fiind evidențiat faptul că la frunzele din zona externă a coroanei pomilor, conductanța stomatală în timpul procesului fiziologic de transpirație este mai redusă comparativ cu zona internă.

Acest aspect s-a menținut pe parcursul întregului studiu, în toate fenofazele evaluate.

Pe parcursul creșterii fructelor, conductanța stomatală la nivel foliar a rămas relativ constantă, în special la soiurile *Andreiaș* și *Margonia* (cu o scădere de doar 5% comparativ cu fenofaza de înflorire, la soiul *Van*).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_-65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 5.7. Rezultate privind conductanța stomatală la nivel foliar în anul 2023

Fig. 5.7. Results regarding stomatal conductance at leaf level in 2023

Diminuarea conductanței stomatale în anul 2023 este cauzată preponderent de micșorarea gradului de hidratare, asociată în consecință și cu reducerea asimilării de CO₂, fapt ce are ca rezultat creșterea temperaturii în plantă (în acest caz cu +3,7°C).

De asemenea, o mică scădere a conductanței stomatice poate dezvălui un mecanism de protecție împotriva stresului hidric și termic, permițând conservarea apei și îmbunătățind eficiența utilizării acesteia (Struthers ș.a., 2015; Blanco ș.a., 2019).

Din analiza climatică a temperaturii aerului și a regimului de precipitații din perioada creșterii fructelor (75BBCH), se evidențiază un deficit de precipitații (în luna mai a anului 2023 nefiind înregistrate precipitații) asociat cu temperaturi maxime zilnice de până la 31°C în anul 2022 (21. mai) și 28°C în anul 2023 (20. mai).

O creștere semnificativă a conductanței stomatice s-a evidențiat în fenofaza de maturare a fructelor la toate variantele experimentale, valorile fiind cuprinse între 10,6 mol m⁻²s⁻¹ (V₂) și 17,8 mol m⁻²s⁻¹ (V₅) în anul 2022 (fig. 5.6) și între 8,2 mol m⁻²s⁻¹ (V₂) și 12,5 mol m⁻²s⁻¹ (V₅) în anul 2023 (fig. 5.7).

Variabilitatea conductanței stomatice la nivelul coronamentului este mai evidențiată în acest stadiu fenologic, în zona de interior a coronamentului fiind intensificat schimbul de gaze în timpul procesului fiziologic de transpirație.

Umiditatea la nivelul frunzei este un factor important în ceea ce privește variația fluxului de vapori (Yunusa ș.a., 2007), în acest caz, creșterea conductanței stomatice în fenofaza de maturare a fructelor având loc în condiții de umiditate de 75,3%. De asemenea, conform studiului lui Yoon și Richter (1990), modificările sezoniere ale conductanței stomatice la cireș și răspunsurile stomatelor la deshidratare par să fie influențate de procesul de maturare a fructelor, creându-se mecanisme fiziologice de rezistență la stres hidric și termic.

Rezultatele conductanței stomatice monitorizată de la fenofaza de înflorire deplină până la maturarea fructelor, au arătat că soiul autohton *Margonia* prezintă, în medie, cea mai mare valoare a conductanței, iar în ceea ce privește zona de coroană, în exteriorul acesteia, debitul de vapori a fost mai mic comparativ cu zona internă.

5.1.4. Interdependența dintre factorii climatici și regimul de apă

Din punct de vedere cantitativ, apa este principalul component al materiei vii celulare, astfel încât toate procesele fiziologice decurg normal doar în cazul unei aprovizionări hidrice optime.

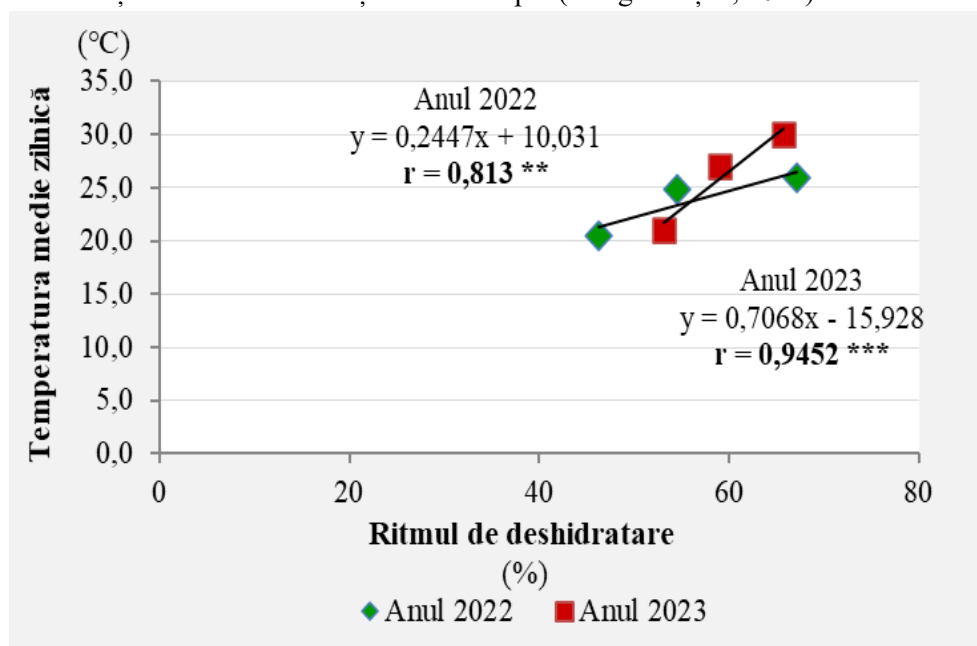
De aceea, cunoașterea conținutului de apă din țesuturile vii permite determinarea particularităților ecofiziologice, precum și elucidarea mecanismelor de adaptare la factorii de mediu al plantelor.

Pentru a stabili gradul de dependență dintre factorii climatici și intensitatea procesului de transpirație a fost calculat coeficientul de corelație dintre cele două variabile.

Între temperatura medie a aerului înregistrată în timpul stadiilor fenologice evaluate și ritmul de deshidratare de la nivel foliar a fost obținut un coeficient de corelație pozitiv, distinct semnificativ în anul 2022 ($r=0,813$) și foarte semnificativ în anul 2023 ($r=0,945$) (fig. 5.8).

Acest tip de corelație arată că dacă o variabilă crește în valorile sale, cealaltă variabilă scade în valorile sale printr-o regulă liniară exactă (Ratner, 2009).

Răspunsul pomilor luați în studiu la condițiile climatice reprezintă un fenomen extrem de complex, interacțiunea factorilor de stres termic care apar influențează deschiderea stomatică și astfel rata de transpirație crește, ceea ce poate conduce și la scăderea eficienței utilizării apei (Houghton ș.a., 2022).



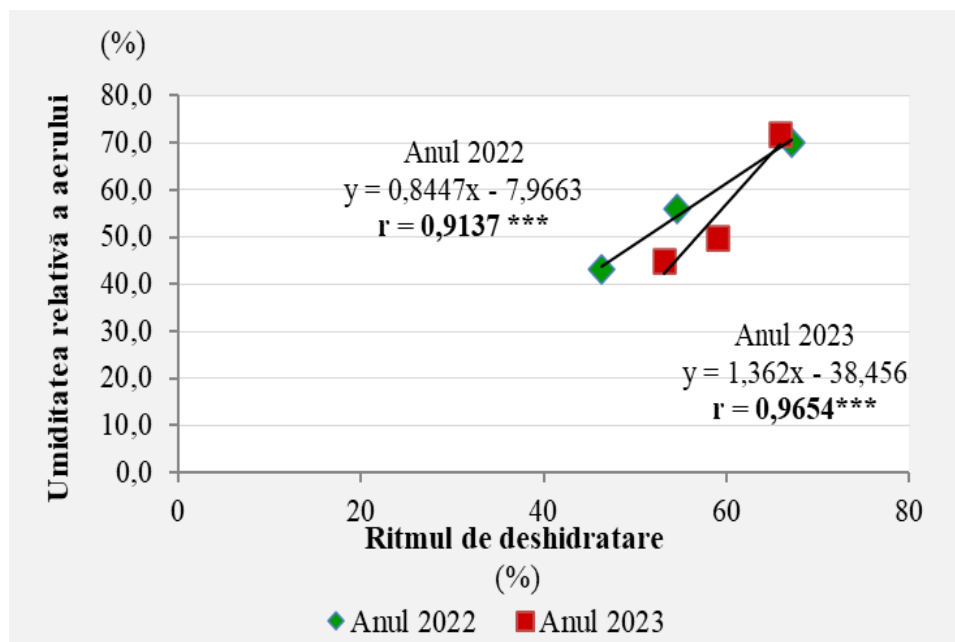
** - corelație distinct semnificativă ; *** - corelație foarte semnificativă

Fig. 5.8. Corelația dintre temperatura medie zilnică și ritmul de deshidratare

Fig. 5.8. Correlation between mean daily temperature and rate of dehydration

Între ritmul de deshidratare de la nivel foliar și condițiile de umiditate atmosferică există de asemenea o relație de dependență, obținându-se un coeficient de corelație foarte semnificativ în cei doi ani monitorizați (fig. 5.9).

Valorile umidității relative a aerului pe parcursul stadiilor fenologice evaluate (fig. 3.8), au fost mai scăzute, fiind asociate și cu temperaturi ridicate pe parcursul zilei precum și curenți de aer de 10-21 km/oră.



***-corelație foarte semnificativă

Fig. 5.9. Corelația dintre umiditatea aerului și ritmul de deshidratare
Fig. 5.9. Correlation between relative air humidity and rate of dehydration

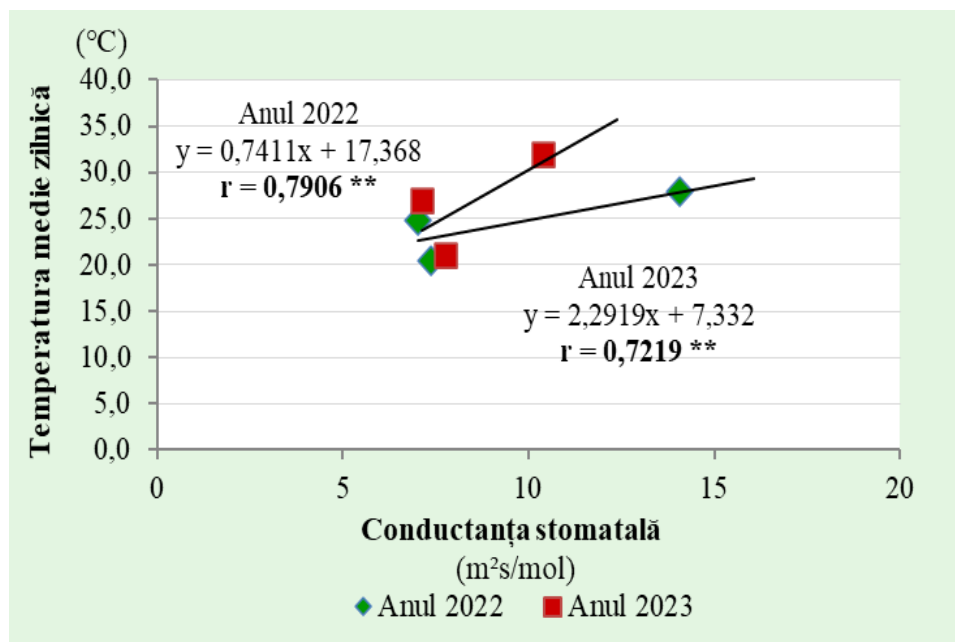
Deși au existat condiții de stres hidric și termic, pomii au dezvoltat adaptări specifice de menținere a statusului hidric la parametri normali, prin concentrarea sucului vacuolar pentru o limitare a procesului transpirației și o mai bună absorbție a apei în condițiile mediului extern.

Conductanța stomatală influențează în mod direct atât regimul de apă, cât și fotosinteza. Deși numeroși factori de mediu pot afecta activitatea stomatală, temperatura și umiditatea atmosferică reprezintă variabilele de mediu care pot modifica răspunsul stomatelor la schimbările climatice actuale (Urban ș.a., 2017).

Mecanismul conductanței stomatale la nivel foliar a crescut odată cu creșterea temperaturii în condițiile de mediu în care s-a desfășurat studiul, obținându-se o corelație pozitivă, distinct semnificativă ($r=0,7906$ în anul 2022; $r=0,7219$ în anul 2023) (fig. 5.10).

Creșterea temperaturii de la începutul monitorizării, până la stadiul fenologic de maturare a fructelor a fost în medie de aproximativ $+10^{\circ}\text{C}$. Răspunsul deschiderii stomatelor odată cu creșterea temperaturii poate fi explicat parțial prin efectul acestui factor variabil asupra mișcării stomatelor, precum și a creșterii gradientului de presiune a vaporilor de apă intensificând astfel procesul de transpirație.

În limite fiziologice, când temperatura crește, vâscozitatea apei la nivel celular scade aproximativ cu 20% la fiecare $+10^{\circ}\text{C}$ (până la maxim $45-48^{\circ}\text{C}$), astfel încât, crește permeabilitatea protoplasmei pentru apă.



** - corelație distinct semnificativă

Fig. 5.10. Corelația dintre temperatura medie zilnică și conductanța stomatală

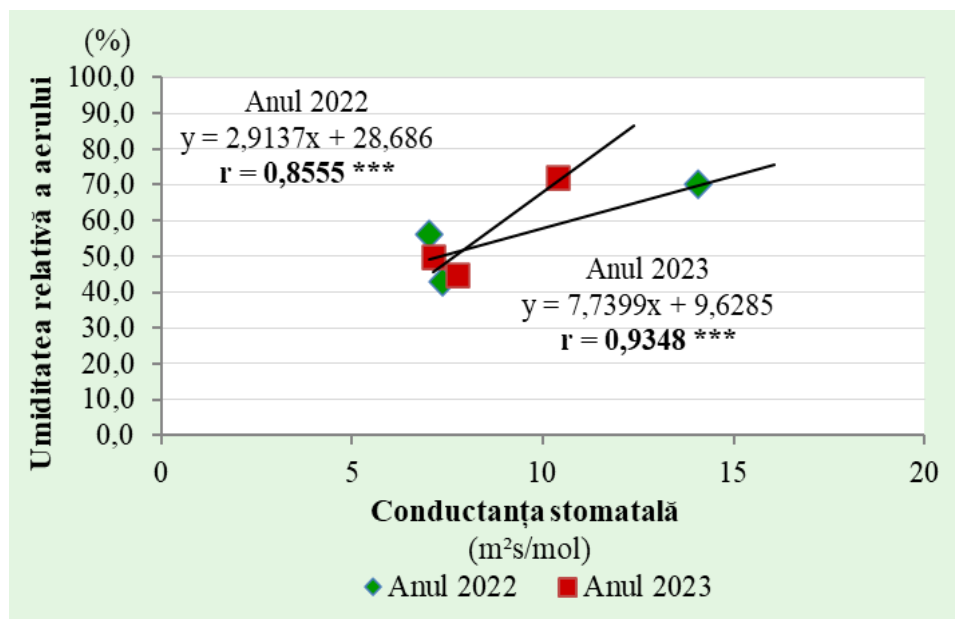
Fig. 5.10. Correlation between mean daily temperature and stomatal conductance

Conductanța stomatală crescută la temperaturi mai ridicate poate ajuta pomii să crească rata fotosintetică la nivel foliar, mecanism care îi poate ajuta să supraviețuiască valurilor scurte dar puternice de căldură atunci când există și suficientă apă în sol, iar umiditatea atmosferică se află în limite de 60-70%.

Conductanța stomatală a urmat o dinamică ascendentă și în corelație cu umiditatea relativă a aerului, care a avut pe parcursul stadiilor fenologice analizate valori medii peste 50%. Pe parcursul celor doi ani luați în studiu, s-a obținut o corelație pozitivă, foarte semnificativă ($r=0,8555$ în anul 2022; $r=0,9348$ în anul 2023) (fig. 5.11).

La o valoare scăzută a gradului de saturație în vapori de apă, procesul de transpirație se reduce, dar fără efecte dăunătoare dacă nu scade sub 40%, sau în asociere și cu alți factori climatici în afara limitelor de stres a cireșului (Zhang ș.a., 2020).

Valorile indicatorilor hidrici la speciile pomicole sunt influențate în mod direct pe lângă condițiile de mediu și de forma de coroană, sol, precum și de variabilitatea soiurilor (Blanco ș.a., 2019).



***-corelație foarte semnificativă

Fig. 5.11. Corelația dintre umiditatea aerului și conductanța stomatală
Fig. 5.11. Correlation between relative air humidity and stomatal conductance

5.2. Dinamica procesului fiziologic de fotosinteză la nivel foliar

Fotosinteza este unul dintre cele mai importante și complexe fenomene vitale ale naturii, prin care plantele verzi sintetizează substanțe organice din dioxid de carbon, apă și săruri minerale, prin intermediul pigmentilor asimilatori și a energiei solare, cedând în mediu oxigen (Toma & Jităreanu, 2007).

Frunza reprezintă principalul organ al fotosintezei, datorită particularităților sale anatomo-morfologice, la nivelul căreia se pot efectua cercetări ecofiziologice pentru evidențierea activității acestui proces.

Reacția ecofiziologică a soiurilor de cireș luate în studiu în contextul agroclimatic al anilor 2021-2023 din cadrul Stațiunii de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură din Iași a fost apreciată prin intermediul determinării conținutului de pigmenti foliari, ca indicatori ai procesului de fotosinteză.

Pentru monitorizarea ratei fotosintezei în corelație cu factorii de mediu au fost efectuate determinări fiziologice atât în condiții de câmp, pentru conținutul de clorofilă la nivel foliar, cât și în condiții de laborator pentru conținutul total de pigmenti fotosintetici prin metoda spectrofotometrică.

5.2.1. Conținutul de clorofilă la nivel foliar

Cireșul este o specie pomicolă cu o înflorire timpurie, în condiții limitate de lumină solară iar aparatul foliar nu este dezvoltat complet (Quero-Garcia ș.a., 2017), astfel că, rezultatele obținute în fenofaza de înflorire deplină în ceea ce privește

conținutul de clorofilă exprimat în unități SPAD la variantele experimentale evaluate au fost în medie de 25,1 unități în anul 2022 (fig. 5.12) și 20,9 unități în anul 2023 (fig. 5.13).

Deși fotosinteza este condiționată în permanență de factorii de mediu, în evoluția fenologică depinde și de modificările suprafeței frunzelor prin reglarea conductanței stomatelor și a capacității fotosintetice mezofile (Vosnjak ș.a., 2021).

Astfel, conținutul de clorofilă în stadiul fenologic de înflorire deplină (65 BBCH) indică faptul că frunzele de cireș la soiurile luate în studiu devin competente din punct de vedere fotosintetic încă din momentele incipiente ale creșterii și dezvoltării lor.

Studii asemănătoare (Roper & Kennedy, 1986; Gonçalves ș.a., 2008) confirmă faptul că frunzele soiurilor de cireș cu înflorire timpurie au capacitatea de a fotosintetiza în condițiile de mediu ale sezonului de primăvară datorită substanțelor de rezervă acumulate în sezonul anterior și astfel pot suplimenta carbohidrații de rezervă pentru creștere.

Înflorirea soiurilor de cireș evaluate a avut loc în prima și a doua decadă a lunii aprilie, iar raportat la condițiile climatice în timpul stadiului fenologic de înflorire în cei doi ani în care au fost efectuate determinările, poate fi evidențiat faptul că în luna aprilie a anului 2022, deși temperatura minimă a fost de $-2,0^{\circ}\text{C}$, a urmat o creștere bruscă a temperaturii medii zilnice, în timp ce în anul 2023, temperatura minimă a fost de $-1,0^{\circ}\text{C}$ (tabelul 3.2), dar asociată și cu precipitații sub formă de ninsoare.

Dacă în timpul dezvoltării incipiente a frunzei în fenofaza de înflorire, conținutul de clorofilă este limitat de radiația solară asociată dar și de o suprafață foliară mai redusă, pe măsură ce frunzele devin mature, intensitatea procesului de fotosinteză este îmbunătățită ca răspuns la deschiderea stomatică și creșterea capacității de absorbție a luminii.

În fenofaza de creștere a fructelor, conținutul de clorofilă a înregistrat o creștere la toate variantele experimentale, având valori cuprinse între 25,7 unități SPAD (V_4 în anul 2022) și 32,3 unități SPAD (V_3 în anul 2023).

Astfel, în fenofaza de creștere a fructelor, conținutul de clorofilă a crescut în medie cu 28% la soiul *Van*, 25% la soiul *Andreiaș* și cu 38% la soiul *Margonia* comparativ cu fenofaza de înflorire.

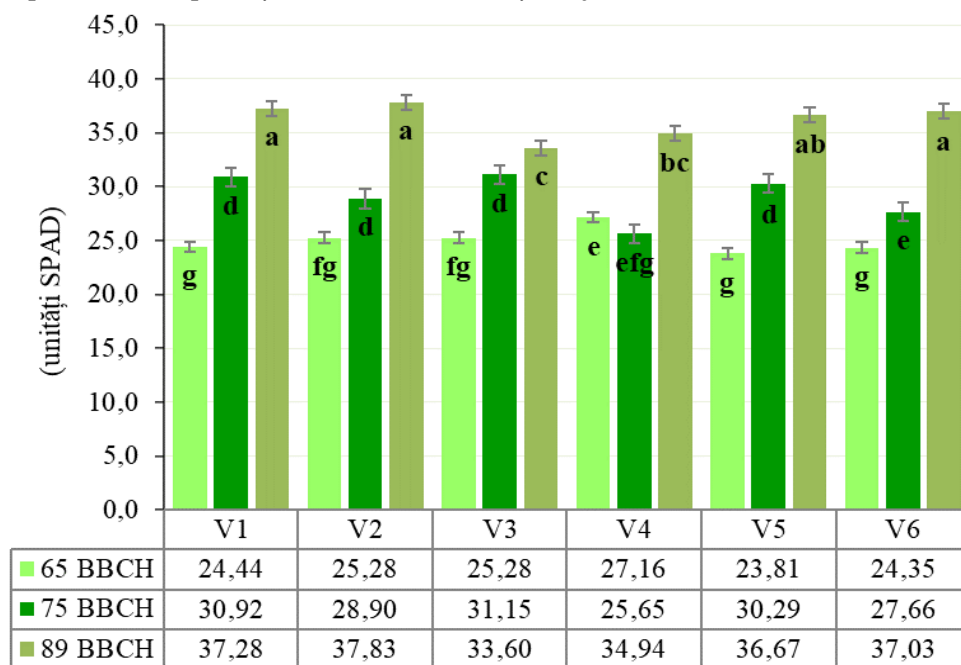
Creșterea conținutului de clorofilă este un indicator al îmbunătățirii stării fiziologice, iar pentru pomi controlează potențialul fotosintetic, producția de fructe, starea de nutriție și creșterea rezistenței la diferiți factori de stres (Zhang ș.a., 2008; Viljevac ș.a., 2013).

Un indicator important al activității fotosintetice foliare pentru pomii fructiferi îl reprezintă forma și densitatea coroanei întrucât compoziția spectrală a luminii din interiorul coroanei se modifică datorită efectelor optice de reflectare și absorbantă (Gonçalves ș.a., 2008).

Între cei doi ani de studiu, diferențe notabile s-au înregistrat doar în stadiul fenologic de înflorire deplină, fenomen asociat cu diferențele intensității luminoase din timpul desfășurării acestei fenofaze, în anul 2022, procesul de fotosinteză fiind accentuat de valorile mai ridicate ale acestui parametru climatic.

Cu privire la zona diferențiată a coroanei unde au fost efectuate determinările conținutului de clorofilă, la toate soiurile studiate s-a evidențiat faptul că în zonele de exterior ale coroanei, mai expuse la lumină, activitatea fotosintetică a fost mai intensă comparativ cu zona internă.

Diferențele dintre variantele de exterior și cele din interior ale coroanei nu au fost statistic semnificative (cu excepția soiului *Andreiaș* în anul 2023), fapt ce evidențiază o bună expunere și în proporție cât mai mare a coronamentului pomului la lumină, factor ce poate fi controlat și modificat prin tehnologia de cultură, distanța de plantare între pomi și efectuarea de tăieri și dirijări ale ramurilor.



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 5.12. Rezultate privind conținutul de clorofilă la nivel foliar în anul 2022

Fig. 5.12. Results regarding the chlorophyll content at leaf level in the year 2022

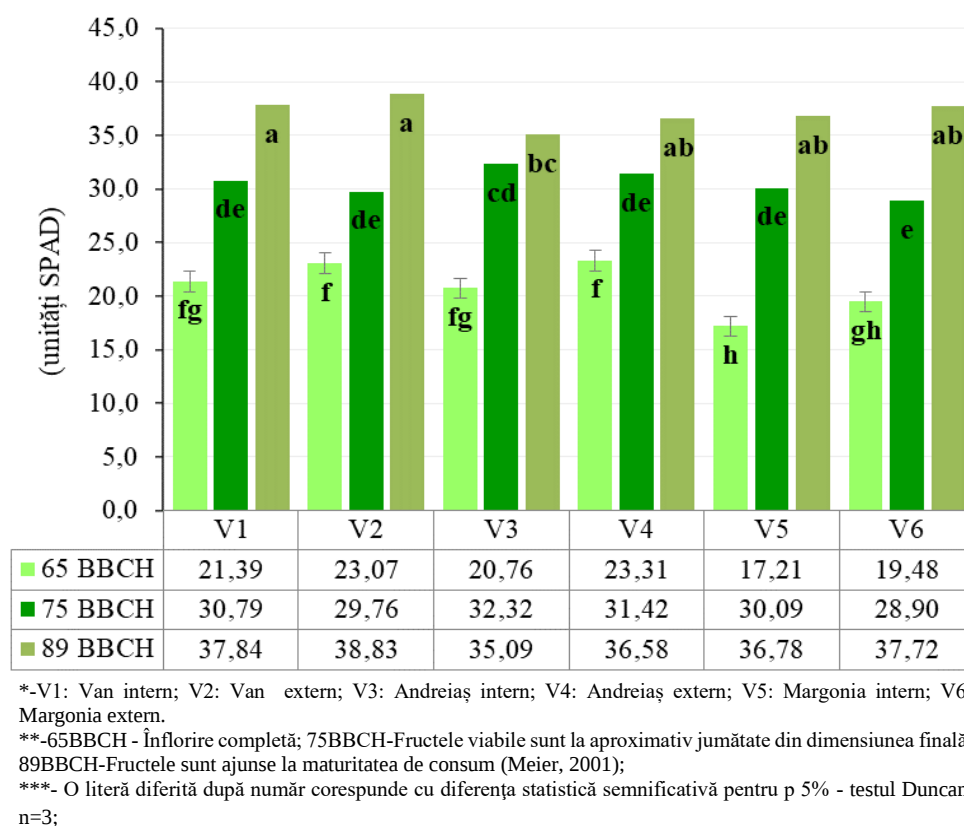


Fig. 5.13. Rezultate privind conținutul de clorofilă la nivel foliar în anul 2023

Fig. 5.13. Results regarding the chlorophyll content at leaf level in the year 2023

Conținutul de clorofilă a înregistrat valori maxime în fenofaza de maturare a fructelor cuprinse între 34,9 și 38,8 unități SPAD. În această fenofază, cel mai mare conținut de clorofilă a fost înregistrat la soiul *Van* (37,3-38,8 unități SPAD), urmat de soiul *Margonia* (36,6-37,7 unități SPAD).

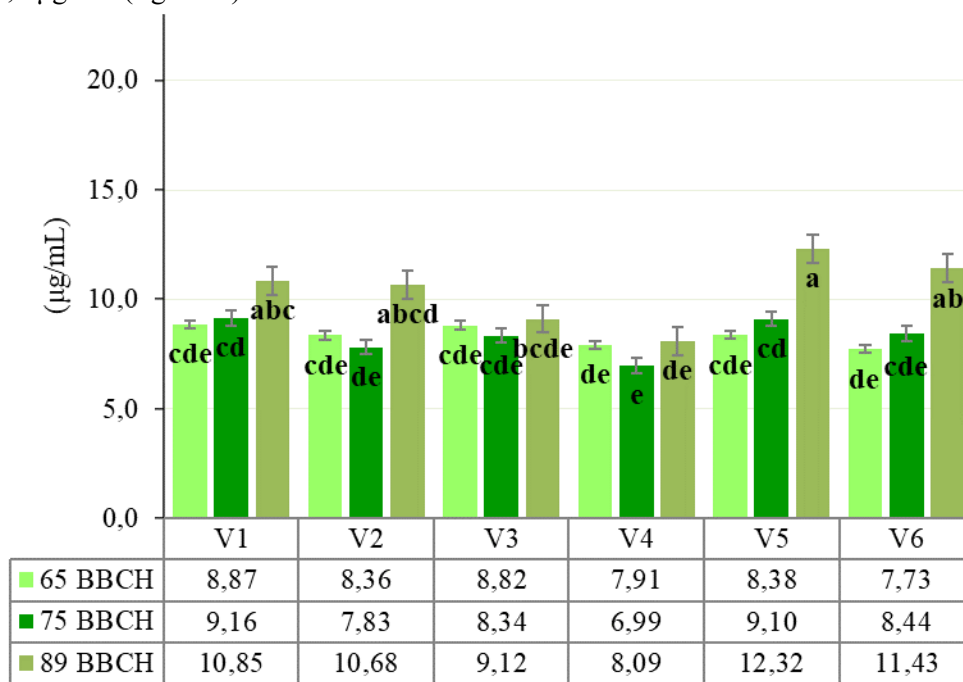
Rezultate similare au fost obținute și în alte studii, unde cele mai mari valori SPAD la nivel foliar au fost înregistrate în timpul fenofazei de maturare a fructelor, întrucât această perioadă coincide cu începutul diferențierii mugurilor fructiferi și maturarea lemnului, activitatea proceselor fiziologice fiind intensificată (Moreno ș.a., 2001; Vosnjak ș.a., 2022).

Analiza comparativă a valorilor medii ale conținutului de clorofilă din frunzele soiurilor de cireș evaluate pe parcursul sezonului de vegetație evidențiază o creștere progresivă odată cu desfășurarea fenofazelor monitorizate, de la valori minime la înflorire, la valori maxime în timpul maturării fructelor.

5.2.2. Conținutul de pigmenți clorofilieni la nivel foliar determinați prin metoda spectrofotometrică

Sistemul procesului de fotosinteză cuprinde un complex de pigmenți asimilatori alcătuit într-un centru de absorbție și un centru de reacție. Centrul de absorbție conține molecule de clorofila *a*, clorofila *b* și pigmenții carotenoizi, cu rol în captarea energiei luminoase și transferarea ei la centrul de reacție, unde prin intermediul clorofilei *a* are loc transformarea energiei luminoase în energie chimică (Toma & Jităreanu, 2007).

Determinările conținutului de pigmenți clorofilieni în fenofaza de înflorire, pe parcursul studiului evidențiază un conținut mediu de clorofila *a* cuprins între 7,3 (V₆) și 8,9 μg/mL (V₁) în anul 2022 (fig. 5.14) și de clorofila *b* între 2,5 și 3,6 μg/mL (fig. 5.16), în timp ce în anul 2023, în aceeași perioadă de vegetație, clorofila *a* a avut valori cuprinse între 7,5 (V₄) și 8,7 μg/mL (V₁) (fig. 5.15) iar clorofila *b* de 2,7-3,6 μg/mL (fig. 5.17).



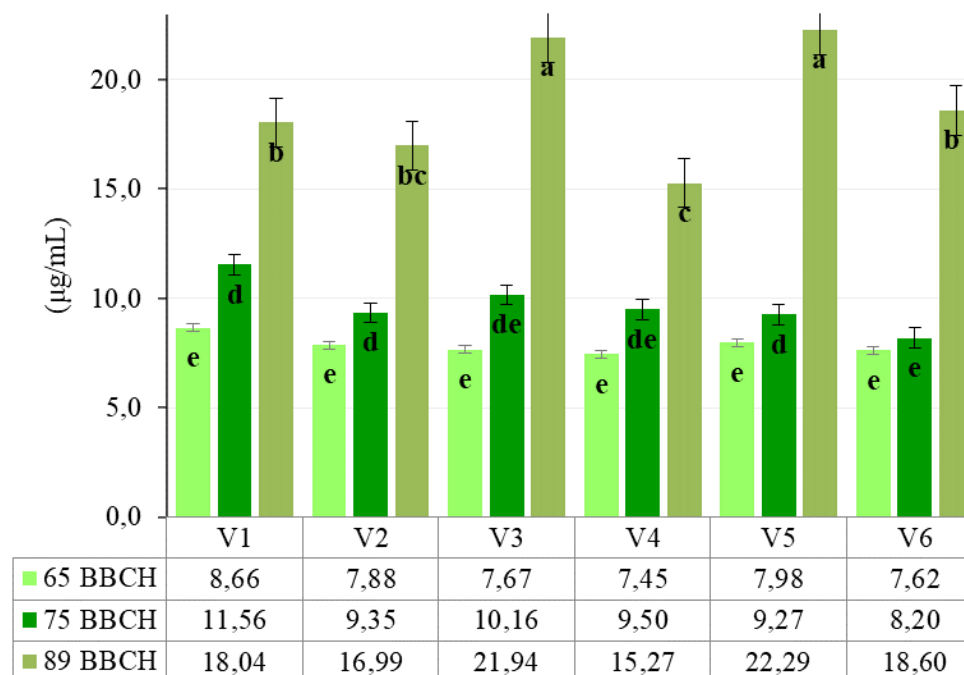
*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 5.14. Rezultate privind conținutul de clorofilă *a* la nivel foliar în anul 2022

Fig. 5.14. Results regarding the chlorophyll *a* content at leaf level in the year 2022



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaş intern; V4: Andreiaş extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**-65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 5.15. Rezultate privind conținutul de clorofilă a la nivel foliar în anul 2023

Fig. 5.15. Results regarding the chlorophyll a content at leaf level in the year 2023

Conținutul de clorofilă a a fost constant la toate variantele experimentale, nefiind diferențe statistic semnificative, dar cu mențiunea faptului că la probele recoltate din interiorul coroanei s-au înregistrat valori mai ridicate comparativ cu cele preluate din partea externă, activitatea fotosintetică fiind mai intensă.

Rezultatele obținute în acest stadiu fenologic au fost relativ asemănătoare în cei doi ani în care au fost efectuate analizele foliare la toate variantele experimentale.

În fenofaza de creștere a fructului, conținutul de clorofilă a a înregistrat o creștere cu 17% în raport cu fenofaza de înflorire, valorile maxime ale conținutului de pigmenți asimilatori fiind obținute la variantele soiului *Van* în anul 2023, de 15,9 µg/mL în partea centrală a coroanei (V₁) și 12,7 µg/mL, în cea periferică (V₂).

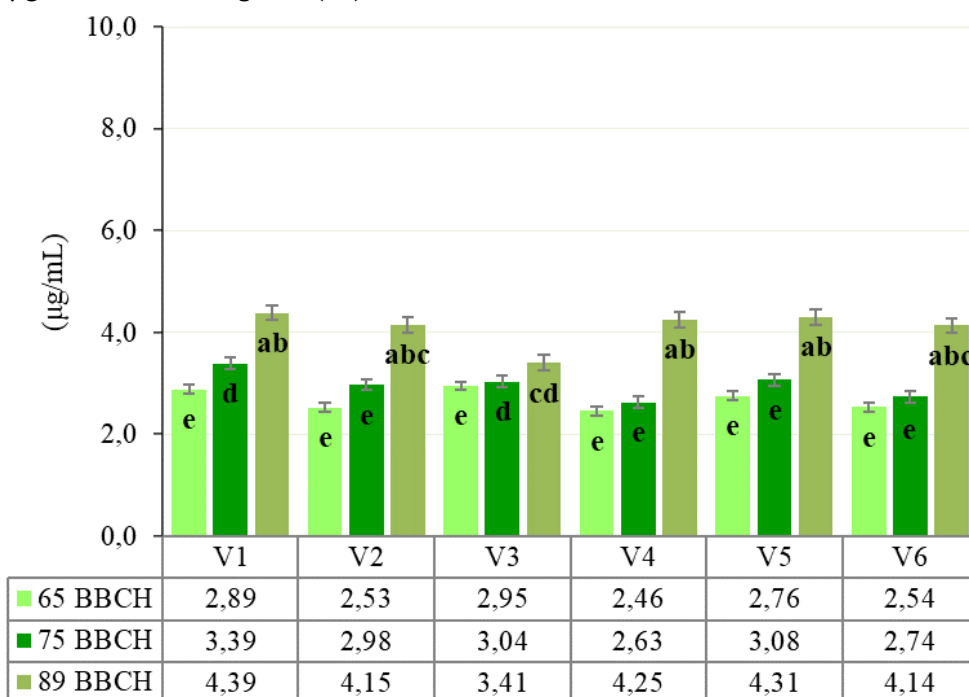
Pigmenții clorofilieni (clorofila a și b) dețin un rol semnificativ în procesul de fotosinteză întrucât sunt responsabili de absorbția luminii și transformarea acesteia în energie chimică (Viljevak ș.a., 2013).

În funcție de condițiile de iluminare, raportul dintre clorofila a și clorofila b a fost în medie de 3/1.

Raportat la condițiile climatice din perioada de vegetație a anilor 2022 și 2023, deși în timpul fenofazei de înflorire s-au înregistrat temperaturi negative, pe parcursul creșterii și dezvoltării fructelor de cireș, climatul a fost secetos, cu temperaturi ridicate și radiație solară puternică asociate și cu lipsa precipitațiilor.

Rezultatele obținute la soiurile de cireș evaluate au evidențiat un caracter relativ stabil al mecanismului pentru prevenirea deteriorării aparatului fotosintetic, permițând absorbția optimă a luminii și menținerea activității fiziologice la condiții de stres climatic.

În stadiul fenologic de maturare a fructului s-a remarcat o diferență vizibilă a conținutului de clorofila *a* și *b* între anii de studiu, de la o medie a variantelor experimentale de 15,3 $\mu\text{g/mL}$ în anul 2022 la 25,8 $\mu\text{g/mL}$ în anul 2023. În anul 2023 s-a înregistrat de asemenea o creștere semnificativă și a conținutului de clorofila *b*, având valori maxime în această fenofază, cuprinse între 5,7 $\mu\text{g/mL}$ (V_2 și V_4) și 9,1 $\mu\text{g/mL}$ la soiul *Margonia* (V_5).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

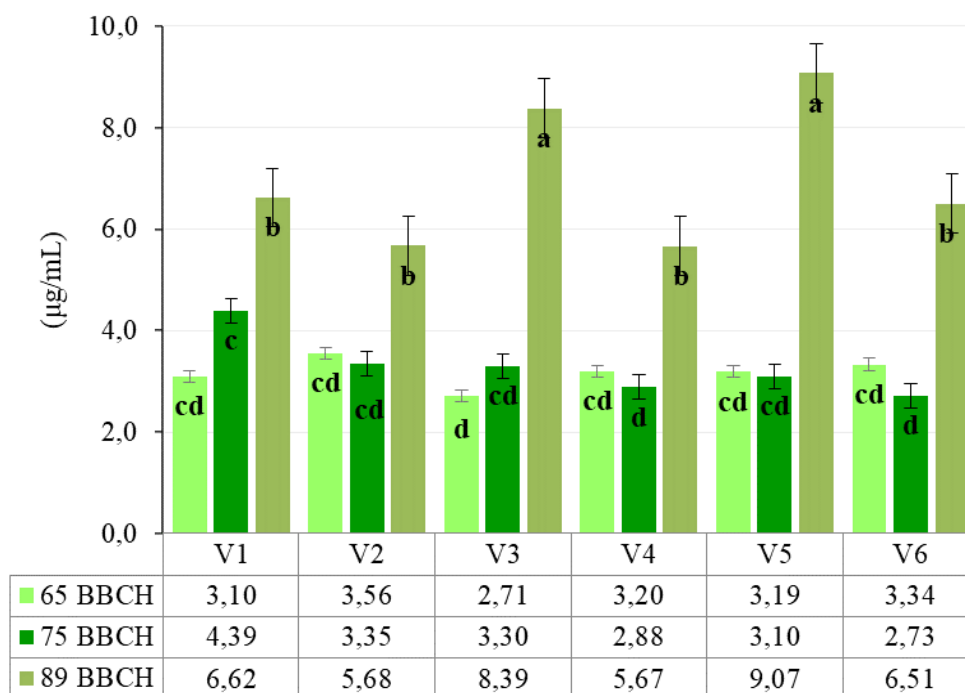
** - 65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 5.16. Rezultate privind conținutul de clorofilă *b* la nivel foliar în anul 2022

Fig. 5.16. Results regarding the chlorophyll *b* content at leaf level in the year 2022

Pentru pomii fructiferi, dinamica sezonieră a conținutului de clorofilă *a* și *b* are un rol dominant asupra cantității de radiație solară pe care o absorb frunzele, întrucât potențialul fotosintetic controlează atât cantitatea cât și calitatea producției de fructe (Larcher, 2003).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**-65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 5.17. Rezultate privind conținutul de clorofilă *b* la nivel foliar în anul 2023

Fig. 5.17. Results regarding the chlorophyll *b* content at leaf level in the year 2023

Diferențele cantitative ale conținutului total de pigmenți asimilatori pot fi interpretate și prin influența directă a condițiilor climatice asupra procesului de fotosinteză.

Astfel, valori mai scăzute ale activității fotosintetice pot fi asociate cu închiderea stomatică, care limitează absorbția de CO₂ de către frunze, ca urmare a unei intensități mari a luminii (fotoinhibarea) adesea cu secetă atmosferică sau temperaturi extreme (Powles, 1984), fapt întâlnit și în timpul fenofazei de maturare a anului 2022, unde temperaturile au depășit 35°C.

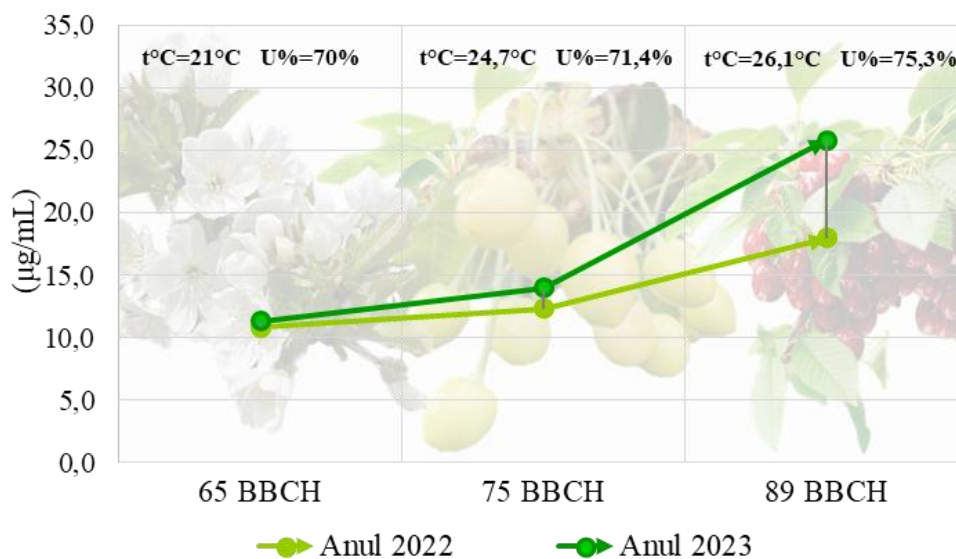
Cu toate acestea, o intensitate suplimentară a luminii până la punctul de compensare poate crește rata activității fotosintetice, în funcție de suprafața foliară

totală a coronamentului, asigurând astfel și potențialul metabolic capabil să asigure rezistența la factorii de stres.

Analiza rezultatelor dinamicii fenologice a conținutului de pigmenți asimilatori pe parcursul anilor de studiu a evidențiat faptul că însușirile genetice ale soiurilor evaluate sunt determinante pentru capacitatea de rezistență la stresul cauzat de schimbările climatice din ce în ce mai frecvente.

Dacă pe parcursul fenofazelor de înflorire și creștere a fructului, soiul *Van* a înregistrat cel mai mare conținut de pigmenți clorofilieni la nivel foliar, în fenofaza de maturare a fructului, soiul *Margonia* s-a evidențiat prin capacitatea maximă de absorbție a luminii și de valorificare a acestora în vederea adaptării la factorii de stres climatici precum și obținerea unei producții calitative și cantitative.

Analiza comparativă a valorilor medii ale conținutului total de pigmenți fotosintetici activi din frunzele soiurilor de cireș evaluate pe parcursul sezonului de vegetație evidențiază o creștere progresivă însă cu diferențe semnificative între cei doi ani luați în studiu în stadiul de maturare a fructelor, condițiile climatice ale anului 2023 impunând o intensificare a activității fotosintetice (fig. 5.18).



*-65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

Fig. 5.18. Dinamica conținutului de pigmenți fotosintetici la nivel foliar în funcție de stadiul de vegetație

Fig. 5.18. The dynamics of the content of photosynthetic pigments at leaf level depending on the vegetation stage

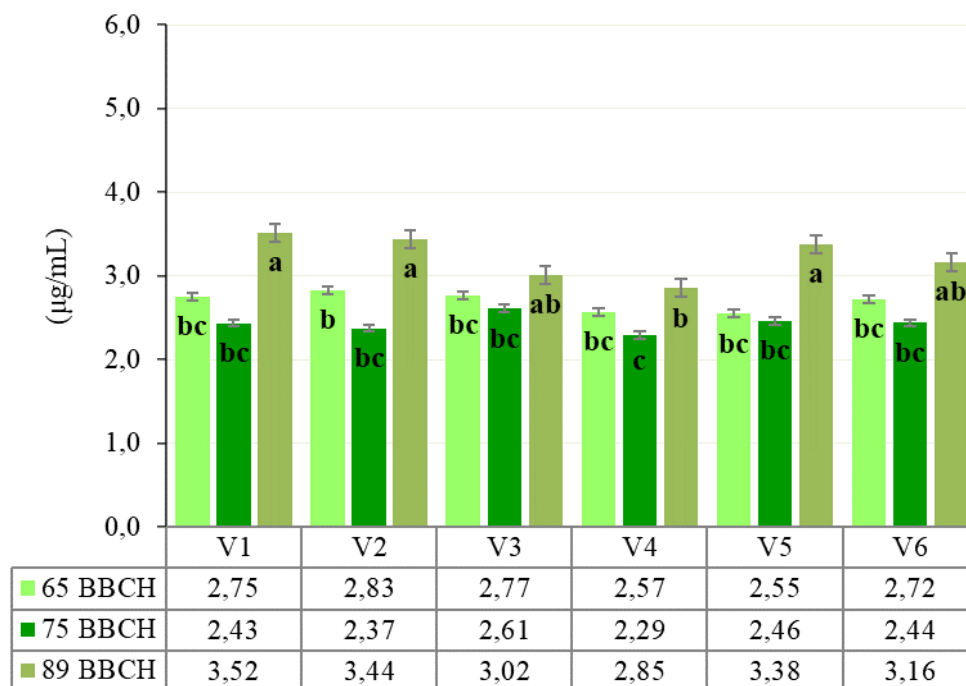
Având în vedere că diferite părți ale pomilor primesc cantități variabile de lumină solară, procesele fotosintetice din frunze pot avea loc cu intensități diferite (Bondarenko, 2019).

Astfel, pe parcursul stadiilor fenologice evaluate, s-a evidențiat faptul că în partea centrală a coronamentului (interior), cantitatea de pigmenți asimilatori a avut valori mai ridicate comparativ cu partea periferică, mai expusă la lumina solară.

Acest aspect a fost întâlnit și în alte studii (Flore & Layne, 1999; Pilarski ș.a., 2007), și indică faptul că o scădere a conținutului de pigmenți în frunze la niveluri ridicate de lumină solară este asociată cu saturația radiațiilor luminoase și depășirea punctului de compensare la care clorofila este simultan sintetizată dar și descompusă.

5.2.3. Conținutul de pigmenți flavonoizi

Pigmenții flavonoizi fac parte din clasa de metaboliți secundari ai plantelor, cu rol în mecanismele de protecție față de numeroși factori de stres. Lumina joacă un rol regulator predominant în sinteza substanțelor flavonoide, efectul fiind mediat de criptocrom (capacitatea de a capta lumina albastră) (Delian, 2013).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

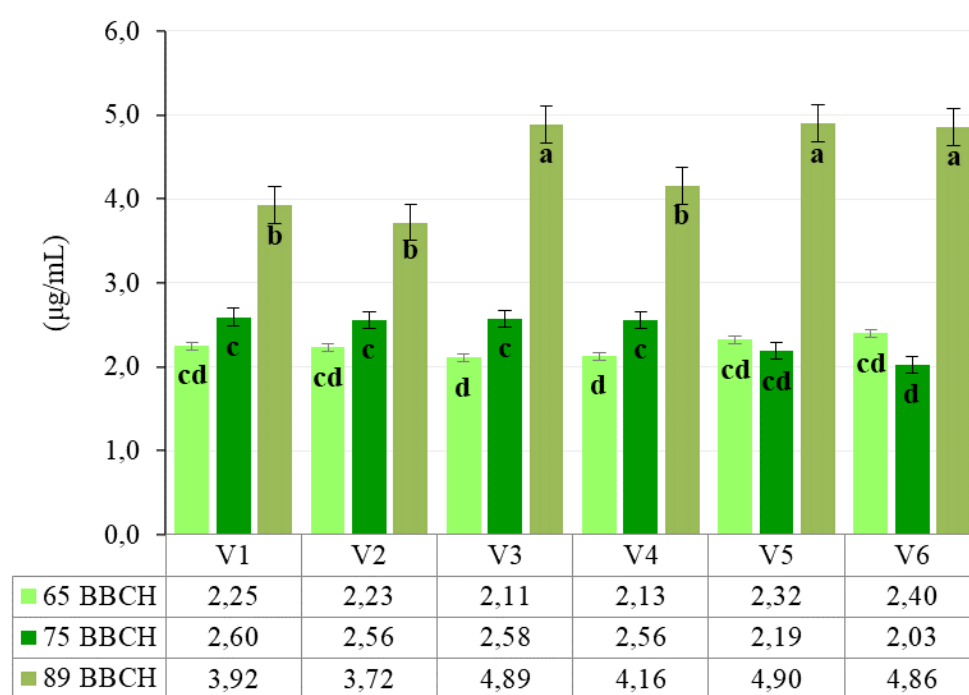
***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 5.19. Rezultate privind conținutul de pigmenți flavonoizi în anul 2022

Fig. 5.19. Results regarding the flavonoid pigments content in the year 2022

Evoluția sezonieră a conținutului mediu de pigmenți flavonoizi pe parcursul studiului, a evidențiat faptul că cele trei soiuri de cireș s-au manifestat diferențiat în raport cu activitatea mecanismelor de rezistență la stresul hidric și termic în cele trei stadii fenologice, dar toate urmând aceeași dinamică: menținerea unor valori constante pe parcursul înfloririi și creșterii fructului, urmând o direcție ascendentă în fenofaza de maturare a fructelor.

Rezultatele obținute în fenofaza de înflorire, la soiurile de cireș luate în studiu, indică valori constante, cu diferențe nesemnificative statistic între variantele experimentale, în medie de 2,7 $\mu\text{g/mL}$ în anul 2022 (fig. 5.19) și 2,2 $\mu\text{g/mL}$ în anul 2023 (fig. 5.20).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 5.20. Rezultate privind conținutul de pigmenți flavonoizi la nivel foliar în anul 2023

Fig. 5.20. Results regarding the flavonoid pigments content at leaf level in the year 2023

Valoarea minimă a fost înregistrată de soiul *Andreiaș* în anul 2023 (2,1 $\mu\text{g/mL}$) (fig. 5.20).

În anul 2022, conținutul flavonoizilor a fost constant la toate variantele experimentale și s-a situat între 3,0 și 3,5 $\mu\text{g/mL}$ (fig. 5.19).

Valorile cuprinse între 3,0 și 5,0 $\mu\text{g/mL}$ a acestui indicator exprimă o bună capacitate de adaptare a aparatului foliar al soiurilor de cireș luate în studiu la condițiile de stres hidric și termic care au avut loc în perioada de vegetație a celor doi ani (2022-2023).

În fenofaza de creștere a fructelor, conținutul de pigmenți flavonoizi a avut valori neuniforme și mai scăzute în anul 2022, valoarea medie fiind de 2,4 $\mu\text{g/mL}$, în timp ce în anul 2023, soiurile *Van* și *Andreiaș* au înregistrat o creștere.

Creșterea conținutului de pigmenți flavonoizi indică intensificarea mecanismelor de rezistență asupra diverșilor factori stresori, în acest caz, de secetă și temperaturi ridicate.

Diferențe semnificative între variantele experimentale au fost doar în anul 2023, limitele minime fiind în cazul soiului *Margonia* (V_5 : 2,2 $\mu\text{g/mL}$; V_6 : 2,0 $\mu\text{g/mL}$), iar cele maxime la soiul *Van* (V_1 : 2,7 $\mu\text{g/mL}$) (fig. 5.20).

Conținutul de pigmenți flavonoizi pe parcursul fenofazei de maturare a fructelor a înregistrat valori mai ridicate comparativ cu stadiile fenologice anterioare, de până la 4,9 $\mu\text{g/mL}$ în anul 2023 la soiurile *Andreiaș* (V_3) și *Margonia* (V_5 și V_6).

5.2.4. Regimul de lumină la nivelul coronamentului

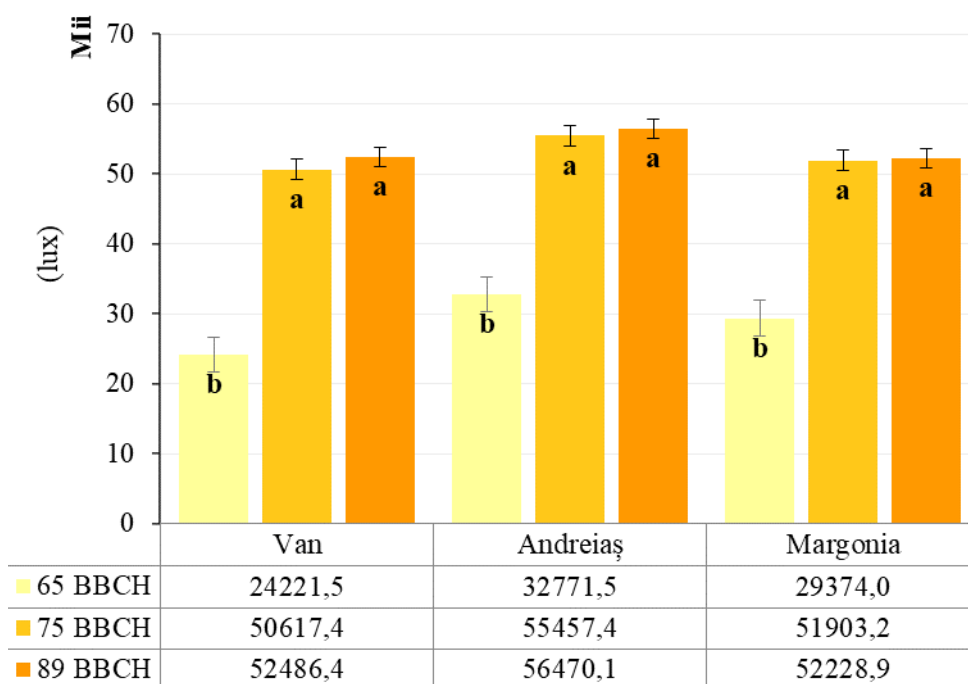
Intensitatea luminii este factorul care condiționează viața tuturor plantelor, fiind absolut necesară declanșării procesului de asimilare a carbonului în procesul de fotosinteză.

Cireșul este una din speciile pomicele care necesită cea mai multă lumină, iar pentru o producție maximă atât cantitativă, cât și calitativă de cireșe, este de dorit expunerea în proporție cât mai mare din coronamentul pomului la lumină pe tot parcursul sezonului de vegetație (Flore & Layne, 1999).

Studiul coeficientului intensității luminii captate de către plante prezintă o importanță deosebită în scopul optimizării procesului de fotosinteză, de care depinde sporirea productivității unei culturi.

Intensitatea luminii depinde în primul rând de condițiile climatice, dar interceptarea acesteia de către aparatul foliar este influențată de numeroși factori precum: forma de coroană, expoziția terenului, direcția rândurilor și distanțele de plantare, indicele suprafeței foliare, densitatea frunzelor în coroană, dar și la nivel intern, de starea de turgescență foliară, conductanța stomatală și temperatura la nivel foliar (Steiner ș.a., 2015; Bondarenko, 2019).

Dinamica intensității luminii pe parcursul sezonului de vegetație a soiurilor de cireș luate în studiu a fost ascendentă odată cu creșterea și în final maturarea fructelor. În fenofaza de înflorire deplină a anului 2022, în coronamentul soiului *Van* s-a înregistrat cea mai mică valoare a intensității luminii, de 24 222 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$, cu diferențe semnificative față de celelalte soiuri (fig. 5.21).



*-65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

** - O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

5.21. Intensitatea luminoasă la nivelul coronamentului în perioada de vegetație a anului 2022

5.21. The light intensity at the level of the canopy during the vegetation period of 2022

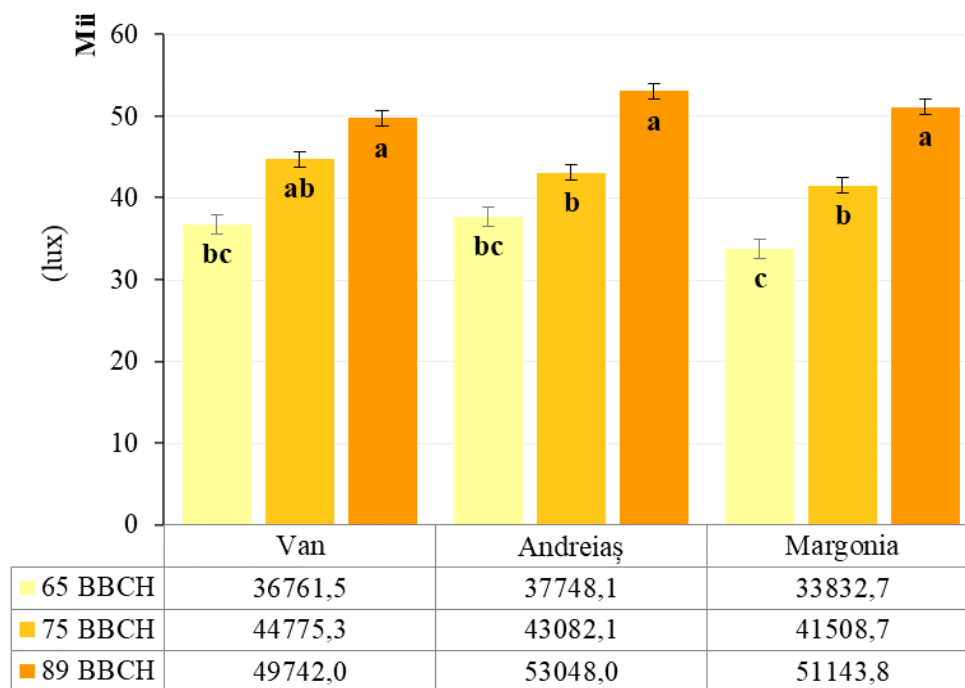
În fenofaza de creștere a fructului, interceptarea luminii a fost în medie de 52 659 lucși, valoarea maximă fiind deținută, la fel ca și în stadiul de înflorire, de soiul *Andreiaș*. Valorile maxime ale intensității luminoase au fost în fenofaza de maturare a fructului și au fost cuprinse între 52 486 lucși (la soiul *Van*) și 56 470 lucși (soiul *Andreiaș*) (fig. 5.21).

Cerințele față de lumină a cireșului depind în principal de informația ereditară a soiului, dar sunt condiționate și de stadiul fenologic în care se află, astfel, cerințele sunt mai mari în timpul creșterii intense și maturării fructelor comparativ cu perioada dezmuguririi și a înfloritului.

De cantitatea de lumină din timpul maturării depinde în mare măsură și calitatea fructelor (la umbră se absoarbe mai puțin fosfor decât în condiții de lumină suficientă) (Lauri & Claverie, 2005).

Resursele heliotermice, măsurate în număr ore insolație, pe parcursul perioadei de vegetație a anului 2022 au avut valori medii de 201,2 ore în stadiul de înflorire, 260,0 ore în timpul creșterii fructelor și 268,4 ore la maturarea fructelor (fig. 3.7).

În decursul anului 2023, au existat variații ale intensității luminoase, comparativ cu anul 2022. Astfel, în fenofaza de înflorire, intensitatea luminii a înregistrat valori mai mari la toate soiurile, fiind cuprinsă între 33 833 lucși (la soiul *Margonia*) și 37 748 lucși (soiul *Andreiaș*) (fig. 5.22).



*-65BBCH - Înflorire completă; 75BBCH-Fructele viabile sunt la aproximativ jumătate din dimensiunea finală; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

** - O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru p 5% - testul Duncan, n=3;

5.22. Intensitatea luminoasă la nivelul coronamentului în perioada de vegetație a anului 2023

5.22. The light intensity at the level of the canopy during the vegetation period of 2023

În fenofaza de creștere a fructelor, interceptarea luminii de către pomi a scăzut cu 20% comparativ cu aceeași perioadă a anului 2022, până la valoarea de 43 122 lucși. Valorile maxime ale intensității luminii au fost și în anul 2023 înregistrate în fenofaza de maturare a fructelor, situându-se între 49 742 lucși (soiul *Van*) și 53 048 lucși la soiul *Andreiaș*.

Dinamica ascendentă a creșterii intensității luminii în perioada de vegetație s-a menținut și în anul 2023 și a fost dependentă de fotoperioada dintre stadiile fenologice care a avut valori de 206,2 ore în perioada înfloriturii, 252,0 ore în timpul creșterii fructelor și 254,8 ore în decursul maturării fructelor.

La cireș, care este o specie heliofilă, fotosinteza începe la o intensitate a luminii de 80-100 de lucși, crescând proporțional până la 50 000 de lucși. Pe parcursul anilor de studiu, această valoare a fost depășită în anul 2022 încă de la

stadiul vegetativ de creștere a fructelor, în timp ce în anul 2023, în stadiul de maturare a fructelor la soiurile *Andreiaș* și *Margonia*. Depășirea valorii de 50 000 de lucși conduce la o plafonare a fotosintezei, dar nu reprezintă un factor de stres până la atingerea intensității luminii de 100 000 de lucși.

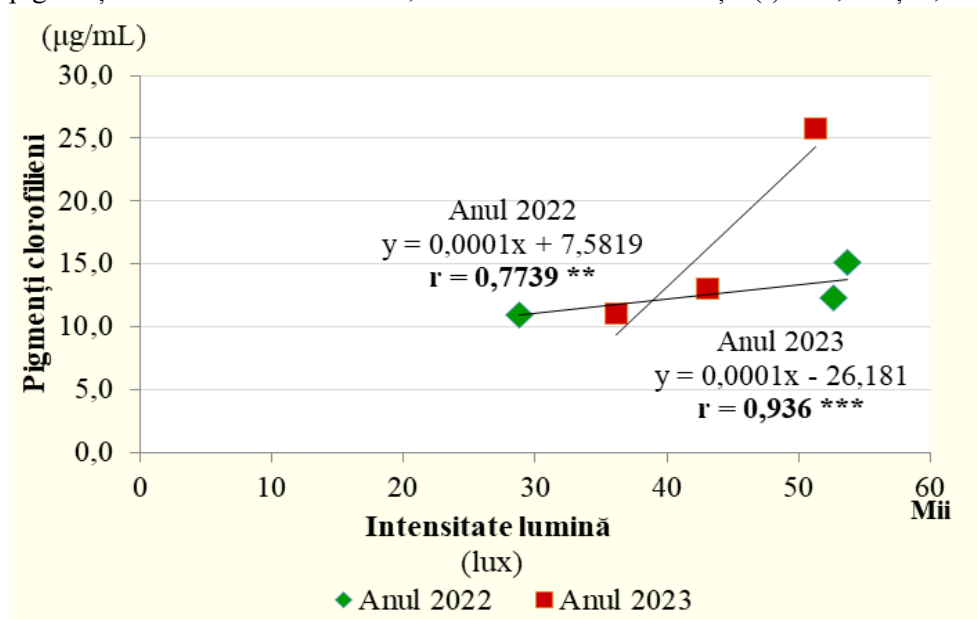
5.2.5. Interdependența dintre factorii climatici și indicatorii procesului de fotosinteză

Impactul intensității luminii asupra conținutului de pigmenți

Indicii fiziologici precum conținutul de pigmenți clorofilieni și flavonoizi oferă posibilitatea de a evalua cu ușurință condițiile de lumină dintr-o livadă și de a da o recomandare pentru un sistem de creștere optimizat (Overbeck ș.a., 2018).

Lumina reprezintă sursa de energie pentru biosinteza substanțelor organice în procesul vital de fotosinteză, iar frunzele prezintă caracteristici genetice morfo-anatomice de adaptare la condițiile de iluminare și la capacitatea de răspuns în fața factorilor de stres.

Astfel, prin corelarea intensității luminii cu pigmenții clorofilieni (fig. 5.23) și cei flavonoizi (fig. 5.24), s-a evidențiat faptul că în condițiile climatice ale anului 2023 gradul de interdependență dintre radiația activ fotosintetică și conținutul de pigmenți a fost foarte semnificativ, cu un coeficient de corelație (r) de 0,868 și 0,936.



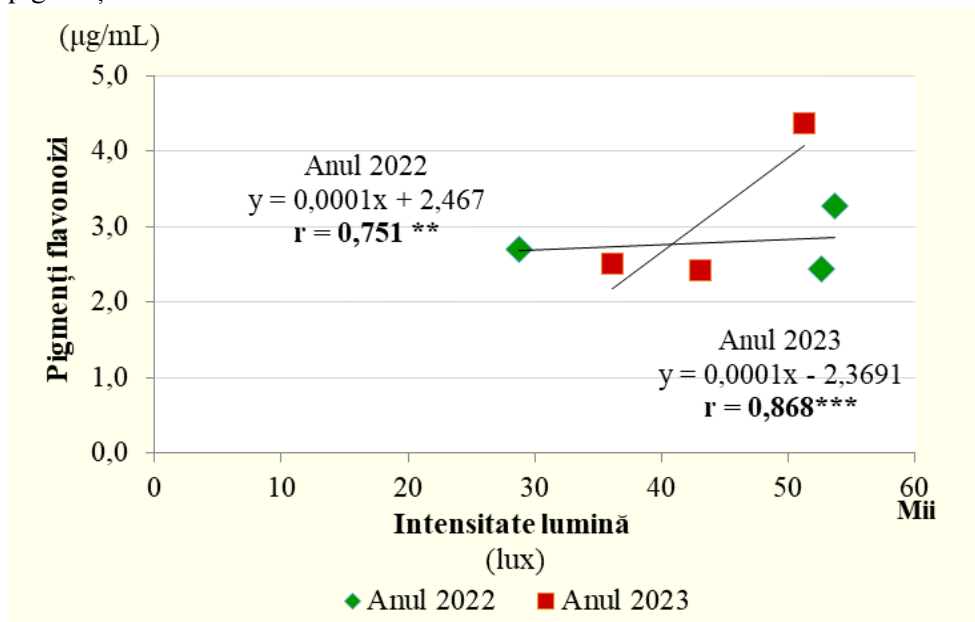
** - corelație distinct semnificativă ; *** - corelație foarte semnificativă

Fig. 5.23. Corelația dintre intensitatea luminii și pigmenții clorofilieni

Fig. 5.23. Correlation between light intensity and chlorophyll pigment content

Acest tip de corelație își are semnificația prin faptul că dacă una din variabile scade în valorile sale, scade și cealaltă printr-o regulă liniară exactă (Ratner, 2009),

astfel încât, activitatea fotosintetică scade odată cu scăderea concentrației acestor pigmenți.



** - corelație distinct semnificativă ; *** - corelație foarte semnificativă

Fig. 5.24. Corelația dintre intensitatea luminii și conținutul de pigmenți flavonoizi

Fig. 5.24. Correlation between light intensity and flavonoid pigment content

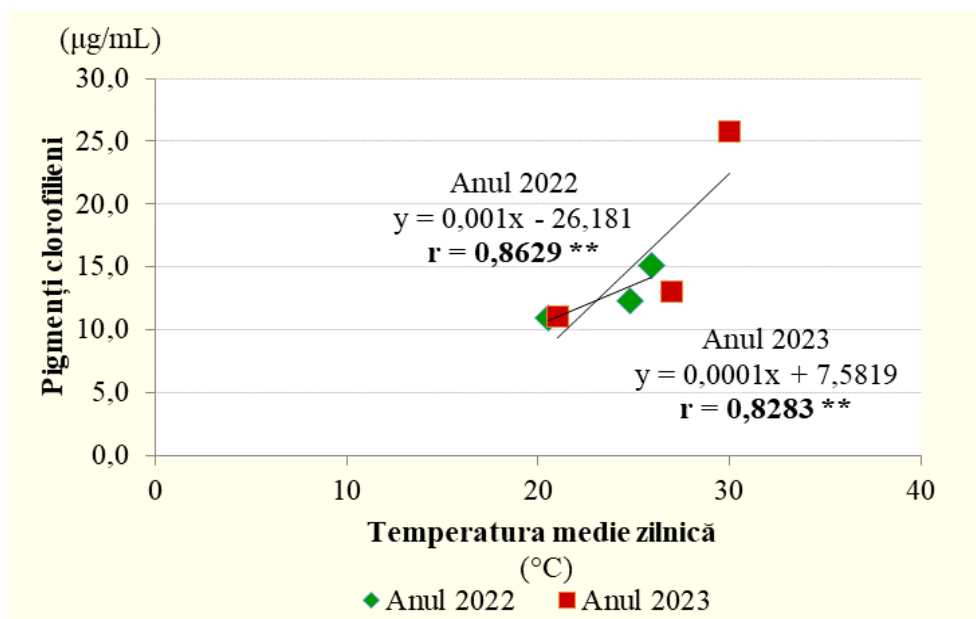
În anul 2022, coeficientul de corelație între cei doi indicatori a avut valori mai scăzute comparativ cu anul 2023, distinct semnificative în raportul intensității luminii cu pigmenții clorofilieni ($r=0,774$) și flavonoizi ($r=0,751$).

Din punct de vedere fiziologic, cercetări recente au evidențiat existența la nivel foliar a unor mecanisme de fotoprotecție, prin care aproximativ jumătate din lumina absorbită de pigmenți clorofilieni din centrul de absorbție poate fi direcționată într-un proces dinamic de descărcare a energiei în exces sub formă de căldură.

Impactul temperaturii medii a aerului asupra conținutului de pigmenți

Temperatura optimă pentru cireș este considerată 25°C ca valoare maximă a zilei, dar abaterile de la temperatura optimă pot conduce la o serie de tulburări în creșterea și dezvoltarea plantei. Deși nu sunt vizibile, stresul termic poate declanșa diverse modificări moleculare, biochimice și fiziologice împreună cu simptomele morfologice ulterioare.

În corelația efectuată cu privire la efectul temperaturii medii zilnice din stadiile fenologice de la înflorire deplină până la maturarea fructelor asupra conținutului de pigmenți clorofilieni, s-a evidențiat un coeficient pozitiv, distinct semnificativ de 0,862 în anul 2022 și de 0,828 în anul 2023 (fig. 5.25).



** - corelație distinct semnificativă

Fig. 5.25. Corelația dintre temperatura medie a aerului și conținutul de pigmenți clorofilieni

Fig. 5.25. Correlation between mean daily temperature and chlorophyll pigment content

Temperatura de la nivel foliar crește cu 4-5°C deasupra temperaturii aerului ambiant când este asociată și cu o intensitate luminoasă ridicată și cu deficitul de apă al solului. Acest fenomen provoacă închiderea stomatelor totală sau parțială, cu efecte directe asupra procesului de fotosinteză. Fluctuațiile de temperatură înregistrate induc modificări ale conținutului de pigmenți, dar acestea nu ating pragul superior de inhibare ireversibilă a procesului de fotosinteză.

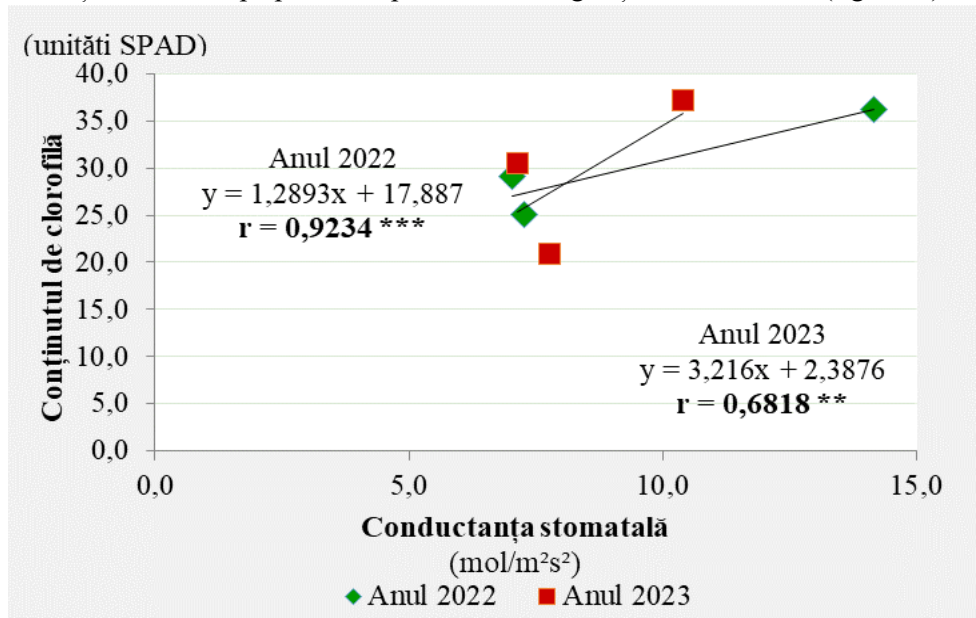
Stresul termic afectează conținutul de pigmenți prin vătămarea protoplasmei, degradarea cloroplastelor și inhibarea activității enzimatice. Deși pomii datorită sistemului radicular dezvoltat au acces la apă reușind astfel să mențină temperatura de la nivel foliar sub 45°C prin răcire evaporativă, temperaturile ridicate din timpul zilei provoacă stres la căldură.

Impactul conductanței stomatale asupra conținutului de clorofilă

Întrucât lumina induce deschiderea stomatelor pentru a îmbunătăți absorbția de CO₂, în timp ce seceta determină închiderea stomatelor, limitând astfel pierderea de apă prin transpirație, s-a calculat gradul de dependență a conținutului de clorofilă cu variabilitatea schimbului de gaze prin conductanță stomatală pe parcursul studiului.

Astfel, relația dintre conductanța stomatică și conținutul de clorofilă exprimată în unități SPAD a fost foarte semnificativă în anul 2022, având un

coeficient de corelație pozitiv de 0,9234 și distinct semnificativă cu un coeficient de corelație de 0,6818 pe parcursul perioadei de vegetație a anului 2023 (fig. 5.26).



** - corelație distinct semnificativă ; *** - corelație foarte semnificativă

Fig. 5.26. Corelația dintre conductanța stomatală și conținutul de clorofilă la nivel foliar

Fig. 5.26. Correlation between stomatal conductance and chlorophyll content at foliar level

Valorile radiației solare, a temperaturii și a cantității de precipitații în perioada de vegetație a celor doi ani (2022 și 2023) poate fi încadrată în contextul global privind schimbările climatice actuale prin creșterea temperaturii medii anuale, a resurselor heliotermice și a unei distribuții anormale a precipitațiilor și/sau deficit major.

Dependența variabilității conductanței stomatice de conținutul de clorofilă a crescut proporțional cu schimbarea sezonieră a stadiilor fenologice, de la înflorire (unde temperatura frunzelor a fost de 20-22°C și umiditatea a fost de 70%) până la momentul maturării fructelor (unde temperatura a avut valori de 26,6°C, iar umiditatea de 75,6%).

Aceste rezultate indică faptul că efectele schimbărilor climatice sezoniere asupra fotosintezei sunt directe (limitările transpirației și a schimbului de gaze prin stomate și modificări ale metabolismului fotosintetic), iar în aceste circumstanțe, pomii vor trebui să facă un „compromis” - fie să deschidă stomatele pentru o fotosinteză optimă, fie să le închidă pentru a economisi apă. Intensitatea conductanței stomatice, un indicator al procesului de transpirație a crescut proporțional cu cea a procesului de fotosinteză, ambele mecanisme fiind dependente de factorii climatici.

CAPITOLUL VI
REZULTATE OBȚINUTE PRIVIND EFECTUL FACTORILOR
DE MEDIU ASUPRA PRINCIPALILOR PARAMETRI
BIOCHIMICI DE CALITATE A FRUCTELOR PE PARCURSUL
MATURĂRII

CHAPTER VI
RESULTS OBTAINED REGARDING THE EFFECT OF
ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE MAIN BIOCHEMICAL
PARAMETERS OF FRUIT QUALITY DURING RIPENING

Din punct de vedere fiziologic, cireșele sunt fructe neclimacterice, a căror creștere are loc sub forma unei curbe dublu-sigmoide divizată în trei etape până la maturarea completă: stadiul I, care începe după înflorire și este urmat de o creștere și diviziune rapidă a celulelor mezocarpului; stadiul II, în care volumul fructelor crește lent, iar endocarpul devine lignificat; iar stadiul III: când fructele au o a doua etapă de creștere rapidă în volum, finalizându-se cu procesul de maturare (Andrews & Li, 1994; Burzo ș.a., 1999).

Procesele care au loc începând din stadiul de creștere al fructelor și până în momentul recoltării acestora implică numeroase modificări ale trăsăturilor biochimice și fiziologice, puternic influențate de variația condițiilor climatice, soi și tehnologia de cultură aplicată (Quero-Garcia ș.a., 2017).

6.1. Culoarea epidermei fructelor

Culoarea fructelor proaspete este un atribut de calitate important și se numără printre principalii factori care influențează alegerea consumatorului, servind și la estimarea maturității și stadiului de recoltare (Pedišić ș.a., 2009).

În anul 2022, caracteristicile cromatice (L , a^* , b^*) ale fructelor la soiurile de cireș studiate în cele două stadii fenologice au evidențiat diferențe statistice semnificative (fig. 6.1).

Dacă în stadiul de pre-maturare (79 BBCH), din punct de vedere vizual nu se observă diferențe de culoare, rezultatele obținute au evidențiat diferențe între parametri cromatici atât între soiuri, cât și între anii în care au fost efectuate determinările (fig. 6.1, fig. 6.2).

Parametrul de luminozitate (L) a avut valori similare în stadiul de pre-maturare, cuprinse între 54,3 și 60,1 (în anul 2022), diferențele semnificative înregistrându-se în stadiul de maturitate deplină în care valorile luminozității au scăzut la soiurile cu cireșe roșii (soiurile *Van* și *Andreiaș*), în mod contrar soiului cu

cireșe galbene, în care parametrul de luminozitate a crescut până la valoarea de 62,8 (fig. 6.1).

În condițiile anului 2023 s-a menținut aceeași dinamică a caracteristicilor cromatice, dar cu o scădere a valorilor parametrilor L și a^* .

Parametrul de culoare a^* în decursul anului 2022 în stadiul 79 BBCH a oscilat între soiurile cu fructe roșii de la 5,11 (V_4)-7,74 (V_3) la soiul *Andreiaș*, la 6,55 (V_2)-8,58 (V_1) la soiul *Van*, valorile maxime fiind înregistrate la variantele soiului cu fructe galbene, de 14,17 (V_6) și 17,46 (V_5).

Dinamica parametrului a^* în fenofaza de maturare a fructelor, evidențiază o scădere până la valori apropiate de 0 la soiul *Margonia* (0,14-0,60), având fructe de culoare galben și o creștere de 50% la variantele cu fructele roșii.

Variația valorilor parametrului b^* a fost similară la toate variantele experimentale din fenofaza de pre-maturare (37,19-42,55), pe parcursul maturării urmând o tendință logică între soiurile studiate, variantele cu fructe galbene (V_5 și V_6) înregistrând valori maxime (40,36-41,26), iar soiurile cu fructe roșii, valori minime cuprinse între 1,63 și 2,63.

Între cele două zone ale coronamentului din care au fost preluate probele de fructe, s-a evidențiat faptul că toți parametrii de culoare au avut valori mai ridicate la variantele din interiorul coroanei, comparativ cu partea periferică a acesteia.

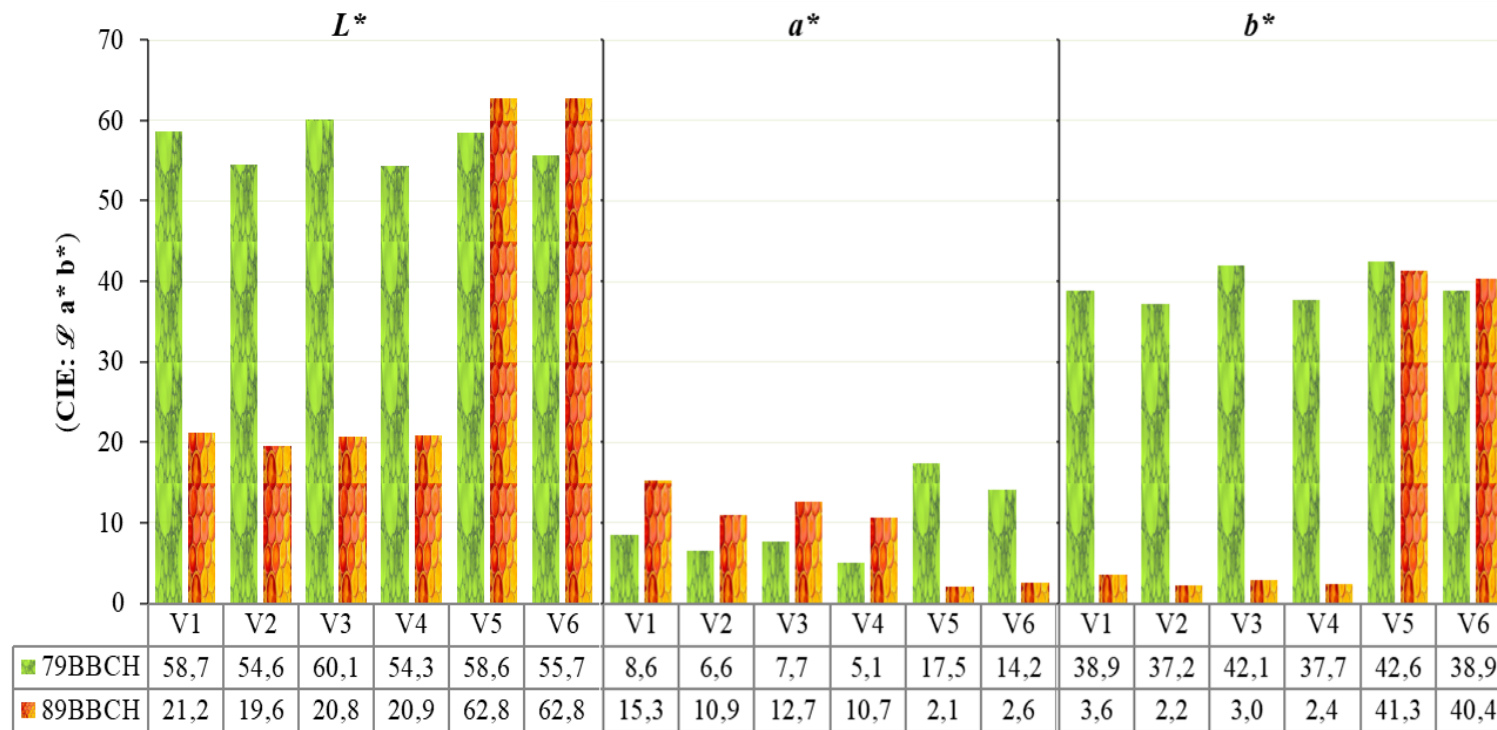
Diferențele dintre cele două stadii fenologice sau dintre zona internă și cea externă a coroanei pot fi utile în evaluarea procesului de maturare al fructelor, pentru a compara calitatea soiurilor, influența condițiilor climatice și pentru a determina timpul necesar pentru a ajunge la maturitatea deplină.

Valori cromatice similare au fost găsite și în alte studii (Girad & Kopp, 1998; Gonçalves ș.a., 2007) efectuate la fructele soiului *Van* în diferite stadii de maturare (la maturitate deplină și parțial ajunse la maturitate).

În condițiile climatice ale anului 2023, s-au înregistrat oscilații la parametrul de culoare a^* (proporția de roșu-verde), cu o scădere în stadiul de pre-maturare la toate soiurile și o creștere la maturarea deplină pentru soiurile cu fructe roșii (fig. 6.2).

Această variație a fost dependentă de condițiile climatice anuale cu efecte asupra duratei stadiilor fenologice. Comparativ cu anul 2022, în anul 2023, durata de la stadiul 79 BBCH de pre-maturare și până la maturare completă a însumat un număr mai mare de zile, fapt ce a evidențiat în cadrul variantelor cu fructe roșii, o acumulare mai lentă dar mai eficientă de pigmenți antocianici, asociată cu valori mai ridicate a parametrului a^* .

Maturarea fructelor este considerată un proces fiziologic, ca expresie a unui ansamblu de gene specifice, dar direct influențat și de evoluția condițiilor climatice (Gherghi ș.a., 2001).

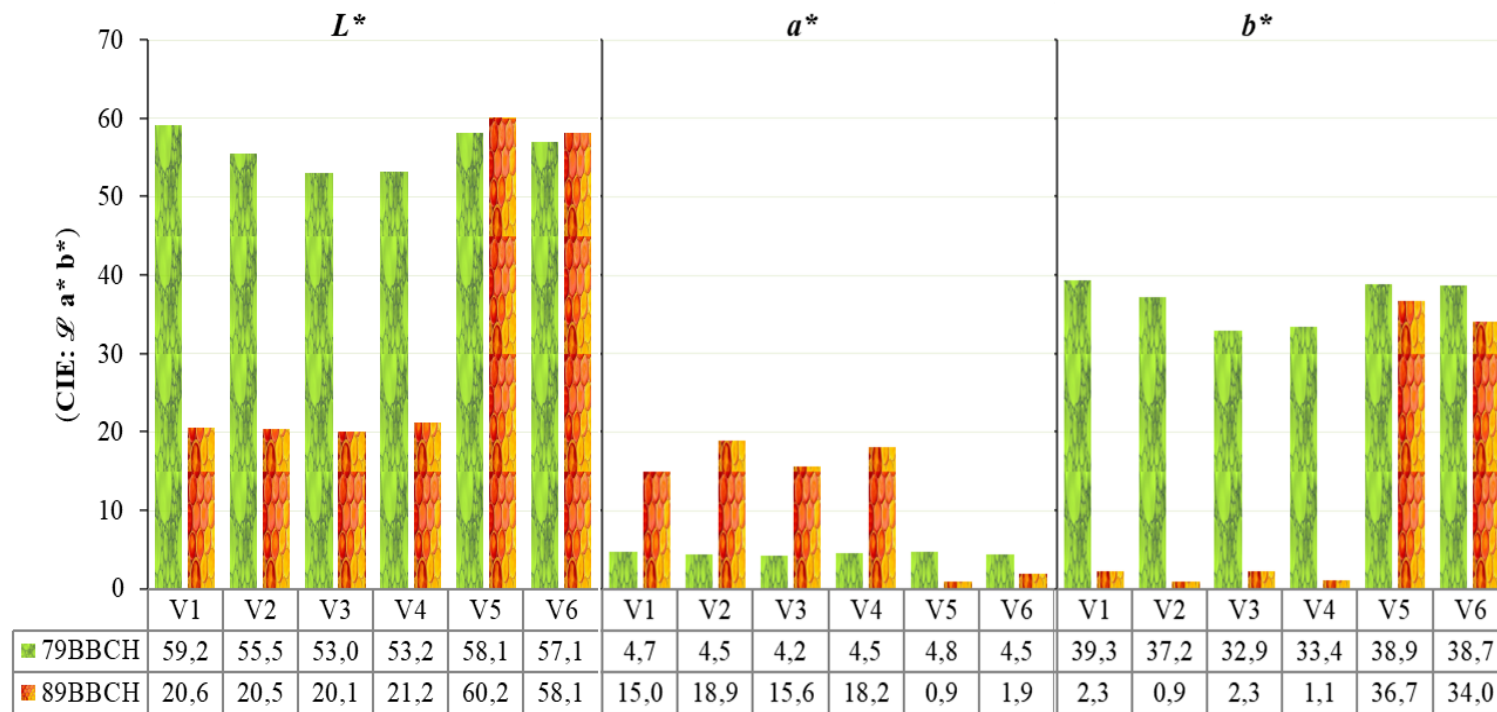


*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

** -79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

Fig. 6.1. Caracteristicile cromatice ale fructelor în anul 2022

Fig. 6.1. The chromatic characteristics of the fruits in the year 2022



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

Fig. 6.2. Caracteristicile cromatice ale fructelor în anul 2023
Fig. 6.2. The chromatic characteristics of the fruits in the year 2023

Evoluția caracteristicilor cromatice în funcție de zona de recoltare a probelor (interiorul sau periferia coronamentului) a reliefat diferențe semnificative în condițiile anului 2022 a parametrului de culoare a^* la soiurile cu fructe roșii la maturitate, puternic influențate de condițiile climatice de temperatură și intensitate luminoasă, care au scurtat perioada dintre stadiile fenologice până la maturarea fructelor (fig. 6.3).

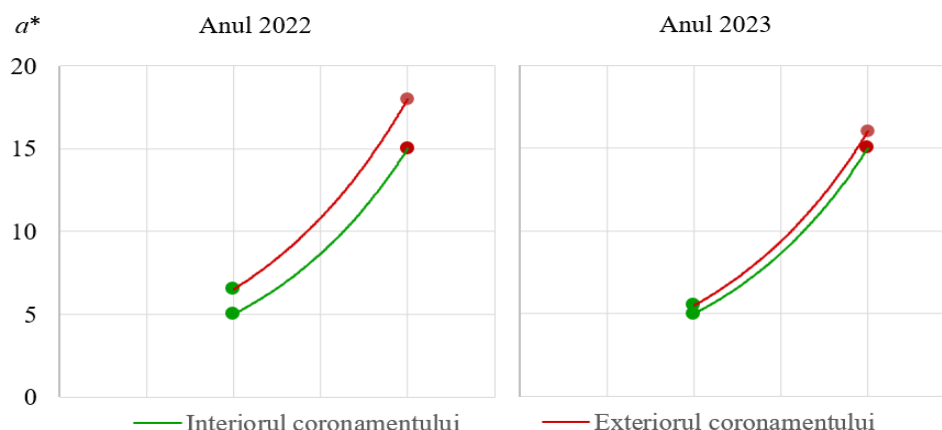


Fig. 6.3. Evoluția parametrului de culoare a^* a soiurilor cu fructe roșii în funcție de an și de zona coronamentului

Fig. 6.3. The evolution of the color parameter a^ of the red fruits cultivars depending on the year and the area of the canopy*

Din punct de vedere fiziologic și biochimic, modificările cromatice ale epicarpului fructelor pe parcursul procesului de maturare sunt datorate modificărilor conținutului de pigmenți, care odată cu creșterea valorii temperaturii și a intensității luminoase, asociate și cu alți factori climatici, se schimbă.

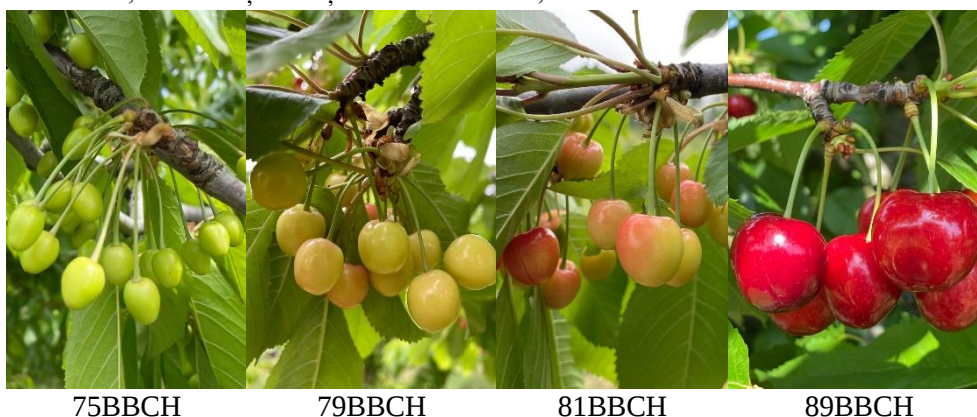


Fig. 6.4. Dinamica modificărilor cromatice pe parcursul maturării fructelor la soiul Andreiaș (original)

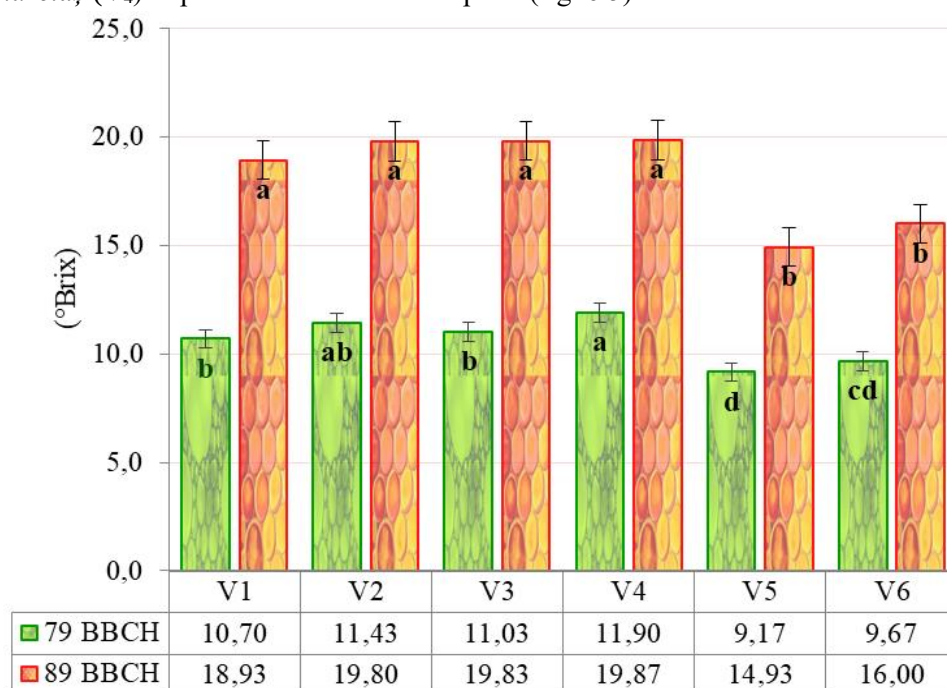
Fig. 6.4. The dynamics of chromatic changes during fruit ripening at Andreiaș cultivar (original)

Pigmenții verzi (clorofila *a* și *b*) prezenți în fructe pe parcursul creșterii sunt degradați sub acțiunea clorofilazei și înlocuiți cu pigmenți carotenoizi și antocianici, care conferă culoarea specifică din punct de vedere genetic fiecărui soi (fig. 6.4). Pentru cireșe, modificarea pigmenților de culoare are loc în toate celulele fructelor, atât în epidermă, cât și în hipodermă.

6.2. Conținutul de substanță uscată solubilă

Nivelul de zaharuri solubile (zaharoză, glucoză și fructoză) al fructelor este un parametru de calitate important datorită influenței sale remarcabile asupra gustului fructelor, fiind și un indicator al maturității de consum (Ricardo-Rodrigues ș.a., 2022).

Conținutul de substanțe uscate solubile al cireșelor la soiurile luate în studiu a oscilat în condițiile anului 2022 de la 9,17°Brix (V₅) la 11,9°Brix (V₄) în stadiul de pre-maturare și a crescut exponențial până la valori maxime de 19,87°Brix la soiul *Andreiaș* (V₄) în perioada de maturare deplină (fig. 6.5).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

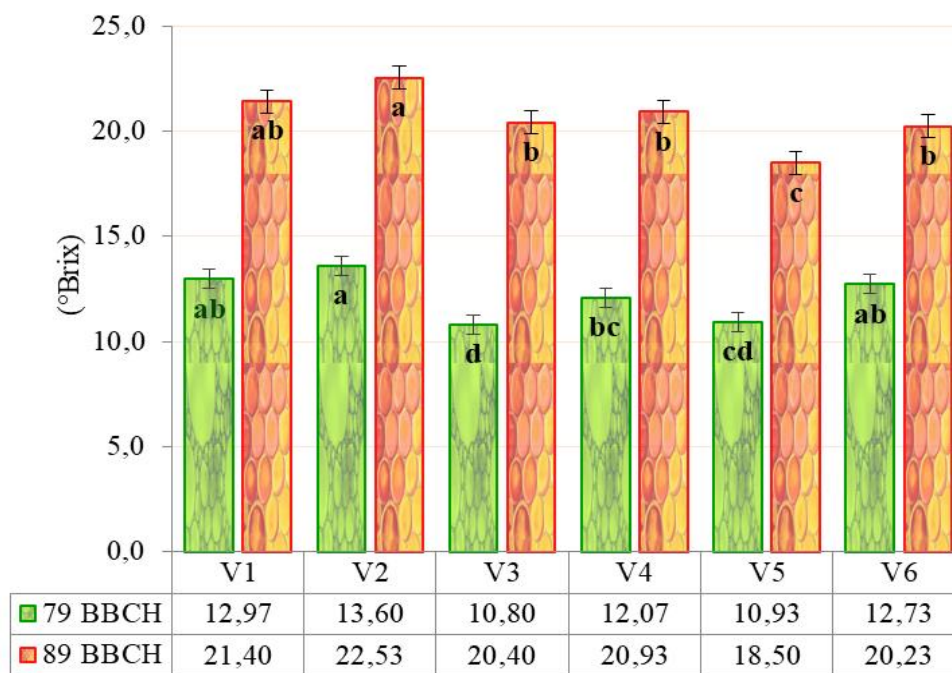
Fig. 6.5. Rezultate privind conținutul de substanțe uscate solubile pe parcursul maturării fructelor în anul 2022

Fig. 6.5. Results regarding the content of soluble dry substances during fruit ripening in 2022

În fenofaza de maturare, diferențe semnificative din punct de vedere statistic au fost doar între variantele cu fructe roșii (V₁-V₄) și variantele soiului cu fructe galbene, *Margonia* (V₅-V₆), care au înregistrat valori ale conținutului de zahăr de 14,93 (V₅) și 16,0°Brix (V₆) (fig. 6.5).

În dinamica conținutului de substanță uscată solubilă, pe parcursul maturării fructelor în anul 2022 s-a evidențiat faptul că în ambele stadii fenologice monitorizate, variantele din zona internă a coroanei au înregistrat valori mai reduse comparativ cu zona periferică, mai luminată a coroanei.

Conținutul de zahăr al cireșelor este influențat pe lângă factorul genetic și de factorii de mediu din perioada creșterii și maturării (Muskovics ș.a., 2006). Astfel, studiile efectuate în aceeași zonă agricolă cu aceleași soiuri în condițiile climatice ale anului 2023, evidențiază o creștere semnificativă a conținutului de zaharuri, în special în perioada de maturare a fructelor. Ca aspect general, pe parcursul anului 2023, conținutul de substanțe uscate solubile a oscilat de la 10,8°Brix (*Andreiaș*, V₃) la 13,6°Brix (*Van*, V₂) în stadiul de pre-maturare și până la valori maxime de 18,5 (*Margonia*, V₅) – 22,53°Brix (*Van*, V₂) (fig. 6.6).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

** -79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.6. Rezultate privind conținutul de substanțe uscate solubile pe parcursul maturării fructelor în anul 2023

Fig. 6.6. Results regarding the content of soluble dry substances during fruit ripening in 2023

Evoluția diferențiată a condițiilor climatice de pe parcursul anilor de studiu au influențat în mod direct acumularea de substanțe uscate solubile pe parcursul maturării cireșelor, astfel încât, scurtarea stadiilor fenologice din cursul anului 2022 a condus la o acumulare mai redusă de zaharuri solubile, comparativ cu cea din anul 2023 (fig. 6.7).

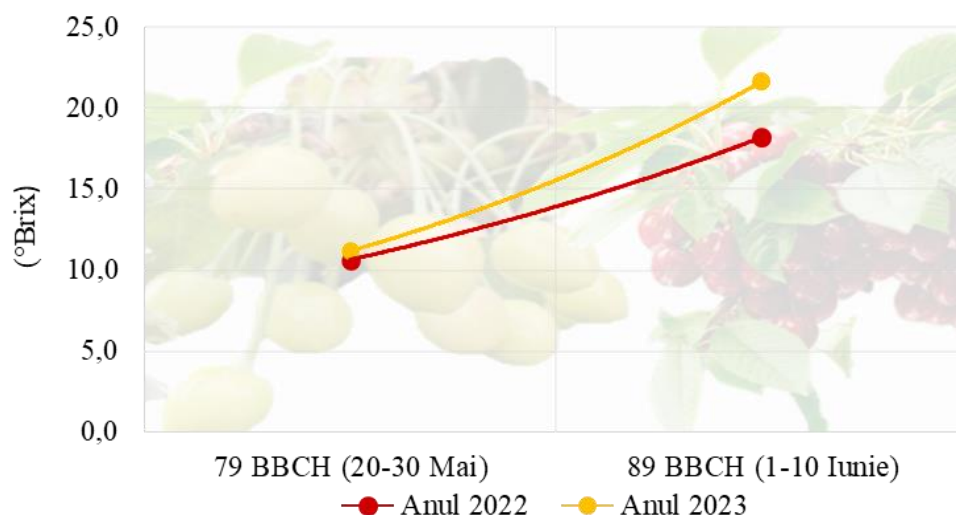


Fig. 6.7. Dinamica conținutului de substanțe uscate solubile pe parcursul maturării fructelor

Fig. 6.7. The dynamics of the content of soluble dry substances during fruit ripening

Studii științifice similare efectuate în mai multe zone climatice ale lumii au arătat că în cazul cireșelor valorile conținutului în zaharuri variază între 11 și 25°Brix în perioada de maturare (Sîrbu ș.a., 2009; Serradilla ș.a., 2012; Ivanova ș.a., 2021), și numai cireșele cu un conținut de substanță uscată solubilă mai mare de 18°Brix sunt considerate de o calitate superioară (Drake & Fellman, 1987).

Din cercetări anterioare (Wen ș.a., 2014; Ivanova ș.a., 2021), tendința meteorologică din ultima lună de formare a fructelor exercită cea mai mare influență asupra acumulării de zaharuri în fructele de cireș, indiferent de perioada de maturare. Creșterea conținutului de zaharuri solubile pe parcursul maturării are loc ca urmare a hidrolizării amidonului acumulat pe parcursul creșterii, sub acțiunea amilazei, proces fiziologic asociat și de creșterea temperaturii medii zilnice.

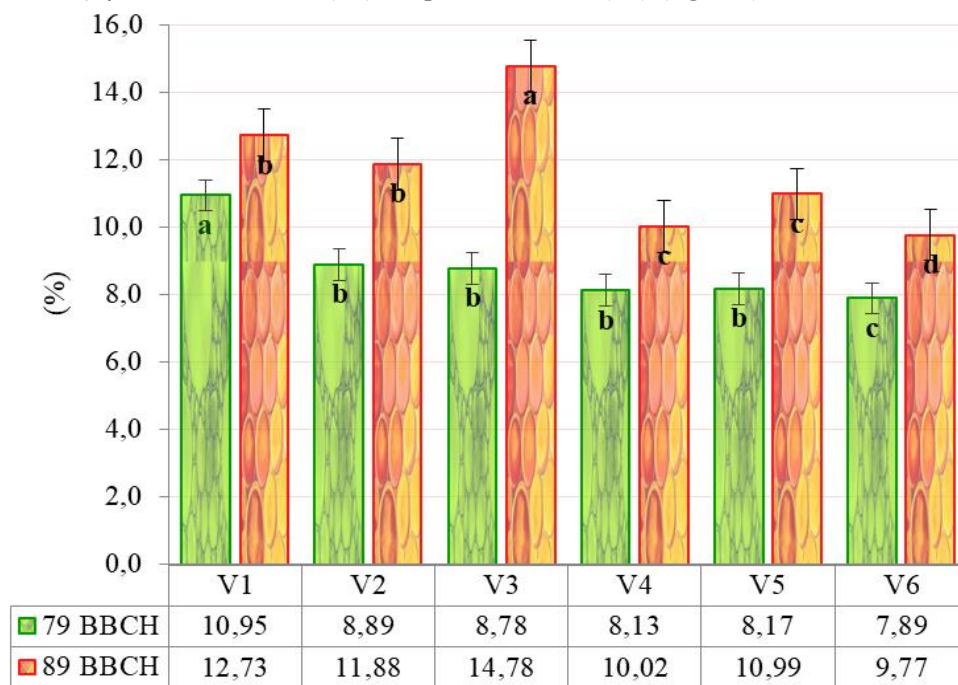
6.3. Conținutul de substanță uscată totală

Conținutul de substanță uscată poate fi format la cireșe în principal din zaharuri, dar include și reziduuri din pereții celulari (fibre alimentare), acizi și o cantitate foarte mică de proteine, fiind un indicator al calității de recoltare și depozitare ulterioară (Escribano ș.a., 2017).

Pentru a înțelege procesul de creștere al fructelor până la maturare este importantă cunoașterea ratei potențiale de aprovizionare a biomasei cu o cantitate optimă de carbohidrați și alte resurse, în condiții de mediu variabile (Cittadini ș.a., 2008).

În decursul anului 2022, conținutul de substanță uscată totală a oscilat în timpul stadiului de pre-maturare între 7,89% (V₆) și 10,95% (V₁), cu diferențe semnificative statistic între soiuri, dar și în cadrul aceluiași soi în funcție de zona de recoltare a probelor, cireșele din interiorul coroanei având un conținut total mai mare de substanță uscată.

În perioada de maturare, s-a înregistrat o creștere de 33% a conținutului de substanțe uscate, valorile maxime fiind la fructele din interiorul coroanei, la soiurile *Andreiaș* și *Van*, de 14,78% (V₃), respectiv 12,73% (V₁) (fig. 6.8).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_-79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.8. Rezultate privind conținutul de substanțe uscate totale pe parcursul maturării fructelor în anul 2022

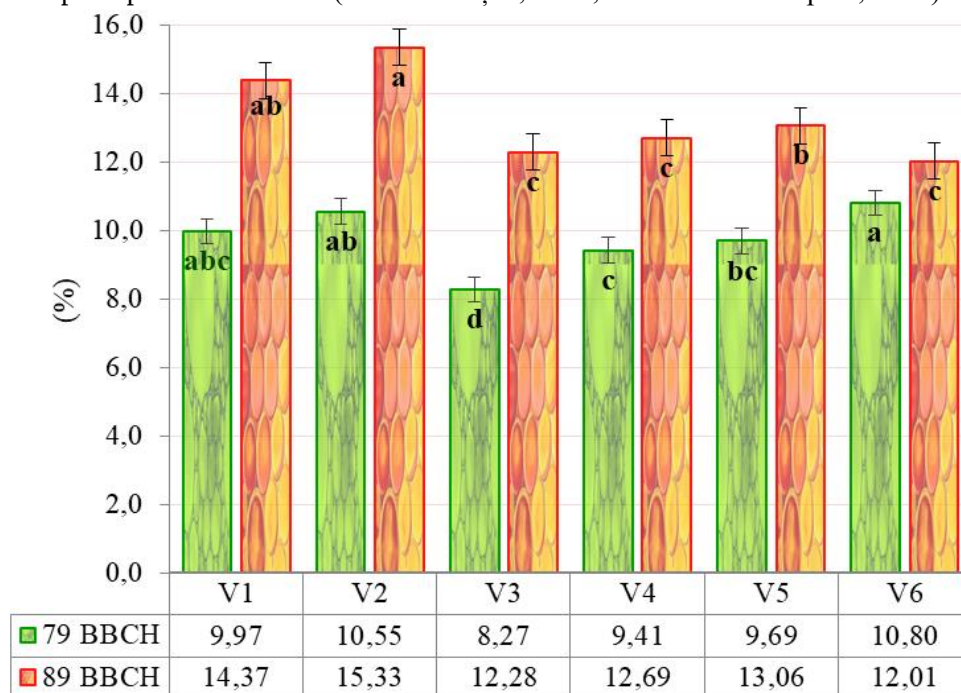
Fig. 6.8. Results regarding the content of total dry substances during fruit ripening in 2022

Variațiile conținutului de substanță uscată au fost similare, în condițiile climatice ale anului 2023 (fig. 6.9), cu o tendință de creștere de la stadiul de pre-maturare la cel de maturare deplină de 36%.

Soiul *Margonia* a evidențiat o valoare mai mare a conținutului de substanțe uscate comparativ cu anul anterior.

O tendință de creștere a fost înregistrată și în etapa de pre-maturare, cu un conținut mediu de la 9,8%, până la 13,2% în perioada de maturare.

Creșterea conținutului de substanță uscată totală din timpul maturării fructelor este similară și altor studii efectuate anterior pe cireșe, în condiții climatice de tip temperat-continental (Muskovics ș.a., 2006; Hallmann & Rozpara, 2017).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_-79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.9. Rezultate privind conținutul de substanțe uscate totale pe parcursul maturării fructelor în anul 2023

Fig. 6.9. Results regarding the content of total dry substances during fruit ripening in 2023

Condițiile climatice din timpul creșterii și maturării fructelor constituie principalul factor care influențează acumularea sau pierderea apei și implicit a conținutului de substanță uscată totală.

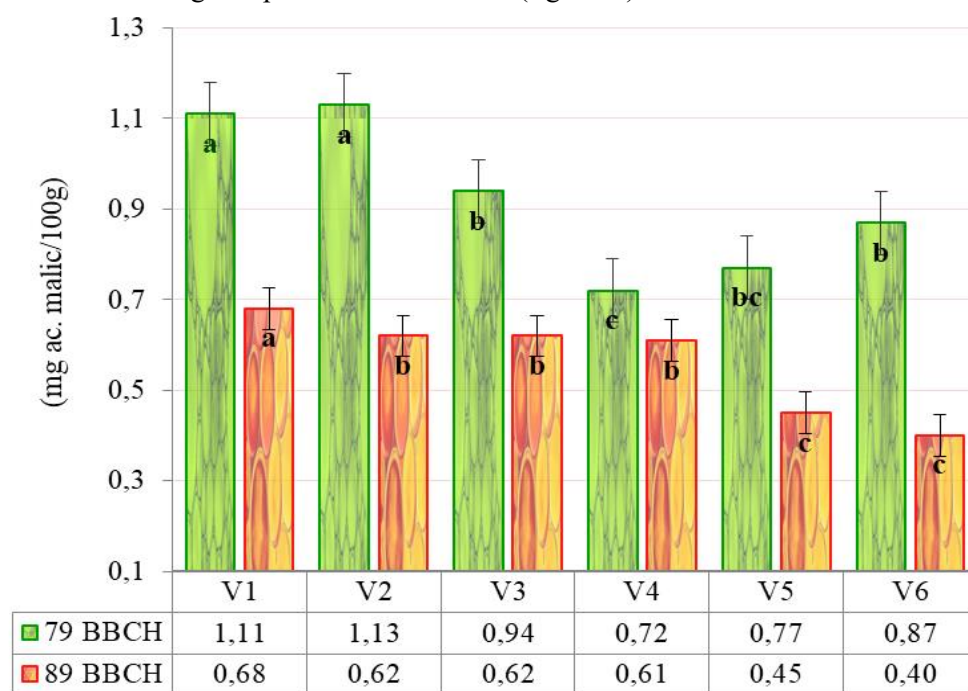
Din punct de vedere fiziologic, s-a constatat că în timpul maturării fructelor, conținutul de substanțe uscate totale poate crește, ca urmare a acumulării conținutului de azot proteic, corelat și cu sinteza enzimelor.

6.4. Aciditatea totală și pH-ul din fructe

Calitățile gustative și nutritive ale cireșelor sunt asociate în mod direct de conținutul de acizi organici din acestea, a căror cantitate se acumulează în funcție de condițiile meteorologice, tehnologia de cultură și gradul de maturare al fructelor (Ivanova ș.a., 2022).

La cireșe, în mod predominant se găsește acidul malic, a cărui conținut crește până la faza de pângă și apoi scade până la maturitate ca urmare a biosintezei, biodegradării sau transformării în alți compuși organici, ca urmare a faptului că procesul de respirație devine mai activ.

Rezultatele obținute cu privire la aciditatea titrabilă a soiurilor de cireșe luate în studiu din anul 2022, a atins valori medii cuprinse între 0,7 (V₄) și 1,1 (Van, V₁ și V₂) mg acid malic·100 g⁻¹ în perioada de pre-maturare scăzând până la 0,4-0,7 mg acid malic·100 g⁻¹ în perioada de maturare (fig. 6.10).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_-79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

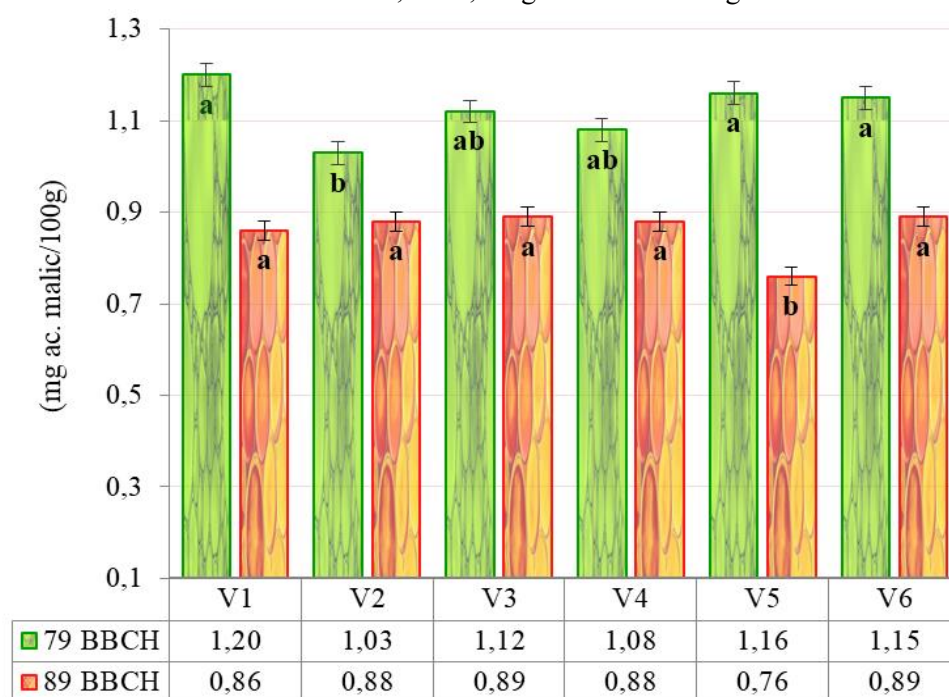
Fig. 6.10. Rezultate privind aciditatea titrabilă pe parcursul maturării fructelor în anul 2022

Fig. 6.10. Results regarding titratable acidity during fruit ripening in 2022

Variațiile factorilor climatici ale anului 2023 au condiționat și valori mai mari ale acidității titrabile, de 1,0-1,2 mg acid malic·100 g⁻¹ în perioada de prematurare și 0,8-0,9 mg acid malic·100 g⁻¹ în perioada de maturare deplină.

Soiul cu cele mai acide fructe în condițiile celor doi ani de studiu, a fost soiul *Margonia* (fig. 6.11).

Studii asemănătoare efectuate la aceste soiuri de cireș, au evidențiat o aciditate titrabilă care a variat în mare măsură între 0,39 și 0,87 mg acid malic·100 g⁻¹ (Sîrbu ș.a., 2009; Corneanu ș.a., 2020), iar conform studiului efectuat de Crisosto ș.a., 2003, limitele de încadrare ale acidității titrabile la cireșele ajunse la maturitate se recomandă a avea valori de la 0,5 la 1,0 mg acid malic·100 g⁻¹.



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

** -79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.11. Rezultate privind aciditatea titrabilă pe parcursul maturării fructelor în anul 2023

Fig. 6.11. Results regarding titratable acidity during fruit ripening in 2023

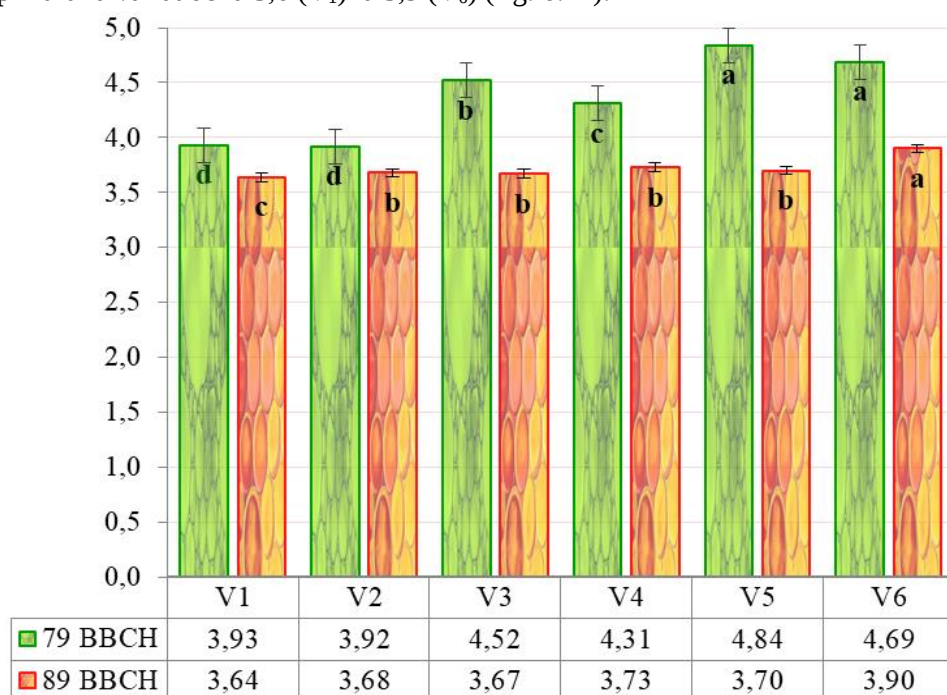
Biodegradarea acizilor organici în ciclul Krebs este dependentă în mod direct de temperatură și umiditatea atmosferică, constituind principalii factori climatici esențiali ce influențează viteza procesului de maturare.

Alături de zaharurile solubile, acizii organici sunt substanțe intens utilizate în reacțiile fiziologice și biochimice caracteristice proceselor metabolice, fapt care

conduce la schimbări ale valorii energetice ale fructelor, influențând totodată și gustul.

Aciditatea totală și pH-ul sunt caracteristici calitative determinate genetic, variabilitatea lor fiind dependentă în principal de soi și de factorii climatici de pe parcursul dezvoltării fructelor (Blando & Oomah, 2019). Modificările acidității se reflectă și în valoarea pH-ului sucului vacuolar.

Astfel, în anul 2022, valoarea pH-ului a scăzut pe parcursul maturării fructelor la toate variantele analizate. Dacă în perioada de pre-maturare, au fost diferențe statistic semnificative între soiuri, pe parcursul maturării fructelor, valoarea pH-ului a variat de la 3,6 (V₁) la 3,9 (V₆) (fig. 6.12).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

** -79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

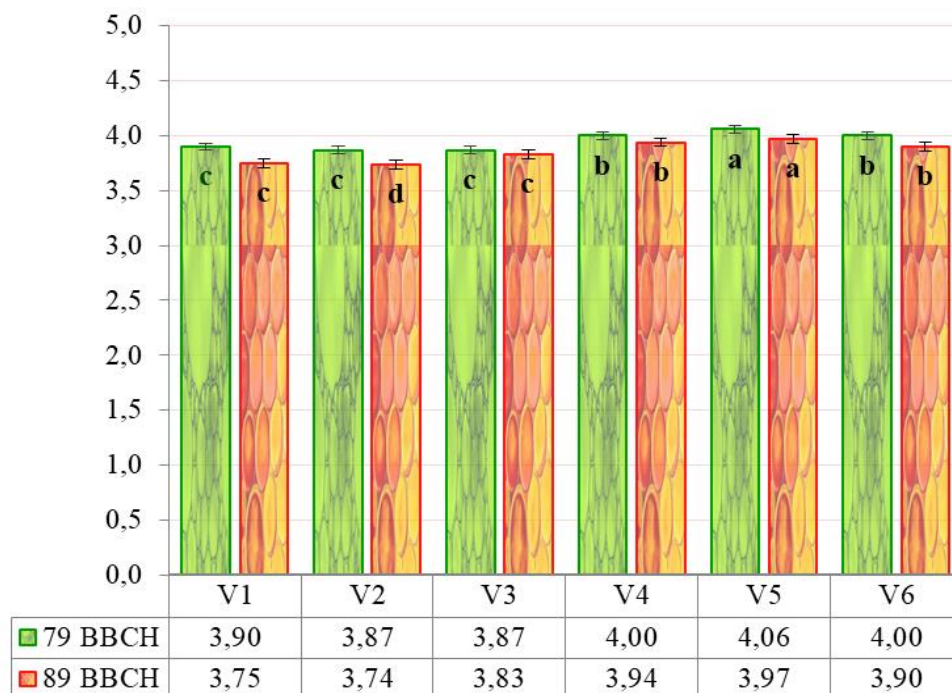
***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.12. Rezultate privind pH-ul pe parcursul maturării fructelor în anul 2022

Fig. 6.12. Results regarding the pH during fruit ripening in 2022

În anul 2023, valorile pH-ului s-au modificat în linii fine spre maturarea fructelor (de la 3,9-4,1 la 3,8-4,0), înregistrându-se scăderi de 0,1 unități (fig. 6.13). În medie, valoarea pH-ului fructelor de cireș a fost de 3,87 iar în anul 2023 nu a fost influențată de procesul de maturare.

Pe parcursul desfășurării studiului, valorile pH-ului din suc de fructe au oscilat în funcție de fenofază dar și de condițiile climatice anuale.



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

** -79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.13. Rezultate privind pH-ul pe parcursul maturării fructelor în anul 2023

Fig. 6.13. Results regarding the pH during fruit ripening in 2023

6.5. Conținutul de pigmenți pe parcursul maturării fructelor

Stadiul fenologic al maturării fructelor influențează conținutul de compuși secundari, precum pigmenții. Acești compuși bioactivi sporesc valoarea nutrițională a unui fruct și, în plus, evoluția acestora atrage vizual consumatorii prin culoare (Overbeck ș.a., 2017).

Conținutul de pigmenți de pe parcursul maturării cireșelor depinde atât de soi, cât și de condițiile de mediu, cum ar fi lumina și temperatura, precum și intensitatea factorilor de stres în timpul desfășurării stadiilor fenologice (Blando & Oomah, 2019).

Un aspect specific fructelor genului *Prunus* sp. pe parcursul maturării îl reprezintă schimbarea culorii verzi inițiale în culoarea roșie, galbenă, violet sau roșu închis, ca o consecință a acumulării de pigmenți antocianici și de degradare a pigmenților fotosintetici, în special clorofilieni (Mozetič ș.a., 2004).

Tabelul/Table 6.1

Rezultate privind evoluția conținutului de pigmenți pe parcursul maturării fructelor (2022-2023)/
Results regarding the evolution of pigment content during fruit ripening (2022-2023)

Variantă experimentală	Clorofila <i>a</i>		Clorofila <i>b</i>		Carotenoizi		Antociani	
	(mg/100g ⁻¹)							
	79 BBCH	89 BBCH	79 BBCH	89 BBCH	79 BBCH	89 BBCH	79 BBCH	89 BBCH
V1	2,88 ^b	0,36 ^b	3,89 ^b	0,33 ^c	4,41 ^{bc}	1,89 ^c	0,93 ^b	21,70 ^c
V2	2,60 ^b	0,67 ^{ab}	4,33 ^b	0,81 ^{ab}	3,50 ^c	2,20 ^{bc}	0,73 ^{bc}	21,44 ^d
V3	3,00 ^{ab}	0,36 ^b	4,44 ^b	0,41 ^{bc}	5,74 ^b	2,55 ^b	1,09 ^b	43,19 ^a
V4	2,77 ^b	0,61 ^{ab}	4,42 ^b	1,01 ^a	5,80 ^b	2,79 ^b	2,16 ^a	32,56 ^b
V5	3,85 ^a	1,33 ^a	6,66 ^a	0,46 ^{bc}	13,45 ^a	3,80 ^a	0,21 ^d	3,51 ^e
V6	3,77 ^a	1,45 ^a	6,62 ^a	0,67 ^b	15,41 ^a	3,39 ^a	0,30 ^{cd}	2,84 ^f
Media	3,14	5,06	0,80	5,06	8,05	2,77	0,90	20,87
STDEV	0,53	1,24	0,48	1,24	5,05	0,72	0,71	15,89
COVAR	16,96	24,54	60,13	24,54	62,77	25,97	78,01	76,12
Min.	2,60	3,89	0,36	3,89	3,50	1,89	0,21	2,84
Max	3,85	6,66	1,45	6,66	15,41	3,80	2,16	43,19

*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

** -79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

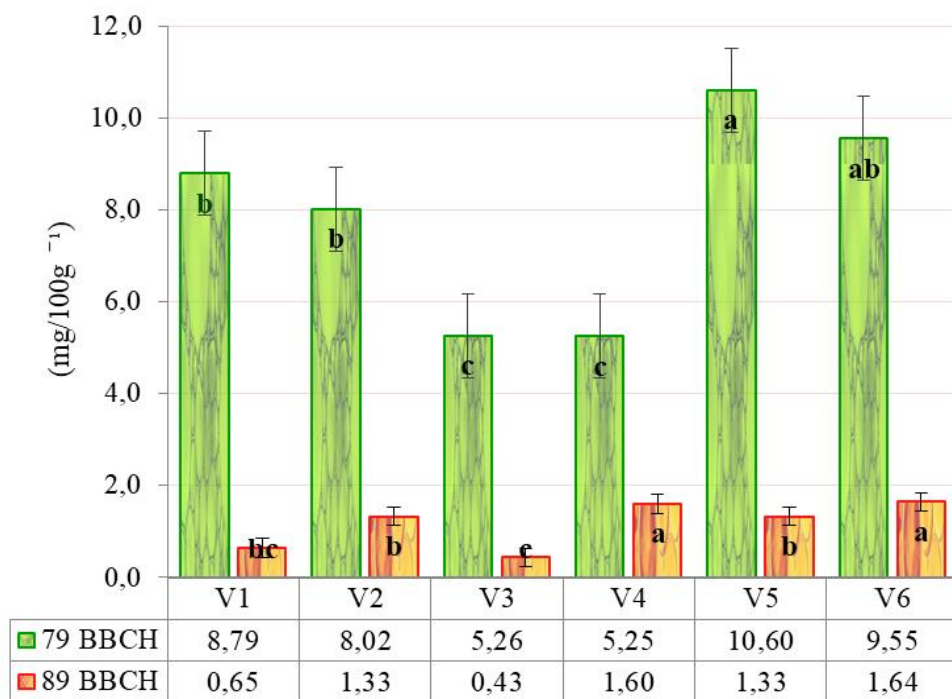
***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Viteza reacției de descompunere a pigmentilor clorofilieni este dependentă de factorii climatici, în special de temperatură și lumină. Fiziologic, scăderea conținutului de clorofila *a* și *b* a fost corelată cu activitatea enzimei porfobilinogen deaminaza și cu transformarea cloroplastelor în cromoplaste.

6.5.1. Conținutul de pigmenți clorofilieni

Conținutul de pigmenți clorofilieni (clorofila *a* și *b*) a oscilat în cadrul studiului în funcție de soi, de fenofază dar și de condițiile climatice anuale.

În anul 2022, variantele experimentale au înregistrat un conținut de pigmenți verzi maxim la soiul *Margonia* (9,55-10,6 mg·100 g⁻¹), urmat de soiul *Van* (8,02-8.79 mg·100 g⁻¹) și *Andreiaș* (5,25-5,26 mg·100 g⁻¹) în fenofaza de pre-maturare, urmând o curbă descendentă în timpul maturării fructelor, până la valori minime cuprinse între 0,43 și 1,64 mg·100 g⁻¹ (fig. 6.14).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

** -79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

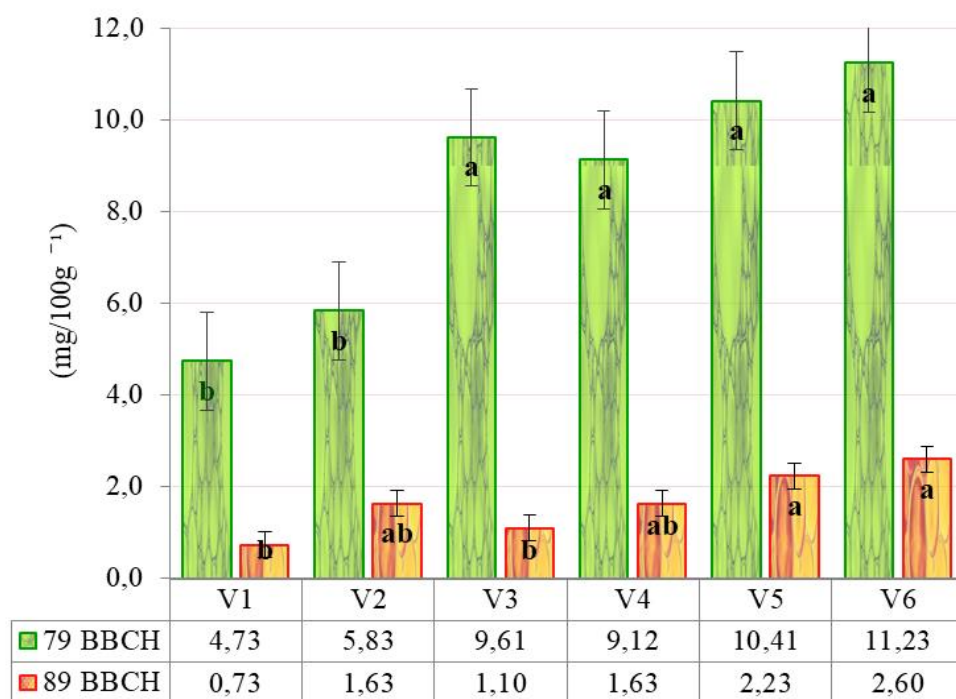
***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.14. Rezultate privind conținutul de pigmenți clorofilieni totali pe parcursul maturării fructelor în anul 2022

Fig. 6.14. Results regarding the content of chlorophyll pigments during fruit ripening in 2022

În decursul anului 2023, cantitatea de pigmenți clorofilieni, condiționată de factorii climatici, a înregistrat o scădere la soiul *Van* (4,73-5,83 mg·100 g⁻¹) în stadiul de pre-maturare, și o creștere la fructele soiului *Andreiaș* (9,12-9,61 mg·100 g⁻¹). Concentrația clorofilei *a* și *b* pe parcursul maturării a avut valori mai ridicate în anul 2023, valorile maxime fiind înregistrate la soiul *Margonia* (2,23-2,6 mg·100 g⁻¹) (fig. 6.15).

Diferențele medii dintre soiuri sau zonele de coroană din care au fost prelevate fructele au fost interpretate statistic și evidențiate în tabelul 6.1.



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

** -79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.15. Rezultate privind conținutul de pigmenți clorofilieni totali pe parcursul maturării fructelor în anul 2023

Fig. 6.15. Results regarding the content of chlorophyll pigments during fruit ripening in 2023

Reacțiile biochimice prin care are loc biodegradarea pigmenților clorofilieni pot avea loc pe cale enzimatică, sub acțiunea clorofilazei care produce hidroliza clorofilei, prin ruperea nucleului porfirinic și eliberarea magneziului, în continuare având loc descompunerea nucleelor pirolice. Reacțiile finale și produșii de degradare ai clorofilei nu se cunosc încă cu exactitate (Sarma ș.a., 2020).

Dinamica procesului de biodegradare a clorofilei sub acțiunea clorofilazei pe parcursul celor doi ani de studiu a variat în funcție de durata dintre stadiile de vegetație precum și de condițiile climatice, dar au urmat aceeași curbă descendentă până la maturarea deplină a fructelor (fig. 6.16).

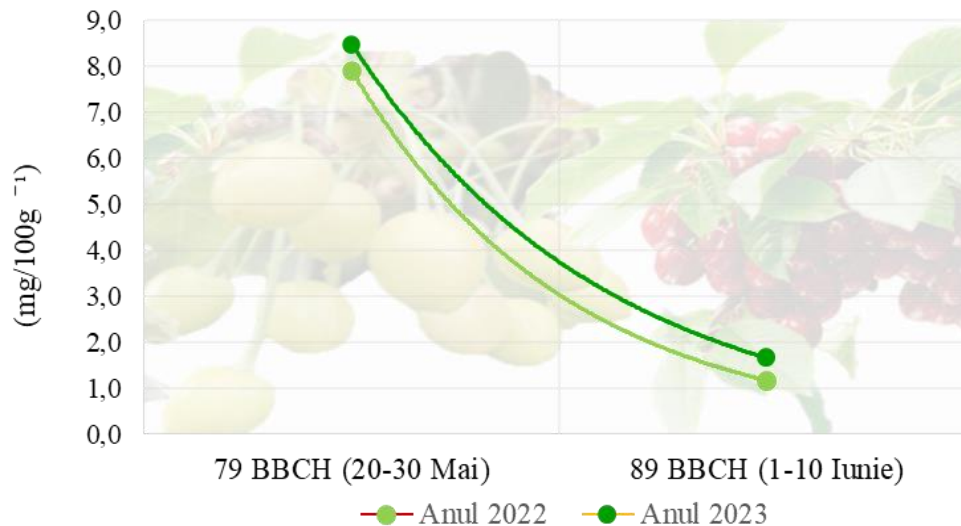


Fig. 6.16. Dinamica biodegradării conținutului de pigmenți clorofilieni pe parcursul maturării fructelor

Fig. 6.16. Dynamics of biodegradation of chlorophyll pigments content during fruit ripening

6.5.2. Conținutul de pigmenți carotenoidici și antocianici

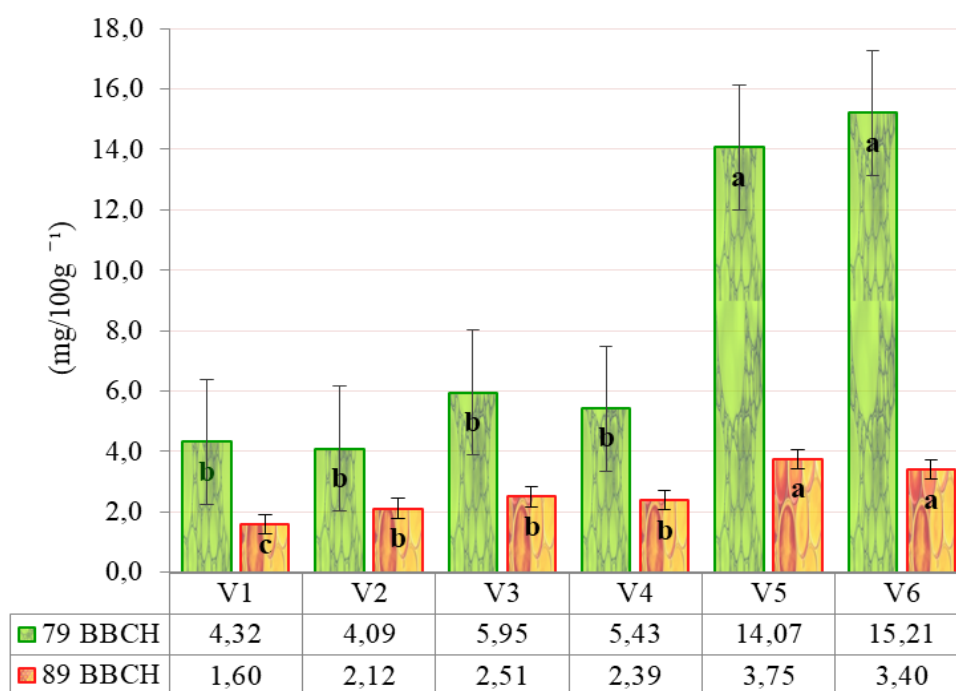
Culoarea unui fruct este o trăsătură genetică și un important constituent al valorii sale nutritive. Culoarea cireșelor se schimbă în mod evident în timpul maturării, datorită degradării pigmenților fotosintetici și biosinteza pigmenților antocianici. Pe lângă faptul că sporesc atractivitatea pentru consumatori, pigmenții carotenoizi și antocianici sporesc valoarea antioxidantă și proprietățile nutraceutice ale fructelor (Chu ș.a., 2023).

Variațiile concentrației acestor pigmenți pe parcursul maturării explică culoarea specifică a fiecărui soi de cireș.

Temperatura este factorul climatic determinant în stimularea procesului de sinteză a carotenilor, intervalul cuprins între 16 și 22°C fiind optim pentru formarea licopenului (pigmentul roșu), acest proces fiind perturbat odată cu depășirea temperaturii aerului peste 29°C.

Monitorizarea conținutului de pigmenți carotenoizi (caroten, xantofilă, licopen) pe parcursul desfășurării studiului a evidențiat o dinamică distinctă între stadiul de pre-maturare și cel de maturare deplină în funcție de culoarea specifică a fiecărui soi.

Astfel, la variantele soiului *Van*, conținutul de carotenoizi a scăzut semnificativ de la 4,09-4,91 mg·100 g⁻¹ în stadiul de pre-maturare la 1,60-2,32 mg·100 g⁻¹, la soiul *Andreiaș*, se remarcă un conținut de carotenoizi în fenofaza de pre-maturare, în medie de 5,43-0,56 mg·100 g⁻¹, și a scăzut la valori cuprinse între 2,51 și 3,08 mg·100 g⁻¹ la maturitate deplină (fig. 6.17).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_-79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.17. Rezultate privind conținutul de pigmenți carotenoizi pe parcursul maturării fructelor în anul 2022

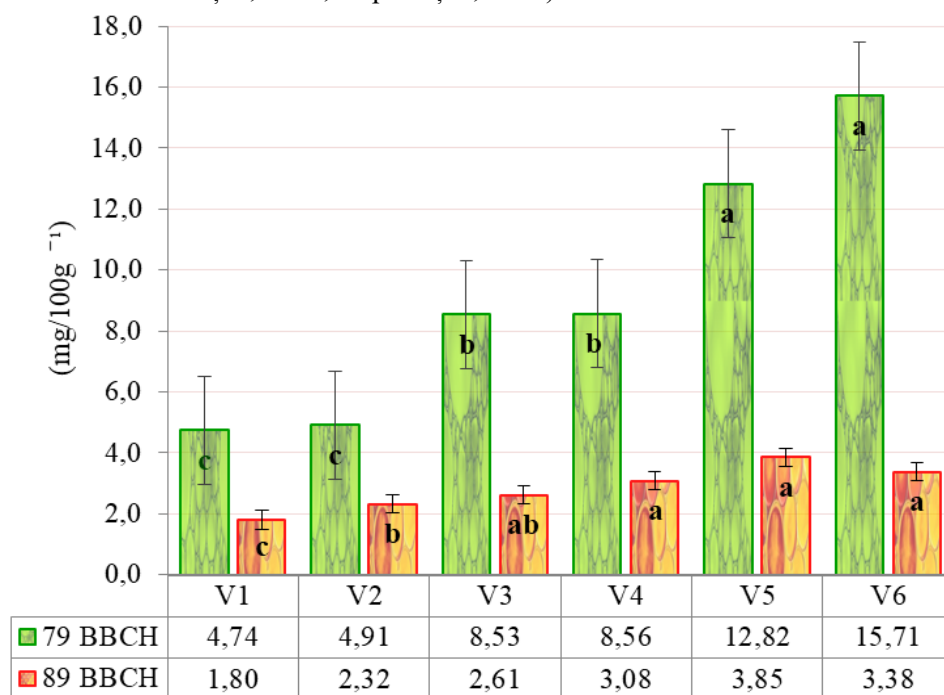
Fig. 6.17. Results regarding the content of carotenoid pigments during fruit ripening in 2022

În ceea ce privește soiul cu fructe galbene, acesta a evidențiat cel mai ridicat conținut de pigmenți carotenoizi în fenofaza de pre-maturare comparativ cu celelalte soiuri, atingând valori cuprinse între 12,82 și 15,71 mg·100 g⁻¹, urmate de o scădere semnificativă în fenofaza de maturare, până la 3,38-3,85 mg·100 g⁻¹.

Între cei doi ani studiu, condițiile mediului nu au influențat procesele de sinteză sau degradare a pigmenților carotenoizi, în stadiul de maturitate deplină fiind înregistrate rezultate similare la toate variantele experimentale evaluate.

Fenomenul de scădere a conținutului de pigmenți carotenoizi din fructe a fost explicat prin faptul că în decursul procesului de maturare, aceștia suferă

modificări conformaționale pentru a proteja fructele de efectul negativ al stresului cauzat de excesul de lumină, în urma căruia plantele își activează fotoinhibarea (Średnicka-Tober ș.a., 2019; Kapoor ș.a., 2022).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

** -79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.18. Rezultate privind conținutul de pigmenți carotenoizi pe parcursul maturării fructelor în anul 2023

Fig. 6.18. Results regarding the content of carotenoid pigments during fruit ripening in 2023

Antocianii aparțin subclasei flavonoidelor solubile în apă și reprezintă unul dintre principalii compuși fenolici prezenți în cireșe fiind responsabili de colorarea roșie a epidermei și pulpei fructului. Conținutul de antociani este asociat cu potențialul antioxidant ridicat al cireșelor (Gherghi ș.a., 2001).

Pe parcursul studiului, s-a evidențiat o creștere semnificativă a conținutului de antociani la variantele și soiurile cu fructe roșii (*Van* și *Andreiaș*), în timp ce la variantele V₅ și V₆ ale soiului *Margonia*, soi cu fructe galbene la maturitate, conținutul de antociani acumulați la stadiul de maturare a fost scăzut (fig. 6.19).

Dinamica conținutului de antociani la soiurile de cireș studiate a avut loc diferențiat, în funcție de specificul soiului și de gradul acțiunii factorilor de stres.

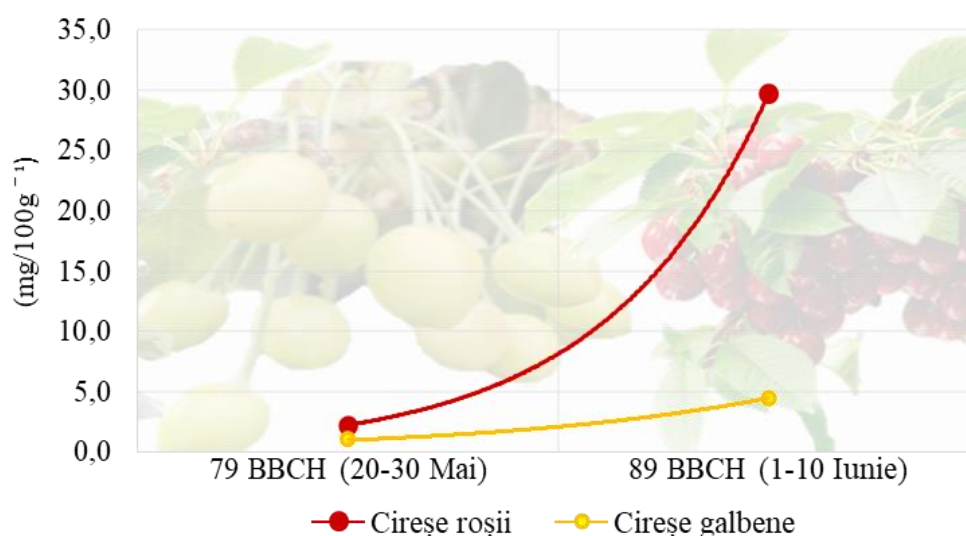


Fig. 6.19. Dinamica conținutului de antociani din cireșe în stadii diferite de maturare

Fig. 6.19. Dynamics of anthocyanin content in cherries at different ripening stages

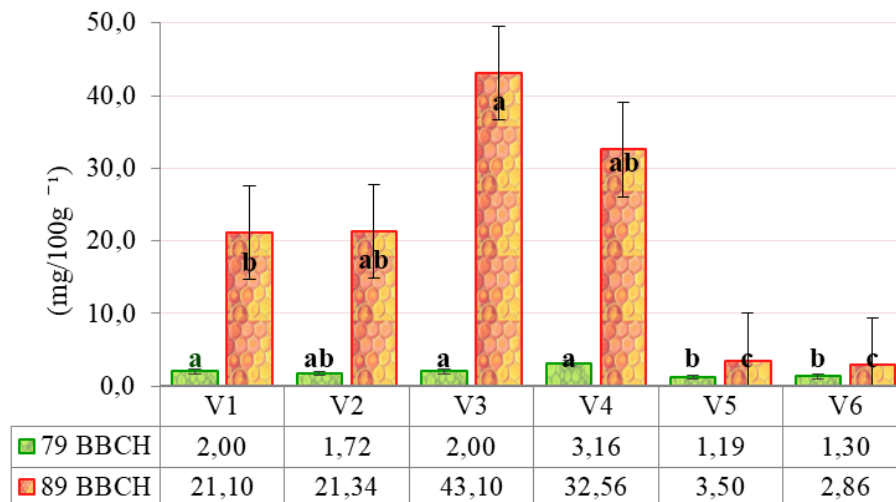
Astfel, conținutul de antociani a înregistrat cele mai mari valori la soiul *Andreiaș*, cu o creștere exponențială de la 1,0-2,16 mg·100 g⁻¹ în fenofaza de pre-maturare, până la 32,56-43,2 mg·100 g⁻¹ la maturitatea deplină a fructelor, urmată de soiul *Van* cu o creștere de la 0,72-1,0 mg·100 g⁻¹ în stadiul de pre-maturare, până la 21,1-22,0 mg·100 g⁻¹ în stadiul de maturitate (fig. 6.20).

Soiul cu epiderma și pulpa de culoare galbenă a prezentat concentrații mai mici de antociani la maturare (2,8-3,51 mg·100 g⁻¹), dar mai mari comparativ cu stadiul de pre-maturare (0,19-0,31 mg·100 g⁻¹) (fig. 6.21).

Diferențele au fost semnificative statistic atât între soiuri, cât și între zonele de coroană, ceea ce sugerează influența luminii solare asupra concentrației de antociani. Acumularea de pigmenți antocianici este în mare măsură guvernată de diferitele etape ale procesului de maturare, care la rândul său, depinde de factorii biotici și abiotici, împreună cu structura genetică a fiecărui soi (Liu ș.a., 2011).

Acumularea pigmenților antocianici în vacuole este legată de prezența unor enzime specifice și are loc începând cu declanșarea maturării, atunci când are loc și formarea rapidă a culorii (la cireșe, în decurs de 1-2 săptămâni).

Capacitatea de acumulare a antocianilor depinde de variația factorilor de lumină și temperatură. Temperaturile mai scăzute în timpul maturării fructelor influențează pozitiv formarea culorii. De asemenea, efectul cumulat al intensității luminii și al temperaturii zilnice influențează procesul de respirație, cu efecte asupra metabolismului glucidic, cu implicații directe asupra conținutului de pigmenți.



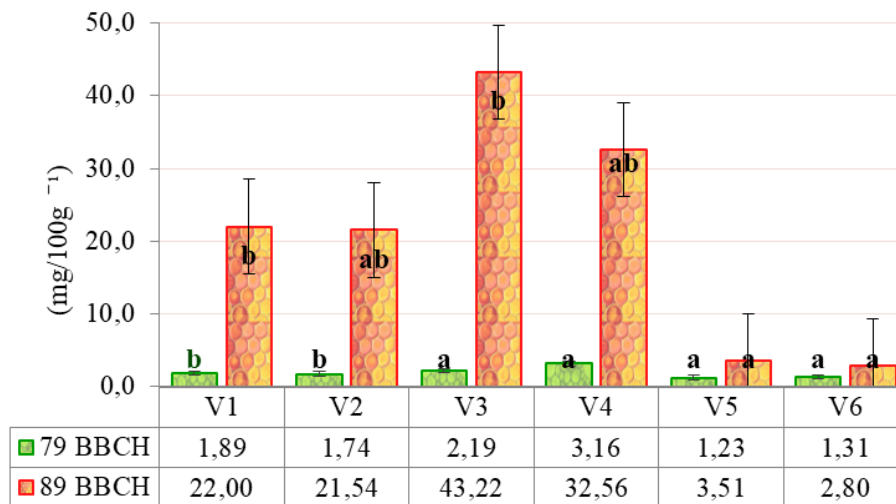
*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_-79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.20. Rezultate privind conținutul de antociani pe parcursul maturării fructelor în anul 2022

Fig. 6.20. Results regarding the anthocyanin content during fruit ripening in 2022



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_-79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

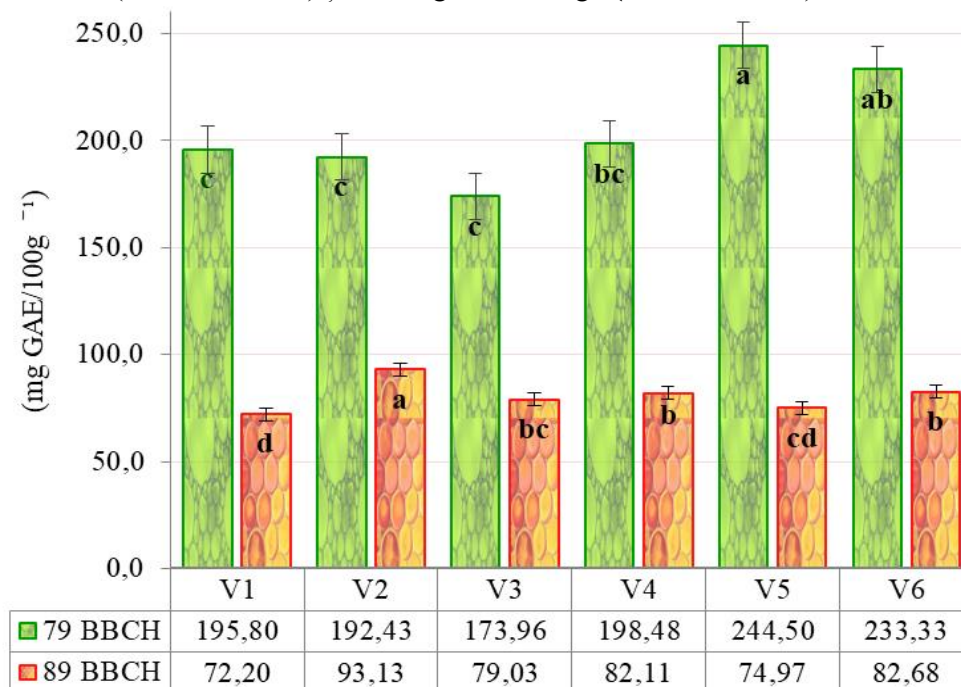
Fig. 6.21. Rezultate privind conținutul de antociani pe parcursul maturării fructelor în anul 2023

Fig. 6.21. Results regarding the anthocyanin content during fruit ripening in 2023

6.6. Conținutul de compuși fenolici

Polifenolii sunt compuși cu răspândire largă în produsele horticole, a căror importanță este dată de proprietățile fiziologice și biochimice precum: activitatea antioxidantă, capacitatea de inhibare a formării nitrozaminelor și de a regla activitatea unor enzime, reducerea cantității speciilor active de oxigen și efect anticancerigen (Huang & Ferraro, 1992).

Analizele efectuate în dinamică pe parcursul anilor 2022 și 2023 în perioada de maturare a fructelor, a evidențiat faptul că valorile maxime ale compușilor fenolici totali au fost înregistrate în stadiul de pre-maturare, cuprinse între 144,5, la V₂ în anul 2023 (fig. 6.23) și 244,5 mg GAE/100 g⁻¹ la V₅ în anul 2022 (fig. 6.22). În stadiul de maturitate deplină, conținutul de polifenoli a scăzut până la valori cuprinse între 55,9 (V₅ în anul 2023) și 93,1 mg GAE/100 g⁻¹ (V₂ în anul 2022).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_-79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

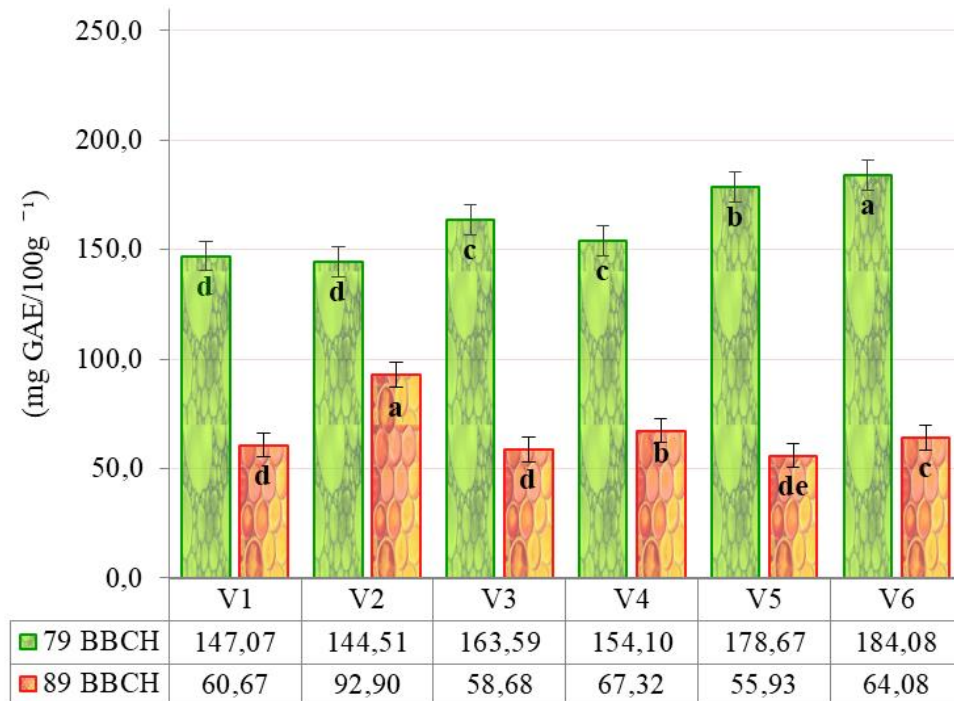
***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.22. Rezultate privind conținutul de polifenoli totali pe parcursul maturării fructelor în anul 2022

Fig. 6.22. Results regarding the total polyphenols content during fruit ripening in 2022

Variația conținutului de polifenoli din fructe pe parcursul realizării studiului a depins în principal de soiurile examinate, dar și de factorii climatici din perioada

sezonului de vegetație, cu diferențe semnificative statistic între variantele experimentale în ambele stadii fenologice.



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

** -79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.23. Rezultate privind conținutul de polifenoli totali pe parcursul maturării fructelor în anul 2023

Fig. 6.23. Results regarding the total polyphenols content during fruit ripening in 2023

Cireșele sunt considerate o sursă foarte bună de compuși fenolici, fiind asociați cu însușirile gustative precum și cu brunificarea țesuturilor catalizate de polifenoloxidază în cazul leziunilor asupra țesuturilor (Gherghi ș.a., 2001).

Conținutul de compuși fenolici crește pe parcursul procesului de creștere și maturare, după care, în funcție de evoluția condițiilor climatice și de durata dintre stadiile de maturare, fie se diminuează, fie rămâne constant.

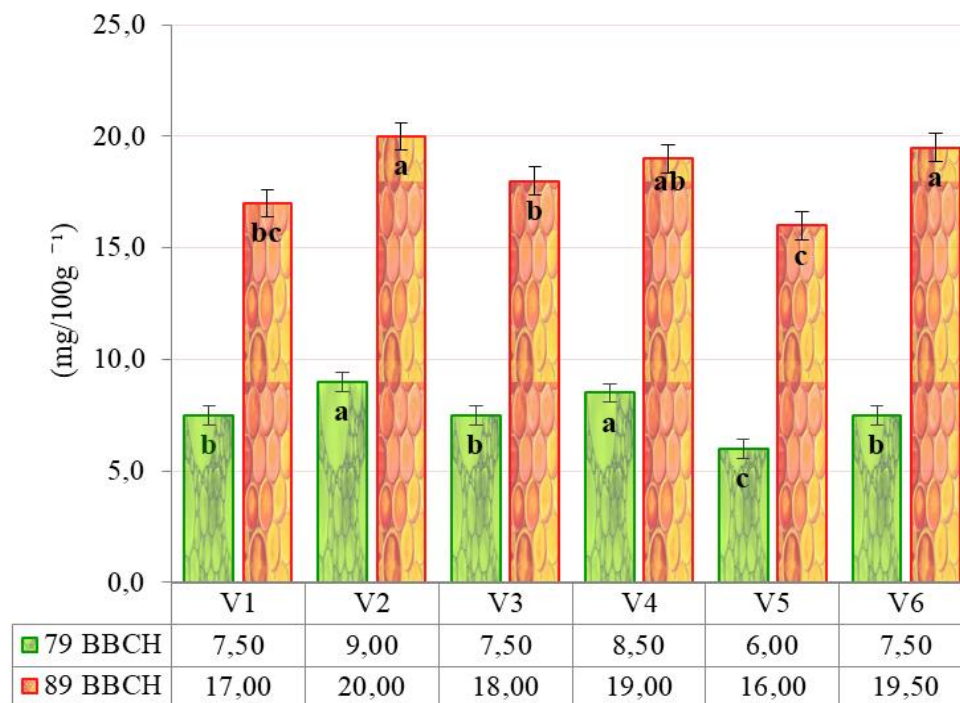
Cea mai mare concentrație de polifenoli din perioada maturării fructelor a fost înregistrată în condițiile anului 2022, cu oscilații reduse între soiuri, dar diferențiate în funcție de zona de coroană, fructele din partea internă având o capacitate antioxidantă superioară.

6.7. Conținutul de vitamina C

Cireșele sunt fructe apreciate de consumatori atât pentru bunul gust, cât și pentru numeroasele lor proprietăți nutritive cu efecte benefice pentru sănătate, cum ar fi conținutul ridicat de vitamina C (Hallmann & Rozpara, 2017).

Pe parcursul perioadei de creștere și maturare a fructelor are loc procesul complex de biosinteză a vitaminelor, puternic influențat de condițiile eco-pedoclimatice.

În condițiile anului 2022, soiurile de cireș evaluate au atins un conținut mediu de vitamina C cuprins între $6,0 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (V₅) și $9,0 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (V₂) în stadiul de pre-maturare, urmând o curbă ascendentă pe parcursul maturării depline până la valori cuprinse între $16,0 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (V₅) și $20,0 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (V₂) (fig. 6. 24).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

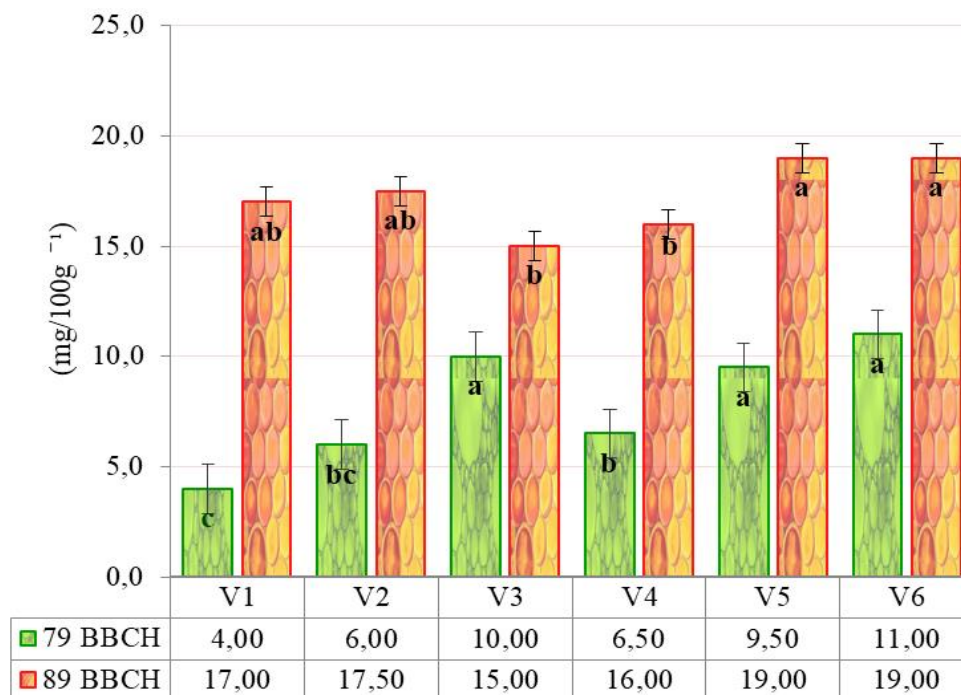
** -79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.24. Rezultate privind conținutul de vitamina C pe parcursul maturării fructelor în anul 2022

Fig. 6.24. Results regarding the vitamin C content during fruit ripening in 2022

În anul 2023, în perioada de pre-maturare s-au înregistrat valori ale conținutului de vitamina C cuprinse între 4,0 (V₁) și 11,0 mg·100 g⁻¹ (V₆), cu o creștere semnificativă în perioada de maturare, până la valori cuprinse între 15,0 (V₃) și 19,0 mg·100 g⁻¹ (V₅ și V₆) (fig. 6.25).



*-V1: Van intern; V2: Van extern; V3: Andreiaș intern; V4: Andreiaș extern; V5: Margonia intern; V6: Margonia extern.

**_-79BBCH- 90% din mărimea finală, fructele încep să se coloreze; 89BBCH-Fructele sunt ajunse la maturitatea de consum (Meier, 2001);

***- O literă diferită după număr corespunde cu diferența statistică semnificativă pentru fiecare stadiu fenologic, p 5% - testul Duncan, n=3;

Fig. 6.25. Rezultate privind conținutul de vitamina C pe parcursul maturării fructelor în anul 2023

Fig. 6.25. Results regarding the vitamin C content during fruit ripening in 2023

Spre deosebire de rapoartele lui Średnicka-Tober ș.a., (2019) ce indică faptul că cireșele pot fi caracterizate printr-un conținut semnificativ mai mare de vitamina C, până la 42,89 mg·100 g⁻¹, sunt și studii (Feretti ș.a., 2010; Hallmann & Rozpara, 2017; Ivanova ș.a., 2021) conform cărora, în funcție de soi și de condițiile meteorologice ale anului de cercetare, conținutul mediu de vitamina C în cireșe poate oscila între 7,0 și 20,0 mg·100 g⁻¹, valori apropiate întâlnite și în studiul actual.

Deși între soiuri nu au existat diferențe statistic semnificative, la nivelul variantelor experimentale în funcție de zona de coroană au existat, însă cu un caracter neuniform. Soiul cu fructe galbene (*Margonia*) a înregistrat cele mai ridicate valori ale sintetizării de vitamina C pe parcursul procesului de maturare deplină.

CAPITOLUL VII - CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

CHAPTER VII - CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

CONCLUZII

Teza de doctorat intitulată „**Cercetări fiziologice și biochimice la unele soiuri de cireș în contextul schimbărilor climatice**” conține un studiu detaliat asupra unor procese fiziologice și biochimice implicate în cultura cireșului în condițiile de cultură din cadrul Stațiunii de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură din Iași în cunoașterea limitelor de variație a acestora sub influența contextului global al schimbărilor climatice.

Ca urmare a cercetărilor ecofiziologice și biochimice la soiurile de cireș luate în studiu efectuate în perioada 2021-2024 pot fi prezentate următoarele concluzii:

I. Cuantificarea **resurselor agroclimatice** din cadrul SCDP Iași poate fi încadrată în contextul global privind schimbările climatice actuale prin creșterea temperaturii medii anuale, distribuție anormală sau deficit major a precipitațiilor.

- Regimul termic în perioada de studiu poate fi caracterizată printr-o medie de 11,6°C, cu o abatere pozitivă de +2,0°C față de media multianuală de referință.

- Regimul hidric înregistrat pe parcursul anilor agricoli 2021-2023, evidențiază un deficit mediu anual major de -122,5 mm în 2021-2022, respectiv -219,9 mm în anul agricol 2022-2023.

- Din analiza datelor referitoare la parcurgerea stadiilor fenologice în anii de studiu, soiurile de cireș evaluate (*Van, Andreiaș și Margonia*) au avut o perioadă de vegetație în medie de 223 de zile, variind în funcție de soi și de condițiile meteorologice ale anului. Soiurile luate în studiu și-au menținut potențialul agroproductiv specific, prezentând o mare capacitate de adaptare la variația accentuată din ultimii ani a factorilor meteorologici și a dinamicii fenologice.

II. **Procesele fiziologice** cu privire la regimul de apă și activitatea fotosintetică la nivel foliar a soiurilor de cireș studiate variază în corelație cu factori meteorologici și fenologici.

- **Ritmul de deshidratare** la nivel foliar a crescut progresiv de la fenofaza de înflorire până la maturarea fructelor. Conținutul de apă eliminat pe parcursul a 24 de ore a fost în medie de 44,0% din masa totală a frunzei, în anul 2022 și 40,5% în anul 2023, iar probele experimentale de frunze din exteriorul coroanei au prezentat un ritm de deshidratare mai intens comparativ cu frunzele din interiorul coroanei.

- **Starea de hidratare** la nivel foliar a înregistrat valori supraunitare (peste 50%) și a depins de condițiile climatice și mai puțin de soi sau fenofază. Valorile obținute reliefează un **conținut de apă** cuprins între 65,97% (la soiul *Van*) și 70,70% (*Margonia*), evidențiindu-se ca și aspect general, o cantitate mai ridicată de apă la probele preluate din interiorul coroanei.

- Rezultatele **conductanței stomatale** evidențiază o intensificare a schimbului de gaze în timpul fenofazei de maturare a fructelor. Soiul autohton *Margonia* prezintă în medie cea mai mare valoare a conductanței iar în ceea ce privește zona de coroană, în exteriorul acesteia, debitul de vapori a fost mai mic comparativ cu zona internă.

- Între cei doi ani de studiu s-a constatat faptul că în anul 2023 **procesul de transpirație** a fost mai redus comparativ cu anul 2022, dar s-a menținut constant pe parcursul întregului sezon de vegetație la toate variantele experimentale, deși din punct de vedere climatic s-au cuantificat precipitații mult mai reduse cantitativ.

- În stabilirea relației de interdependență dintre factorii climatici și regimul de apă s-au obținut coeficienți de corelație pozitivi, distinct și foarte semnificativi.

- Frunzele de cireș la soiurile luate în studiu devin competente din punct de vedere fotosintetic încă de la începutul creșterii lor. Variația sezonieră a **conținutului de clorofilă** a avut valori maxime în fenofaza de maturare a fructelor, cel mai mare conținut de clorofilă fiind înregistrat la soiul *Van* (38,8 unități SPAD).

- Conținutul total de **pigmenți clorofilieni** a urmat o dinamică ascendentă de la stadiul de înflorire (11,01 μg/mL), urmată de perioada creșterii fructelor (12,63 μg/mL) și perioada de maturare (20,57 μg/mL). Soiul *Margonia* s-a evidențiat prin capacitatea maximă de absorbție a luminii și de valorificare a acesteia în vederea adaptării la factorii de stres climatici precum și obținerea unei producții calitative și cantitative.

- Evoluția sezonieră a conținutului de **pigmenți flavonoizi** a evidențiat faptul că cele trei soiuri de cireș s-au manifestat diferențiat în raport cu activitatea mecanismelor de rezistență la stresul hidric și termic în cele trei fenofaze. Cele trei soiuri au avut valori situate între 3,0 și 5,0 μg/mL în perioada de maturare a fructelor, ceea ce exprimă o bună capacitate de adaptare a aparatului foliar la condițiile de stres hidric și termic care au avut loc în perioada de vegetație a celor doi ani (2022-2023).

- Dinamica **intensității luminii** pe parcursul sezonului de vegetație a fost ascendentă odată cu creșterea și în final maturarea fructelor. Soiul *Andreiaș* a captat cea mai mare intensitate luminoasă la nivelul coronamentului pe parcursul sezonului de vegetație.

- Prin corelarea intensității luminii cu pigmenții clorofilieni și cei flavonoizi s-a evidențiat faptul că în condițiile climatice ale anului 2023 gradul de interdependență dintre radiația activ fotosintetică și conținutul de pigmenți a fost foarte semnificativ.

- Analiza comparativă a **activității fotosintetice** pe parcursul sezonului de vegetație evidențiază o creștere progresivă însă cu diferențe semnificative între cei doi ani luați în studiu în stadiul de maturare a fructelor, condițiile climatice ale anului 2023 impunând o intensificare a proceselor fiziologice.

III. **Procesele biochimice** care au loc pe parcursul maturării fructelor implică numeroase modificări ale parametrilor de calitate, puternic influențate de variația condițiilor climatice, soi și tehnologia de cultură aplicată.

- **Caracteristicile cromatice** ale fructelor au prezentat valori ale luminozității (*L*) mai ridicate în fenofaza de pre-maturare, comparativ cu perioada de maturare. Dinamica parametrilor de culoare *a** și *b** a înregistrat creșteri în funcție de culoarea soiului: valori mai mari a parametrului *a** pentru variantele cu fructe roșii și o creștere a parametrului *b** pentru variantele cu fructe galbene. Parametrii de culoare au avut valori mai ridicate la variantele din interiorul coroanei, comparativ cu partea periferică a acesteia. Între anii de studiu s-au evidențiat diferențe semnificative a parametrului de culoare *a** la soiurile cu fructe roșii la maturitate, puternic influențate de condițiile climatice de temperatură și intensitate luminoasă, care au scurtat perioada dintre stadiile fenologice.

- **Conținutul de substanță uscată solubilă** al cireșelor la soiurile luate în studiu a avut valori medii de 11,42°Brix în stadiul de pre-maturare și a crescut exponențial până la valori maxime de 20,66 °Brix la soiul *Andreiaș* în perioada de maturare deplină. Variantele din zona internă a coroanei au înregistrat valori mai reduse comparativ cu zona periferică. Reducerea perioadei dintre fenofaze din cursul anului 2022 a condus la o acumulare mai redusă de zaharuri solubile, comparativ cu cea din anul 2023.

- Variațiile **conținutului de substanță uscată** a fructelor au fost similare în condițiile climatice a celor doi ani de studiu, având o tendință de creștere de 35% de la stadiul de pre-maturare (9,29%) la cel de maturare deplină (12,49%).

- Valoarea medie a **pH-ului** fructelor de cireș pe parcursul studiului a fost de 3,87 iar în anul 2023 nu a fost influențată de procesul de maturare. **Aciditatea titrabilă** a fructelor a atins valori medii de 0,73 mg acid malic·100 g⁻¹ în stadiul de pre-maturare și de 1,13 mg acid malic·100 g⁻¹ în stadiul de maturare. Variațiile factorilor climatici ale anului 2023, a condiționat și valori mai mari ale acidității titrabile. Soiul cu cele mai acide fructe în condițiile celor doi ani de studiu a fost *Margonia*.

- Conținutul de **pigmenți clorofilieni (clorofila a și b)** din fructe a oscilat în cadrul studiului în funcție de soi, de fenofază dar și de condițiile climatice anuale. Variantele experimentale au înregistrat un conținut de pigmenți verzi maxim la soiul *Margonia* (10,45 mg·100 g⁻¹), urmând o curbă descendentă în timpul maturării fructelor, până la valori minime cuprinse între 0,43 și 1,64 mg·100 g⁻¹. Conținutul de pigmenți clorofilieni a fost mai redus la variantele din interiorul coroanei.

- **Conținutul de antociani** a evidențiat o creștere semnificativă pe parcursul maturării fructelor la variantele și soiurile cu fructe roșii, în medie de la 1,25 la 37,9 mg·100 g⁻¹ (*Andreiaș*). Diferențele au fost semnificative statistic atât între soiuri, cât și între zonele de coroană, ceea ce sugerează influența luminii solare asupra concentrației de antociani. Anul de monitorizare nu a influențat acumularea conținutului de antociani.

- Variația **conținutului de polifenoli** din fructe pe parcursul realizării studiului a depins în principal de factorii climatici din perioada sezonului de vegetație dar și de zona de amplasare în coroană, fructele din partea internă având o capacitate antioxidantă superioară. Valorile maxime ale acestui parametru au fost înregistrate în stadiul de pre-maturare, cuprins între 144,5 și 244,5 mg GAE/100 g⁻¹, scăzând la maturitate deplină până la valori cuprinse între 55,9 și 93,1 mg GAE/100 g⁻¹.

- Soiurile de cireș evaluate au atins un conținut mediu de **vitamina C** de 7,75 mg·100 g⁻¹ în perioada de pre-maturare, cu o creștere semnificativă în perioada de maturare, până la 17,6 mg·100 g⁻¹. Soiul care s-a evidențiat cu cel mai ridicat conținut de vitamina C în condițiile celor doi ani de studiu a fost *Margonia*.

RECOMANDĂRI

În urma observațiilor și rezultatelor obținute cu privire la evoluția ecofiziologică și biochimică a unor soiuri de cireș în contextul schimbărilor climatice, se pot face următoarele recomandări:

Pentru cercetare

- Soiurile studiate prezintă importanță pentru viitoarele lucrări de ameliorare pentru capacitatea de menținere a stării de turgescență în condiții de disponibilitate redusă a apei în condiții de stres hidric și termic.

- Din punct de vedere fiziologic, soiul autohton *Andreiaș* poate fi recomandat pentru rezistența la stresul hidric în urma evaluării indicatorilor fiziologici, evidențiind o eficiență ridicată a utilizării apei din frunze, în special în momente și în medii cu cerințe mari de evapotranspirație.

- Fructele soiurilor autohtone *Andreiaș* și *Margonia*, recoltate din partea exterioară a coronamentului pomilor au prezentat cea mai intensă modificare a parametrilor de calitate, fiind și cele mai bogate în compuși antioxidanți, sugerând astfel oportunitatea atât de valorificare pentru consum, cât și de includere a acestora în strategiile de ameliorare.

- Dezvoltarea cercetărilor fiziologice și biochimice în stabilirea factorilor de bază care determină intensitatea proceselor de creștere și dezvoltare, precum și productivitatea pomilor fructiferi în perioada de vegetație, iar în cazul fructelor-evidențierea condițiilor ce contribuie la sporirea calității, rezistenței la boli și duratei lor de păstrare precum și de sporire a rezistenței lor la acțiunea factorilor nefavorabili de mediu.

Pentru producție

- Alegerea corespunzătoare a sistemului tehnologic de cultură a cireșului: asociația soi-portaltoi, distanțe de plantare, forme de coroană, sistem de întreținere a solului, irigarea plantațiilor în vederea desfășurării optime a proceselor fiziologice în raport cu factori de mediu.

- Promovarea soiurilor autohtone *Andreiaș* și *Margonia* și menținerea soiului străin *Van* în vederea extinderii suprafețelor cultivate pentru calitățile fructelor, reprezentând o sursă bogată de compuși biologic activi cu valoare nutritivă ridicată și beneficii pentru sănătatea umană.

CONCLUSIONS

The doctoral thesis entitled "**Physiological and biochemical research on some cultivars of sweet cherry in the context of climate change**" contains a detailed study on some physiological and biochemical processes involved in sweet cherry culture under the conditions of cultivation within the Research Station for Fruit Growing Iași in the knowledge their variation limits under the influence of the global climate change context.

As a result of the ecophysiological and biochemical research on the sweet cherry studied cultivars, carried out in the period 2021-2024, the following conclusions can be presented:

I. The quantification of **agroclimatic resources** within RSFG Iași can be framed in the global context regarding current climate changes through the increase of the average annual temperature, abnormal distribution or major precipitation deficit.

- The thermal regime during the study period can be characterized by an average of 11.6°C, with a positive deviation of +2.0°C compared to the reference multi-year average.

- The water regime recorded during the 2021-2023 agricultural years shows a major annual average deficit of -122.5 mm in 2021-2022, respectively -219.9 mm in the 2022-2023 agricultural year.

- From the analysis of the data related to the course of the phenological stages in the study years, the evaluated the sweet cherry cultivars (*Van*, *Andreiaș* and *Margonia*) had an average vegetation period of 223 days, varying according to the cultivar and the meteorological conditions of the year. The studied cultivars have maintained their specific agro-productive potential, showing a great ability to adapt to the increased variation of meteorological factors and phenological dynamics in recent years.

II. **Physiological processes** regarding the water regime and photosynthetic activity at leaf level of the studied cherry varieties vary in correlation with meteorological and phenological factors.

- **The rate of dehydration** at the leaf level increased progressively from the flowering phenophase to the fruit ripening. The water content removed during 24 hours averaged 44.0% of the total leaf mass in 2022 and 40.5% in 2023, and the experimental leaf samples from the outside of the crown showed a rate of more intense dehydration compared to the leaves inside the canopy.

- **The state of hydration** at leaf level recorded superunit values (over 50%) and depended on climatic conditions and less on cultivar or phenophase. The values obtained highlight a water content between 65.97% (for the *Van* cultivar) and

70.70% (*Margonia*), highlighting, as a general aspect, a higher amount of water in the samples taken from inside the canopy.

- **Stomatal conductance** results highlight an intensification of gas exchange during the fruit ripening phenophase. The autochthonous cultivar *Margonia* has on average the highest value of conductance and regarding the canopy area, outside it, the vapor flow was lower compared to the internal area.

- Between the two years of the study, it was found that in 2023 the **transpiration process** was reduced compared to 2022, but it remained constant throughout the entire growing season in all experimental variants, although from a climatic point of view quantified precipitation much less quantitatively.

- In establishing the interdependence relationship between climatic factors and the water regime, positive, distinct and very significant correlation coefficients were obtained.

- Sweet cherry leaves in the studied cultivars become photosynthetically competent from the beginning of their growth. The seasonal variation of **chlorophyll content** had maximum values in the fruit ripening phenophase, the highest chlorophyll content being recorded in the *Van* cultivar (38.8 SPAD units).

- The total content of **chlorophyll pigments** followed an upward trend from the flowering stage (11.01 µg/mL), followed by the period of fruit growth (12.63 µg/mL) and the ripening period (20.57 µg/mL). The *Margonia* cultivar stood out for its maximum light absorption capacity and its utilization in order to adapt to climatic stress factors as well as to obtain a qualitative and quantitative production.

- The seasonal evolution of the content of **flavonoid pigments** highlighted the fact that the three cultivars of sweet cherry manifested themselves differently in relation to the activity of mechanisms of resistance to water and thermal stress in the three phenophases. The cultivars had values between 3.0 and 5.0 µg/mL during the fruit ripening period, which expresses a good capacity to adapt the leaf apparatus to the water and thermal stress conditions that occurred during the period of vegetation of the two years (2022-2023).

- The dynamics of **light intensity** during the growing season was upward with the growth and finally the ripening of the fruits. The *Andreiaş* cultivar captured the highest light intensity at the level of the canopy throughout the growing season.

- By correlating light intensity with chlorophyll and flavonoid pigments, it was highlighted that in the climatic conditions of 2023, the degree of interdependence between photosynthetically active radiation and pigment content was very significant.

- The comparative analysis of the **photosynthetic activity** during the vegetation season highlights a progressive increase but with significant differences between the two years studied in the stage of fruit ripening, the climatic conditions of 2023 requiring an intensification of physiological processes.

III. **The biochemical processes** that take place during fruit ripening involve numerous changes in quality parameters, strongly influenced by the variation of climatic conditions, the cultivar and the applied culture technology.

- **The chromatic characteristics** of the fruits showed higher brightness (L) values in the pre-ripening phenophase, compared to the ripening period. The dynamics of the color parameters a^* and b^* registered increases depending on the color of the cultivar: higher values of the parameter a^* for the variants with red fruits and an increase of the parameter b^* for the variants with yellow fruits. The color parameters had higher values for the variants inside the canopy, compared to its peripheral part. Between the years of the study, significant differences in the color parameter a^* were highlighted in the cultivars with red fruits at maturity, strongly influenced by the climatic conditions of temperature and light intensity, which shortened the period between the phenological stages.

- **The soluble dry substance** content of the cherries in the studied cultivars had average values of 11.42°Brix in the pre-ripening stage and increased exponentially to maximum values of 20.66°Brix in the *Andreiaş* cultivar during the ripening period. The variants in the internal area of the canopy recorded lower values compared to the peripheral area. The reduction of the period between phenophases during the year 2022 led to a lower accumulation of soluble sugars, compared to that of the year 2023.

- Variations in the **dry matter content** of the fruits were similar in the climatic conditions of the two years of the study, with a tendency to increase by 35% from the pre-ripening stage (9.29%) to the full-ripening stage (12.49%).

- The average value of the **pH** of the sweet cherry fruits during the study was 3.87 and in 2023 it was not influenced by the ripening process. **The titratable acidity** of the fruits reached average values of 0.73 mg malic acid·100 g⁻¹ in the pre-ripening stage and 1.13 mg malic acid·100 g⁻¹ in the ripening stage. Variations in the climatic factors of 2023 also conditioned higher values of titratable acidity. The cultivar with the most acidic fruits under the conditions of the two years of study was *Margonia*.

- **The content of chlorophyll pigments** (chlorophyll *a* and *b*) in the fruits fluctuated during the study depending on the cultivar, the phenophase but also the annual climatic conditions. The experimental variants recorded a maximum content of green pigments in the *Margonia* (10.45 mg·100 g⁻¹), following a downward curve during fruit ripening, to minimum values between 0.43 and 1.64 mg·100 g⁻¹. The content of chlorophyll pigments was more reduced in the cultivars inside the canopy.

- **The content of anthocyanins** showed a significant increase during fruit ripening in variants and cultivars with red fruits, on average from 1.25 to 37.9 mg·100 g⁻¹ (*Andreiaş*). The differences were statistically significant both between cultivars and between canopy areas, suggesting the influence of sunlight on

anthocyanin concentration. The year of monitoring did not influence the accumulation of anthocyanin content.

- The variation in the content of **polyphenols** in fruits during the course of the study depended mainly on the climatic factors during the growing season but also on the location area in the canopy, the fruits in the inner part having a higher antioxidant capacity. The maximum values of this parameter were recorded in the pre-ripening stage, between 144.5 and 244.5 mg GAE/100 g⁻¹, decreasing at full maturity to values between 55.9 and 93.1 mg GAE /100 g⁻¹.

- The evaluated sweet cherry cultivars reached an average **vitamin C** content of 7.75 mg·100 g⁻¹ in the pre-ripening period, with a significant increase in the ripening period, up to 17.6 mg·100 g⁻¹ . The cultivar that stood out with the highest vitamin C content under the conditions of the two years of study was *Margonia*.

RECOMMENDATIONS

Following the observations and obtained results regarding the ecophysiological and biochemical evolution of some sweet cherry cultivars in the context of climate change, the following recommendations can be made:

For research

- The studied cultivars are important for future improvement works for the ability to maintain the turgor state in conditions of reduced water availability in conditions of water and thermal stress.
- From a physiological point of view, the indigenous cultivar *Andreiaș* can be recommended for resistance to water stress following the evaluation of physiological indicators, highlighting a high efficiency of leaf water use, especially at times and in environments with high evapotranspiration requirements.
- The fruits of the local cultivars *Andreiaș* and *Margonia*, harvested from the outer part of the canopy of the trees, showed the most intense change in quality parameters, being also the richest in antioxidant compounds, thus suggesting the opportunity for both valorization for consumption and their inclusion in improvement strategies.
- The development of physiological and biochemical research in establishing the basic factors that determine the intensity of growth and development processes, as well as the productivity of fruit trees during the vegetation period, and in the case of fruits - highlighting the conditions that contribute to increasing quality, resistance to diseases and their duration preserving as well as increasing their resistance to the action of unfavorable environmental factors.

For production

- The appropriate choice of the technological system of sweet cherry culture: cultivar-rootstock association, planting distances, canopy forms, soil maintenance system, irrigation of plantations in order to optimally develop physiological processes in relation to environmental factors.
- Promoting the local cultivars *Andreiaș* and *Margonia* and maintaining the foreign cultivar *Van* in order to expand the areas cultivated for the quality of the fruits, representing a rich source of biologically active compounds with high nutritional value and benefits for human health.

BIBLIOGRAFIE

BIBLIOGRAPHY

1. Acero N., Gradillas A., Beltran M., García A., Mingarro D.M., 2019 - *Comparison of phenolic compounds profile and antioxidant properties of different sweet cherry (Prunus avium L.) varieties*. Food chemistry, 279, 260-271. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.008> .
2. Ai J.Y., Zhou C.H., He M.L., Zhang Q.J., 2023 - *Research progress in sweet cherry photosynthesis*. Journal of Fruit Science 40, 6, 1235-1244. <https://doi.org/10.13925/j.cnki.gsxb.20220362> .
3. Allderman L.A., Steyn W.J., Cook N.C., 2011 - *Growth regulator manipulation of apple bud dormancy progressions under conditions of inadequate winter chilling*, South African Journal of Plant and Soil 28:103–109.
4. Andreini L., Viti R., Scalabrelli G., 2009 - *Study on the morphological evolution of bud break in Vitis vinifera L.*, Vitis 48:153–158.
5. Andrews P. K., & Li S., 1994 - *Partial Purification and Characterization of .beta.-D-Galactosidase from Sweet Cherry, a Nonclimacteric Fruit*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42(10), 2177–2182. <https://doi.org/10.1021/jf00046a019> .
6. Asănică A., Hoza D., Tudor V., Temocico G., 2012 - *Evaluation of some sweet cherry cultivars to winterfreeze in different areas of Romania*, Scientific Papers, Series B, Horticulture, 23-28.
7. Asanică A., Badulescu L., Tudor V., 2015 - *The Synthesis Potential of Some Sweet Cherry Cultivars under the Influence of Different Rootstocks*, Agriculture and Agricultural Science Procedia, 6, 102-109. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.045> .
8. Athoo T.O., Winkler A., Knoche M., 2015 - *Pedicle Transpiration in Sweet Cherry Fruit: Mechanisms, Pathways, and Factors*, Journal of the American Society for Horticultural Science J. Amer. Soc. Hort. Sci., 140(2), 136-143 <https://journals.ashs.org/jashs/view/journals/jashs/140/2/article-p136.xml>.
9. Auge R., 1998 - *Foliar dehydration tolerance of twelve deciduous tree species*, Journal of Experimental Botany, 49(321), 753–759. <https://doi.org/10.1093/jexbot/49.321.753> .
10. Baci A.A., 2005 - *Pomicultură generală*, Ed. „Universitaria” Craiova, ISBN: 973-742-101-9.
11. Beceanu D., Chira A., 2003 - *Tehnologia produselor horticole*, București, Edit. Economică, 527.
12. Beceanu D., 2009 - *Tehnologia prelucrării legumelor și fructelor*, Ed. Ion Ionescu de la Brad, Iași.
13. Beceanu D., Bostaca-Sîrbu S., 2007 - *European criteria to appreciate the cherries' qualities*, Realizări și perspective în horticultură, viticultură, vinificație și silvicultură 15 (1), 28-29 Chișinău, Universitatea Agrară de Stat din Moldova, 306-310, ISBN 978-9975-946-31-5.
14. Beppu K., Ikeda T., Kataoka I., 2001 - *Effect of high temperature exposure time during flower bud formation on the occurrence of double pistils in 'Satohnishiki' sweet*

cherry, *Scientia Horticulturae*, 87, 1–2, 77–84, [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(00\)00173-4](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00173-4).

15. Beppu K., Kataoka I., 2011 - *Studies on pistil doubling and fruit set of sweet cherry in warm climate*, *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 80(1), 1–13, <https://doi.org/10.2503/jjshs1.80.1>.

16. Berry J., Bjorkman O., 1980 - *Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants*, *Annual Review of plant physiology*, 31(1), 491–543, <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.pp.31.060180.002423>.

17. Bhattacharjee P., Warang O., Das S., Das S., 2022 - *Impact of climate change on fruit crops—A review*, *Current World Environ*, 17, 319–330, <http://www.cwejournal.org/>.

18. Bisbis M.B., Gruda N., Blanke M., 2018 - *Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality—A review*, *Journal of Cleaner Production*, 170, 1602–1620, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.224>.

19. Blanco V., Torres-Sánchez R., Blaya-Ros P.J., Pérez-Pastor A., Domingo R., 2019 - *Vegetative and reproductive response of 'Prime Giant' sweet cherry trees to regulated deficit irrigation*. *Scientia Horticulturae*, 249:478–489. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.016>.

20. Blando F., Oomah B.D., 2019 - *Sweet and sour cherries: Origin, distribution, nutritional composition and health benefits*. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 517–529. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.052>.

21. Blanke M.M., & Kunz A., 2009 - *Misconceptions about the effects of climate change on horticulture*, *Proc Benelux Horticult Soc Annu Meeting*, Gembloux, Belgium, p 12. <http://www.beneluxshs.eu/index.html>.

22. Bondarenko P., 2019 - *Physiological basics of sweet cherry productivity depending on rootstocks, interstems and plant density*. *Open Agriculture*, 4(1), 267–274. <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0025>.

23. Bound S.A., Miller P., 2016 - *Manipulation of bud break, flowering and crop development of sweet cherry with the dormancy breaker*, *Waiken. Acta Hort.* 1130, 285–291. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1130.42>.

24. Budan S., 1995 - *Sortimentul de cireș în principalele țări cultivatoare*. *Tehnologii și Soiuri Noi în Cultura Cireșului și Vișinului*, Bistrița.

25. Budan S. & Grădinariu G., 2000 - *Cireșul*, Ed. Ion Ionescu de la Brad, Iași.

26. Burzo I., Toma S., Olteanu I., Dejeu L., Delian E., Hoza D., 1999 - *Fiziologia plantelor de cultură*, Vol. 3, Ed. Știința, Chișinău.

27. Burzo I., Dobrescu A., 2011 – *Stresul termohidric la plante (temperaturi ridicate și secetă)*, Ed. Ceres, București.

28. Cepoiu N., 2001 - *Pomicultura aplicată*, Editura Științelor Agricole, București, ISBN. 973-85284-1-0.

29. Chițu E., Mateescu E., Petcu A., Surdu I., Sumedrea D., Tănăsescu N., Păltineanu C., Chițu V., Mladin P., Coman M., Butac M., Gubandru V., 2010 - *Modele de estimare a favorabilității climatice pentru cultura pomilor în România*, Ed. INVEL Multimedia București.

30. Chmielewski F.M., Müller A., Bruns E., 2004 - *Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961–2000*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121(1–2), 69–78. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(03\)00161-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(03)00161-8).

31. Chmielewski F.M., & Götz K.P., 2016 - *Performance of models for the beginning of sweet cherry blossom under current and changed climate conditions*. Agricultural and Forest Meteorology, 218, 85-91.
32. Chu L., Zheng W., Wang J., Wang Z., Zhao W., Zhao, B., Xu G., Xiao M., Lou X., Pan F., Zhou Y., 2023 - *Comparative analysis of the difference in flavonoid metabolic pathway during coloring between red-yellow and red sweet cherry (Prunus avium L.)*. Gene, 880, 147602. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2023.147602> .
33. Chuine I., 2000 - *A unified model for budburst of trees*. Journal of theoretical biology, 207(3), 337-347. <https://doi.org/10.1006/jtbi.2000.2178> .
34. Cittadini E.D., Peri P.L., 2006 - *Estimation of leaf area in sweet cherry using a non-destructive method*. RIA, Revista de Investigaciones Agropecuarias, 35(1), 143-150.
35. Cittadini E.D., Ridder N., Rodríguez M.J., van Keulen H., Peri P.L., 2008 - *Fruit Dry Weight And Quality Of "Bing" Sweet Cherries Grown Without Source Limitations*. Acta Horticulturae, 795, 639-644. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2008.795.99> .
36. Cittadini E.D., Keulen H., Ridder N., Vallés M., Rodríguez M., Peri P., 2008 - *Effect of fruit-to-leaf area ratio on fruit quality and vegetative growth of 'Bing' sweet cherry trees at optimal leaf area index*, Acta Hortic., 795, 677-680.
37. Coman M., Chițu E. și colaboratorii, 2014 - *Zonarea speciilor pomicele în funcție de condițiile pedoclimatice și socio-economice ale României*, Ed. Invel multimedia, ISBN 978-973-1886-93-0.
38. Corneanu G., Petre L., Cârdei E., Corneanu M., Sîrbu S., Iurea E., 2012 - *Sortimentul pomicol pentru regiunea de N-E a României. Material săditor pomicol produs la SCDP Iași*, Ed. Pim, Iași, ISBN: 978-606-13-1403-4.
39. Corneanu M., Iurea E., Sîrbu S., 2020 - *Biological properties and fruit quality of sweet cherry (Prunus avium L.) cultivars from Romanian assortment*. Agronomy Research, 18(4), 2353-2364. <https://doi.org/10.15159/ar.20.231> .
40. Corneanu M., Golache I.E., Iurea E., Mineață I., Sîrbu S., 2021 - *Assessment Of Sweet Cherry (Prunus Avium L.) Genotypes Grown In Conditions Of Romanian Northeastern Area*, Current Trends in Natural Sciences Vol. 10, Issue 19 , pp. 476-481.
41. Cortes A., Gratacos E., 2008 - *Chilling requirements of ten sweet cherry cultivars in a mild winter location in Chile*, Acta Hort., 795: 457-462. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.69> .
42. Crisosto C.H., Crisosto G. M., Metheney P., 2003 - *Consumer acceptance of 'Brooks' and 'Bing' cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color*. Postharvest Biology and Technology, 28(1), 159-167. [https://doi.org/10.1016/s0925-5214\(02\)00173-4](https://doi.org/10.1016/s0925-5214(02)00173-4) .
43. Damour G., Simonneau T., Cochard H., Urban L., 2010 - *An overview of models of stomatal conductance at the leaf level*. Plant, cell & environment, 33(9), 1419-1438, <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02181.x>
44. Delian E., 2013 – *Fiziologia plantelor*, Ed. Universitară, p. 308, București.
45. Demir T., 2013 - *Determination of carotenoid, organic acid and sugar content in some sweet cherry cultivars grown in Sakarya, Turkey*, Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.11 (2): 73-75.
46. Dondini L., Lugli S., Sansavini S., 2018 - *Cherry Breeding: Sweet Cherry (Prunus avium L.) and Sour Cherry (Prunus cerasus L.)*, In: Al-Khayri, J., Jain, S., Johnson, D. (eds)

Advances in Plant Breeding Strategies: Fruits. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91944-7_2.

47. Drake S.R., Fellman J. K., 1987 - *Indicators of Maturity and Storage Quality of 'Rainier' Sweet Cherry*. HortScience, 22(2), 283–285. <https://doi.org/10.21273/hortsci.22.2.283>.

48. Escribano S., Biasi W.V., Lerud R., Slaughter D.C., Mitcham E.J., 2017 - *Non-destructive prediction of soluble solids and dry matter content using NIR spectroscopy and its relationship with sensory quality in sweet cherries*. Postharvest Biology and Technology, 128, 112–120. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.01.016>.

49. Fadón E., Herrero M., Rodrigo J., 2015 - *Flower development in sweet cherry framed in the BBCH scale*. Scientia Horticulturae, 192, 141-147.

50. Fischer, G., Ramírez, F., & Casierra-Posada, F., 2016 - *Ecophysiological aspects of fruit crops in the era of climate change. A review*. Agronomía Colombiana, 34(2), 190-199.

51. Flore J.A., Layne D.R., 1996 - *Prunus*. In: E. Zamski and A.A. Schaffer (eds.), Photoassimilates Distribution in Plants and Crops. Source-Sink Relationships. Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, Honk Kong, 825–849.

52. Fogle H.W., Snyder J.C., Baker H., Cameron H.R., Cochran L.C., Schomer H.A., Yang H.Y., 1973 - *Sweet Cherries: Production, Marketing and Processing*, Agriculture Handbook 442, US Department of Agriculture, Washington, DC.

53. Fouché M., 2023 - *Molecular mechanisms involved in dormancy in response to temperature in sweet cherry (Prunus avium L.)*. PhD Thesis. Université de Bordeaux.

54. Gao L., Mazza G., 1995 - *Characterization, Quantitation, and Distribution of Anthocyanins and Colorless Phenolics in Sweet Cherries*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43 (2), 343-346, <https://doi.org/10.1021/jf00050a015>.

55. Ghena N., Braniște N., 2003 - *Cultura specială a pomilor*, Matrix Rom, București, ISBN 973-685-608-9.

56. Gherghi A., Burzo I., Bibicu M., Mărgineanu L., Bădulescu L., 2001 - *Biochimia și Fiziologia Legumelor și Fructelor*, Ed. Academiei Române, ISBN 973-27-0791-7.

57. Girard B., & Kopp T.G., 1998 - *Physicochemical characteristics of selected sweet cherry cultivars*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(2), 471-476. <https://doi.org/10.1021/jf970646j>.

58. Gonçalves B., Landbo A.K., D. Knudsen D., Silva A.P., Moutinho-Pereira J., Rosa E., 2004 - *Effect of ripeness and postharvest storage on the phenolic profiles of cherries (Prunus avium L.)*, Journal Agricultural and Food Chemistry, 52, 523-530. <https://doi.org/10.1021/jf030595s>.

59. Gonçalves B., Silva A.P., Moutinho-Pereira J., Bacelar E., Rosa E., Meyer A.S., 2007 - *Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (Prunus avium L.)*. Food Chemistry, 103(3), 976–984. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.039>.

60. Gonçalves B., Correia C.M., Silva A.P., Bacelar E.A., Santos A., Moutinho-Pereira J.M., 2008 - *Leaf structure and function of sweet cherry tree (Prunus avium L.) cultivars with open and dense canopies*. Scientia horticulturae, 116(4), 381-387.

61. Gonçalves A.C., Bento C., Jesus F., Alves G., Silva L.R., 2018 - *Sweet cherry phenolic compounds: Identification, characterization, and health benefits*. Studies in natural products chemistry, 59, 31-78. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64179-3.00002-5>.

62. González-Gómez D., Lozano M., Fernández-León M.F, Bernalte M.J., Ayuso M.C, Rodríguez A.B., 2010 - *Sweet cherry phytochemicals: Identification and characterization by HPLC-DAD/ESI-MS in six sweet-cherry cultivars grown in Valle del Jerte (Spain)*, Journal of Food Composition and Analysis, 23(6), 533-539, ISSN 0889-1575, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.02.008>.
63. Gospodinova M., Kolev K., 2011 - *Effect of rootstocks and irrigation rate on vigor and productivity of sweet cherry*, Acta Horticultrae, 981: 263-268, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.981.40>.
64. Grierson W., Soule J., Kawada K., 1982 - *Beneficial aspects of physiological stress*, Horticultural Reviews, 4, 247–271. <https://doi.org/10.1002/9781118060773.ch8>.
65. Hack H., Bleiholder H., Buhr L., Meier U., Schnock-Fricke U., Weber E., Witzemberger A., 1992 - *A uniform code for phenological growth stages of mono- and dicotyledonous plants*. Extended BBCH scale, general. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 1992, Vol. 44, No. 12, 265-270.
66. Hallmann E., Rozpara, E., 2017 - *The estimation of bioactive compounds content in organic and conventional sweet cherry (Prunus avium L.)*. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 62(3), 141-145.
67. Hanson E.J., & Proebsting E.L., 1996 - *Cherry nutrient requirements and water relations*. Cherries: crop physiology, production and uses, CAB International, 243-257.
68. Harborne J.B., 1991 - *Flavonoid Pigments. Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites*, 389–429. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-597183-6.50016-4>
69. Hay A., Barkoulas M., Tsiantis M., 2004 - *PINning down the connections: transcription factors and hormones in leaf morphogenesis*, Current Opinion in Plant Biology, 7, 5, 575-581, ISSN 1369-5266, <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2004.07.007>.
70. Hayaloglu A.A. & Demir N., 2015 - *Physicochemical characteristics, antioxidant activity, organic acid and sugar contents of 12 sweet cherry (Prunus avium L.) cultivars grown in Turkey*. Journal of Food Science, 80(3), C564-C570.
71. Hopkins W.G., Hüner N. P., 1995 - *Introduction to plant physiology*. Introduction to Plant Physiology, 4th Edition. John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, USA.
72. Houghton E., Bevandick K., Neilsen D., Hannam K., Nelson L.M., 2022 - *Effects of postharvest deficit irrigation on sweet cherry (Prunus avium) in five Okanagan Valley, Canada, orchards: I. Tree water status, photosynthesis, and growth*, Canadian Journal of Plant Science 103(1):73-92. <https://doi.org/10.1139/cjps-2022-0200>.
73. Hrotkó K., 2016 - *Potentials in Prunus mahaleb L. for cherry rootstock breeding*. Scientia Horticulturae, 205, 70-78. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.04.015>.
74. Huang M.T., Ferraro T., 1992 - *Phenolic compounds in food and cancer prevention*, ACS Symposium Series, 507 (2), 8-34.
75. Ibraheem N.A., Hasan M.M., Khan R.Z., Mishra P.K., 2012 - *Understanding Color Models: A Review*. ARPN J. Sci. Technol. 2012, 2, 265–275
76. Istrate M., Gradinariu G., Budan S., Petre L., Balaci R., 2008 - *Agrobiological potential evaluation of some new cherry varieties and hybrids in order to ameliorate Romanian assortment*, ESNA XXXVIII Annual Meeting Krakow – Poland, Book of Abstracts, ISBN 83-60127-99-9, p 239.

77. Istrate M., Dascălu M., Iacob F.L., Zlati C., Arcăleanu A., 2016 - *Agrobiologic potential evaluation of some new sweet cherry varieties in order to improve upon the Romanian assortment*. *Lucrări Științifice USAMV – Iași Seria Horticultură*, 59(2):201-206.
78. Iurea E., 2014 - *Cercetări privind obținerea de noi soiuri de cireș în cadrul S.C.D.P. Iași – Teză de doctorat*, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară „Ion Ionescu de la Brad” din Iași.
79. Ivanova I., Serdiuk M., Malkina V., Bandura I., Kovalenko I., Tymoshchuk T., Tonkha O., Tsyz O., Mushtruk M., Omelian, A., 2021 - *The study of soluble solids content accumulation dynamics under the influence of weather factors in the fruits of cherries*. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 350–359. <https://doi.org/10.5219/155>.
80. Ivanova I., Serdyuk M., Malkina V., Tymoshchuk T., Shlieina L., Pokoptseva L., ... Taranenko H., 2022 - *The effects of weather factors on titrating acids accumulation in sweet cherry fruits*. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society* 11 (1).
81. Jin W., Wang H., Li M., Wang J., Yang Y., Zhang X., Yan G., Zhang H., Liu J., Zhang, K., 2016 - *The R2R3 MYB transcription factor PavMYB10.1 involves in anthocyanin biosynthesis and determines fruit skin colour in sweet cherry (Prunus avium L.)*, *Plant Biotechnol J*, 14: 2120-2133. <https://doi.org/10.1111/pbi.12568>.
82. Jitoreanu C.D., 2007 - *Fiziologia plantelor*. Ed. ”Ion Ionescu de la Brad”, Iași.
83. Jitoreanu C.D, Toma L.D., Slabu C., Marta A.E., 2011 - *Lucrări practice de Fiziologia Plantelor*. Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
84. Juhász Á., Sepsi P., Nagy Z., Tőkei L., Hrotkó K., 2013 - *Water consumption of sweet cherry trees estimated by sap flow measurement*. *Scientia Horticulturae*, 164, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.08.022>.
85. Kapoor L., Simkin A.J., George Priya Doss C., Siva R., 2022 - *Fruit ripening: dynamics and integrated analysis of carotenoids and anthocyanins*. *BMC Plant Biology*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03411-w>.
86. Kappel F., Fisher-Fleming B., Hogue E., 1996 - *Fruit Characteristics and Sensory Attributes of an Ideal Sweet Cherry*, *HortScience HortSci*, 31(3), 443-446.
87. Kaufmann H., 2018 - *Effects of warmer winters due to climate change on chilling and dormancy release of sweet cherry*, Doctoral dissertation, Universitäts-und Landesbibliothek Bonn, <https://bonndoc.ulb.uni-bonn.de/xmlui/handle/20.500.11811/7367>.
88. Kelebek H., Selli S., 2011 - *Evaluation of chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry (Prunus avium L.) cultivars*. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(12), 2530-2537. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02777.x>.
89. Kennedy R.A., Johnson D., 1981 - *Changes in photosynthetic characteristics during leaf development in apple*, *Photosynth. Res.* 2, 213–223, <https://doi.org/10.1007/BF00032360>.
90. Koutinas N., Pepelyankov G., Lichev V., 2010 - *Flower Induction and Flower Bud Development in Apple and Sweet Cherry*, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 24:1, 1549-1558. <https://doi.org/10.2478/V10133-010-0003-9>.
91. Kozłowski T.T., Kramer P.J., Pallardy S.G., 1991 - *The Physiological Ecology of Woody Plants*, Academic Press, San Diego.
92. Kozłowski T.T., Pallardy S.G., 2002 - *Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses*, *The botanical review*, 68(2), 270-334, [https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2002\)068\[0270:AAAROW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2002)068[0270:AAAROW]2.0.CO;2).

93. Kozłowski T.T., Kramer P.J., Pallardy S.G., 2012 - *The physiological ecology of woody plants*, Academic press.
94. Lambers H., Chapin F.S., Pons T.L., 2008 - *Plant physiological ecology*, Vol. 2, No. 1, pp. 11-99, Ed. Springer, New York.
95. Lancashire P.D., Bleiholder H., Boom T.V.D., Langelüddeke P., Stauss R., Weber E., Witzemberger A., 1991 - *A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds*. *Annals of applied Biology*, 119(3), 561-601. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1991.tb04895.x>
96. Lang G.A., & Ophardt D.R., 1998 - *Intensive crop regulation strategies in sweet cherries*. In XXV International Horticultural Congress, Part 4: Culture Techniques with Special Emphasis on Environmental Implications 514, 227-233. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.514.26> .
97. Lang G.A., Olmstead J.W., Whiting M.D., 2004 - *Sweet cherry fruit distribution and leaf populations: modeling canopy dynamics and management strategies*, *Acta Horticulturae*, 636:591–599.
98. Larcher W., 1991 - *Photosynthetic strategies in leaves and stems of Egeria densa*, *Planta* 185 (3), 297-303.
99. Larcher W., 2003 - *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer Science & Business Media.
100. Lauri P.E., Claverie J., 2005 - *Sweet cherry tree architecture, physiology and management: Towards an integrated view*, *Acta Horticulturae*, 795: 605-614, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.95> .
101. Leather S.R., 2010 - *Precise knowledge of plant growth stages enhances applied and pure research*. *Annals of Applied Biology*, 157(2), 159-161.
102. Lech W., Małodobry M., Dziedzic E., Bieniasz M., Doniec S., 2008 - *Biology of sweet cherry flowering*. *J. Fruit Ornam. Plant Res*, 16, 189-199.
103. Lenahan O.M., & Whiting M.D., 2006 - *Physiological and horticultural effects of sweet cherry chemical blossom thinners*. *HortScience*, 41(7), 1547-1551.
104. Lenahan O.M., Whiting M.D., Elfving D.C., 2006 - *Gibberelic acid inhibits floral bud induction and improves "Bing" sweet cherry fruit quality*, *HortScience* 41, 654-659.
105. Lichtenthaler H.K., 1987 - *Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes*. *Methods Wnzymol.*, 148, 350-382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1).
106. Litschmann T., Danková V., Vávra R., 2022 - *Chilling requirements of sweet cherry genotypes for endodormancy release*, *Acta Horticulturae*, 1342, 79-84 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1342.11> .
107. Liu Y., Liu X., Zhong F., Tian R., Zhang K., Zhang X., Li T., 2011 - *Comparative Study of Phenolic Compounds and Antioxidant Activity in Different Species of Cherries*. *Journal of Food Science*, 76(4). Portico. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02150.x>
108. Ljubojevic M., Ognjanov V., Barac G., Dulic J., Miodragovic M., Sekulic M., Ljeskovic N.J., 2016 - *Cherry tree growth models for orchard management improvement*, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 40,6, 4. <https://doi.org/10.3906/tar-1606-14>.
109. Long L.E., Peșteanu A., Long M., Gudumac E., 2014 - *Producerea cireșelor / ACED Proiectul Competitivitatea Agricolă și Dezvoltarea Întreprinderilor*, Chișinău, ISBN 978-9975-120-43-2.

110. Luedeling E., 2012 - *Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nuts production*, A review. Sci. Hort. 144:218–22. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.011>.
111. Marinova D., Ribarova F., Atanassova M., 2005 - *Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables*, Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, vol. 40 (3), p. 255-260.
112. Marsal J., Lopez G., Del Campo J., Mata M., Arbones A., Girona J., 2010 - *Postharvest regulated deficit irrigation in 'Summit' sweet cherry: fruit yield and quality in the following season*. Irrigation science 28:181-189. <https://doi.org/10.1007/s00271-009-0174-z>.
113. Martínez-Ballesta M.C., Alcaraz-López C., Muries B., Mota-Cadenas C., Carvajal M., 2010 - *Physiological aspects of rootstock–scion interactions*, Scientia Horticulturae, 127(2), 112-118, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.002>.
114. McCune L.M, Kubota C., Stendell-Hollis N.R., Thomson C.A., 2010 - *Cherries and Health: A Review*, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 51:1, 1-12, <https://doi.org/10.1080/10408390903001719>.
115. Meier U., 2001 - *Growth stages of mono-and dicotyledonous plants: BBCH Monograph*. 352 Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.
116. Montiel F.G., Noreña M.S., Romero D.M., Ferrando N.A., 2010 - *Factors influencing fruit set and quality in different sweet cherry cultivars*, Spanish Journal of Agricultural Research, (4), 1118-1128, <http://www.inia.es/sjar>.
117. Mineață I., Golache I.E., Sirbu S., Slabu C., Perju I., Ostaci S., Jitareanu C.D. 2023, *Study Of The Water Regime In Some Sweet Cherry Cultivars Under North-Eastern Romanian Conditions*. Scientific Papers. Series B, Horticulture, Vol. LXVII, Issue 1, Print ISSN 2285-5653, 117-122.
118. Moreno M.A., Adrada R., Aparicio J., Betrán S., 2001 - *Performance of 'Sunburst' sweet cherry grafted on different rootstocks*. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 76(2), 167-173. <https://doi.org/10.1080/14620316.2001.11511345>.
119. Mozetič B., Simčič M., Trebše P., 2006 - *Anthocyanins and hydroxycinnamic acids of Lambert Compact cherries (Prunus avium L.) after cold storage and 1-methylcyclopropene treatment*, Food Chemistry, 97 (2), 302-309, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.018>.
120. Murariu O.C., Irimia L.M., Robu T., 2017 - *Analiza și controlul calității produselor din fructe și legume*, Ion Ionescu de la Brad, ISBN 978 973 147 250 8, Iași.
121. Muskovics G., Felföldi J., Kovács E., Perlaki R., Kállay T., 2006 - *Changes in physical properties during fruit ripening of Hungarian sweet cherry (Prunus avium L.) cultivars*. Postharvest Biology and Technology, 40(1), 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.12.007>
122. Neilsen D., Neilsen G., 2005 - *Fertigation of deciduous fruit trees: apple and sweet cherry*, Fertigation Proceedings: Selected papers presented at the joint, 20, 76.
123. Neilsen G.H., Neilsen D., Kappel F., Forge T., 2014 - *Interaction of irrigation and soil management on sweet cherry productivity and fruit quality at different crop loads that simulate those occurring by environmental extremes*. HortScience, 49(2), 215-220, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.2.215>.

124. Neilsen G.H., Neilsen D., Forge T., 2017 - *Environmental limiting factors for cherry production*. În: *Cherries: Botany Production and Uses*; Quero-Garcia, J., Iezzoni, A., Pulawska, J., Lang, G., Eds, 189-222.
125. Olden J.E. & Nybom N., 1968 - *On the origin of Prunus cerasus L.*, Vol. 59, nr.2-3, Hereditas.
126. Olmstead J. W., Iezzoni A.F., Whiting M. D., 2007 - *Genotypic Differences in Sweet Cherry Fruit Size are Primarily a Function of Cell Number*, Journal of the American Society for Horticultural Science J. Amer. Soc. Hort. Sci., 132(5), 697-703 .
127. Overbeck V., Schmitz M., Blanke M., 2017 - *Non-Destructive Sensor-Based Prediction of Maturity and Optimum Harvest Date of Sweet Cherry Fruit*. Sensors, 17(2), 277. <https://doi.org/10.3390/s17020277> .
128. Overbeck V., Schmitz M., Tartachnyk I., Blanke M., 2018 - *Identification of light availability in different sweet cherry orchards under cover by using non-destructive measurements with a Dualex*, European Journal of Agronomy, 93, 50-56, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.11.006> .
129. Pallardy S.G., 2010 - *Physiology of woody plants*, Ed. III, Elsevier, University of Missouri, Columbia.
130. Paltineanu C., Chitu E., 2020 - *Climate change impact on phenological stages of sweet and sour cherry trees in a continental climate environment*. Scientia Horticulturae, 261, 109011. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109011> .
131. Parnia C., 1981 - *Influența îngrășămintelor foliare asupra rodirii cireșului și vișinului*, Horticultura, București.
132. Parnia C., Gozob T., Ivan I., 1985 - *Refacerea potențialului de rodire a livezilor de vișin și cireș*, Ceres, București.
133. Pereira A.R., Green S.R., Villa Nova N.A., 2007 - *Sap flow, leaf area, net radiation and the Priestley–Taylor formula for irrigated orchards and isolated trees*, Agricultural Water Management, 92, 1–2, 48-52, ISSN 0378-3774, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.01.012>.
134. Pérez-Sánchez, R., Gómez-Sánchez, M. Á., Morales-Corts, M.R., 2010 - *Description and quality evaluation of sweet cherries cultured in Spain*. Journal of Food Quality, 33(4), 490-506. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00339.x> . J
135. Perju I., 2021 – *Cercetări asupra artropodelor existente în plantațiile pomicele de nuc din regiunea de est a Moldovei*, Teză de doctorat, Universitatea pentru Științele Vieții „Ion Ionescu de la Brad” Iași, [Platforma REI - Teze de doctorat publice \(gov.ro\)](https://platforma.rei-teze.ro/)
136. Peschel S., Beyer M., Knoche M., 2003 - *Surface characteristics of sweet cherry fruit: Stomata—Number, distribution, functionality and surface wetting*, Sci. Hort. 97 265 278. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00207-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00207-8) .
137. Peschel S., Knoche M., 2012 - *Studies on water transport through the sweet cherry fruit surface: XII. Variation in cuticle properties among cultivars* J. Amer. Soc. Hort. Sci. 137 367 375. <https://doi.org/10.21273/JASHS.137.6.367> .
138. Petre L., Precup L., Petre R.P., 2005 - *Istoric, prezent și perspective ale culturii cireșului și vișinului în NE Moldovei*, Iași: Edit. Performantica, 142.
139. Pilarski J., Tokarz K., Kocurek M., 2007 - *Comparison of photosynthetic pigment contents in stems and leaves of fruit trees: cherry, sweet cherry, common plum, and walnut tree*, Folia Horticulturae, 2007, 19/1, 53-65.

140. Popoviciu D.R., 2018 - *Fiziologie vegetală - caiet pentru lucrări practice de laborator*, Constanța, RO: "OVIDIUS" University. ISBN: 978-973-614-980-1.
141. Powles S.B., 1984 - *Inhibition of photosynthesis induced by visible light*, Annual review of plant physiology, 35, 15–44. <https://www.researchgate.net.pdf>.
142. Predieri S., Dris R., Sekse L., Rapparini F., 2003 - *Influence of environmental factors and orchard management on yield and quality of sweet cherry*, J. Food Agric. Environ. 1, 263–266.
143. Quero-Garcia J., Iezzoni A., Pulawska J., A Lang G., 2017 - *Cherries: Botany, Production and Uses*, CABI, Boston.
144. Rao R., Li Y., 2003 - *Management of flooding effects on growth of vegetable and selected field crops*, HortTechnology, 13(4), 610-616, <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.13.4.0610>.
145. Ratner B., 2009- *The correlation coefficient: Its values range between +1/–1, or do they?*. Journal of targeting, measurement and analysis for marketing 17: 139–142. <https://doi.org/10.1057/jt.2009.5>.
146. Ricardo-Rodrigues S., Laranjo M., Agulheiro-Santos A.C., 2023 - *Methods for quality evaluation of sweet cherry*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 103(2), 463-478. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12144>.
147. Rios de Souza V., Pimenta Pereira P.A., Silva T.L., Lima L.C., Pio R., Queiroz F., 2014 - *Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits*, Food Chemistry, 156, 362-368, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.125>.
148. Rodrigo J., 2000 - *Spring frosts in deciduous fruit trees—morphological damage and flower hardiness*, Scientia Horticulturae, 85(3), 155-173.
149. Roelfsema M.R.G., Hedrich R., 2005 - *In the light of stomatal opening*. New Phytologist, 167(3), 665-691.
150. Roper T.R., Kennedy R.A., 1986 - *Photosynthetic characteristics during leaf development in 'Bing'sweet cherry*. Journal of the American Society for Horticultural Science, 111(6), 938-941.
151. Roper T.R., Keller J.D., Loescher W.H., Rom C.R., 1988 - *Photosynthesis and carbohydrate partitioning in sweet cherry: Fruiting effects*. Physiologia Plantarum, 72(1), 42-47. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1988.tb06620.x>.
152. Roper T.R., Loescher W.H., 2002 - *Relationships between leaf area per fruit and quality in 'Bing' sweet cherry*, HortScience, 22, 1273-1276.
153. Rotaru L., Jităreanu C.D., Cotea V., Slabu C., Marta A.E., Mustea M., Colibaba C.L., 2013 – *Adaptarea tehnologiilor viticole în contextul modificărilor climatice: ghid practic pentru consultanții agricoli și fermieri*, Ed. „Ion Ionescu de la Brad”, Iași.
154. Roussos P.A., 2020 - *Climate change impacts on fruit trees and mitigation strategies of adverse effects*. AgroLife Scientific Journal, 9(2).
155. Rutkowski K., & Łysiak G.P., 2022 - *Thinning methods to regulate sweet cherry crops—A review*. Applied Sciences, 12(3), 1280, <https://doi.org/10.3390/app12031280>.
156. Sams C.E., Flore J.A., 1982 - *The Influence of Age, Position, and Environmental Variables on Net Photosynthetic Rate of Sour Cherry Leaves*, Journal of the American

157. Sansavini S., Lugli S., 2005 - *New Sweet Cherry Cultivars Developed at the University of Bologna - Proc.4th IS on Cherry*, Acta Hort., ISHS 2005, 667 : 45-51.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.667.3>.

158. Sarma B., Das K., Bora S.S., 2020 - *Physiology of fruit development*, International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9(6), 504-521.
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.906.066>.

159. Serradilla M.J., Martín A., Ruiz-Moyano S., Hernández A., López-Corrales M., Córdoba M., 2012 - *Physicochemical and sensorial characterisation of four sweet cherry cultivars grown in Jerte Valley (Spain)*. Food Chemistry, 133(4), 1551–1559.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.048>.

160. Serradilla M.J., Hernández A., López-Corrales M., Ruiz-Moyano S., Córdoba M., Martín A., 2016 - *Composition of the Cherry (Prunus avium L. and Prunus cerasus L.; Rosaceae), Nutritional Composition of Fruit Cultivars*, Academic Press, 127-147,
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00006-4>.

161. Sîrbu S., Beceanu D., Corneanu G., Petre L., Anghel R.M., Iurea E., 2009 - *Fruit quality evaluation of some sweet cherry cultivars in Iași, Romania*. Lucrări Științifice, Universitatea de Științe Agricole Și Medicină Veterinară" Ion Ionescu de la Brad" Iași, Seria Horticultură 2009, 52, 419-422.

162. Sîrbu S., Niculaua M., Chiriță O., 2012 - *Physico-chemical and antioxidant properties of new sweet cherry cultivars from Iași, Romania*. Agronomy Research, 10(1-2), 341-350.

163. Sirbu S., Corneanu G., Iurea E., Corneanu M., 2016 - *Research concerning the influence of climate on evolution of phenological stages in sweet cherry tree*. Scientific Papers. Series B, Horticulture. Vol. LX

164. Șişcanu G., Druță A., 1995 - *Investigații în domeniul fotosintezei cireșului*, Știința, Chișinău.

165. Șişcanu Gh., Cekan A., Jeleu N., 2013 - *Conținutului glucidelor și activitatea enzimatică în frunze în dependență de centrele de atracție la pomi de măr*, Horticultură, Viticultură și vinificație, Silvicultură și grădini publice, Protecția plantelor, Vol. 36 (1), p. 49-53.

166. Sivritepe N., Erturk U., Yerlikaya C., Turkan I., Bor M., Ozdemir F., 2008 - *Response of the cherry rootstock to water stress induced in vitro*, Biologia Plantarum, 52, 573-576, <https://doi.org/10.1007/s10535-008-0114-4>.

167. Średnicka-Tober D., Ponder A., Hallmann E., Głowacka A., Rozpara E., 2019 - *The Profile and Content of Polyphenols and Carotenoids in Local and Commercial Sweet Cherry Fruits (Prunus avium L.) and Their Antioxidant Activity In Vitro*. Antioxidants, 8(11), 534.
<https://doi.org/10.3390/antiox8110534>.

168. Ștefan N., Glăman G., Braniște N., Stănică F., Duțu I., Coman M., (eds.), 2018 - *Pomologia României X*, București, România: Ceres Publishing House, 705-715.

169. Steiner M., Magyar L., Gyeviki M., Hrotkó K., 2015 - *Optimization of light interception in intensive sweet cherry orchard*. Scientific Papers. Serie B, Horticulture, 59, 105-108.

170. Struthers R., Ivanova A., Tits L., Swennen R., Coppin P., 2015 - *Thermal infrared imaging of the temporal variability in stomatal conductance for fruit trees*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 39, 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.02.006>.
171. Sumedrea D., Sumedrea M., 2011 – *Pomicultură generală*, Ed. Invel Multimedia, ISBN 978-973-1886-60-2.
172. Swaminathan M.S., & Kesavan P.C., 2012 - *Agricultural research in an era of climate change*. Agricultural Research, 1, 3-11. <https://doi.org/10.1007/s40003-011-0009-z>
173. Thurzo S., Szabo Z., Nyeki J., Nagy P.T., Silva A.P., Goncalves B., 2008 - *Effect of boron and calcium sprays on photosynthetic pigments, total phenols and flavonoid content of sweet cherry (Prunus avium L.)*. VI International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops 868, 457-462. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.868.64>.
174. Toma L.D., Jităreanu C.D., 2007 - *Fiziologie vegetală*, „Ion Ionescu de la Brad”, Iași.
175. Tomás-Barberán F.A., Ruiz D., Valero D., Rivera D., Obón C., Sánchez-Roca C., Gil M.I., 2013 - *Health Benefits from Pomegranates and Stone Fruit, Including Plums, Peaches, Apricots and Cherries*, Bioactives in Fruit (eds M. Skinner and D. Hunter). <https://doi.org/10.1002/9781118635551.ch7>.
176. Trifu M., Barbat I., 1997 - *Fiziologia plantelor: capitole alese*, Ed.Viitorul Românesc, București.
177. Ungureanu, I.V., Mineață, I., Istrate, M., Corneanu, M., Iurea, E., Golache, I.E. 2022 - *Evaluation Of Some Growth Parameters Of Sweet Cherry Cultivars Under North–East Romanian Conditions*. Current Trends in Natural Sciences, 11(21), 521-525.
178. Urban J., Ingwers M., McGuire M. A., Teskey R.O., 2017 - *Stomatal conductance increases with rising temperature*. Plant signaling & behavior, 12(8), e1356534. <https://doi.org/10.1080/15592324.2017.1356534>.
179. Usenik V., Fabčič J., Štampar F., 2008 - *Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (Prunus avium L.)*. Food Chemistry, 107(1), 185-192. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.004>.
180. Usenik V., Orazem P., Stampar F., 2010 - *Low leaf to fruit ratio delays fruit maturity of ‘Lapins’ sweet cherry on Gisela 5*, Sci. Hort. 126, 33–36. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.06.008>.
181. Usenik V., Stampar F., Petkovsek M.M., Kastelec D., 2015 - *The effect of fruit size and fruit colour on chemical composition in ‘Kordia’ sweet cherry (Prunus avium L.)*. Journal of Food Composition and Analysis, 38, 121-130. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.10.007>.
182. Vavoura M.V., Badeka A.V., Kontakos S., Kontominas M.G., 2015 - *Characterization of four popular sweet cherry cultivars grown in Greece by volatile compound and physicochemical data analysis and sensory evaluation*. Molecules, 20(2), 1922-1940. <https://doi.org/10.3390/molecules20021922>.
183. Vignati E., Lipska M., Dunwell J.M., Caccamo M., Simkin A.J., 2022 - *Fruit Development in Sweet Cherry*. Plants, 11(12), 1531. <https://doi.org/10.3390/plants11121531>.
184. Viljevac M., Dugalić K., Mihaljević I., 2013 - *Chlorophyll content, photosynthetic efficiency and genetic markers in two sour cherry (Prunus cerasus L.) genotypes under drought stress*, Acta Botanica Croatica, 72(2), 221-235. <https://doi.org/10.2478/botcro-2013-0003>.

185. Vince Ö., Zoltán M., 2011 - *Plant physiology*, Debreceni Egyetem, Ungaria.
186. Vosnjak M., Kastelec D., Vodnik D., Hudina M., Usenik V., 2021 - *The physiological response of the sweet cherry leaf to non-freezing low temperatures*, Horticulture, Environment, and Biotechnology, 62, 199-211, <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00315-w>.
187. Vosnjak M., Sircelj H., Vodnik D., Usenik V., 2022 - *Physio-biochemical responses of sweet cherry leaf to natural cold conditions*. Plants, 11(24), 3507. <https://doi.org/10.3390/plants11243507>.
188. Wang W.X., Vinocur B., Shoseyov O., Altman A., 2001 - *Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations*, Acta Horticulturae, 560:285–292, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.560.54>.
189. Wang W., Vinocur B., Altman A., 2003 - *Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance*, Planta 218(1), 1-14, <https://doi.org/10.1007/s00425-003-1105-5>.
190. Wang M., Jiang N., Wang Y., Jiang D., Feng X., 2017 - *Characterization of phenolic compounds from early and late ripening sweet cherries and their antioxidant and antifungal activities*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 65(26), 5413-5420. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b01409>.
191. Watkins J.E., Kawahara A.Y., Leicht S.A., Auld J.R., Bicksler A.J., Kaiser, K., 2006 - *Fern laminar scales protect against photoinhibition from excess light*, American Fern Journal, 96(3), 83-92, [https://doi.org/10.1640/0002-8444\(2006\)96\[83:FLSPAP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1640/0002-8444(2006)96[83:FLSPAP]2.0.CO;2)
192. Webster A.D., 1995 - *Rootstock and interstock effects on deciduous fruit tree vigour, precocity and yield productivity*, New Zealand J. Crop Hort. Sci. 23, 373–378.
193. Webster A.D., Looney N.E., 1996 - *Cherries: crop physiology, production and uses*, CAB International, Walingford, UK.
194. Welburn A.R., 1994 - *The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution*, J. Plant Physion. 144, 307-313. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2)
195. Wen Y.-Q., He F., Zhu B.-Q., Lan Y.-B., Pan Q.-H., Li C.-Y., Reeves M. J., Wang J., 2014 - *Free and glycosidically bound aroma compounds in cherry (Prunus avium L.)*. Food Chemistry, 152, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.092>
196. Wenden B., Campoy J.A., Lecourt J., López Ortega G., Blanke M., Radičević S., Quero-García J., 2016 - *A collection of European sweet cherry phenology data for assessing climate change*. Scientific data, 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.108>
197. Whiting M.D., Lang G.A. 2004 - *‘Bing’ sweet cherry on the dwarfing rootstock ‘Gisela 5’: Thinning affects fruit quality and vegetative growth but not net CO₂ exchange*, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129,407-415.
198. Wuebbles D.J., Fahey D.W., Hibbard K.A., DeAngelo B., Doherty S., Hayhoe K., ...Weaver C.P., 2017 - *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment*, 1, 35–72.
199. Yamamoto A., Nakamura T., Adu-Gyamfi J.J., Saigusa M., 2002 - *Relationship between chlorophyll content in leaves of sorghum and pigeonpea determined by extraction method and by chlorophyll meter (SPAD-502)*. Journal of Plant Nutrition, 25(10):2295-2301. <https://doi.org/10.1081/PLN-120014076>

200. Yoon T.M. & Richter H., 1990 - *Seasonal changes in stomatal responses of sweet cherry and plum to water status in detached leaves*. *Physiologia Plantarum* 80(4):520-526. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1990.tb05673.x>
201. Yunusa I.A.M., Nuberg I.K., Fuentes S., Lu P., Eamus D., 2007 - *A simple field validation of daily transpiration derived from sapflow using a porometer and minimal meteorological data*. *Plant and Soil*, 305(1–2), 15–24. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9287-4> .
202. Zavalloni C., Andresen J.A., Flore J.A., 2006 - *Phenological models of flower bud stages and fruit growth of 'Montmorency' sour cherry based on growing degree-day accumulation*, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 131: 601–607.
203. Zdremțan M., 2008 – *Conservarea legumelor și fructelor-Îndrumător de lucrări practice*, Ed. Universității „Aurel Vlaicu” Arad.
204. Zhang Y., Chen J.M., Miller J. R., Noland T.L., 2008 - *Leaf chlorophyll content retrieval from airborne hyperspectral remote sensing imagery*. *Remote Sensing of Environment*, 112(7), 3234–3247. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.04.005> .
205. Zhang C., Whiting, M.D., 2011 - *Improving Sweet Cherry Fruit Quality with Plant Growth Regulators*, *Sci. Hortic.*, 127, 341–346.
206. Zhang X., Mei X., Wang Y., Huang G., Feng F., Liu X., Li Y., 2020 - *Stomatal conductance bears no correlation with transpiration rate in wheat during their diurnal variation under high air humidity*. *PeerJ*, 8, e8927. <https://doi.org/10.7717/peerj.8927> .
207. Zhu J.K., 2016 - *Abiotic stress signaling and responses in plants*, *Cell*, 167, 313-324, <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.08.029> .
208. Zohary D. & Hopf M., 2000 - *Domestication of plants in the Old World*, 3rd edn. Oxford University Press, Oxford.
209. ***FAO, 2022 - <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> .
2010. *** INS, 2022 - Direcția Județeană de Statistică IAȘI, Geografie și statistici – DJS-IAȘI (insse.ro).
2011. **USDA-FAS, 2022 - *Fresh Peaches and Cherries: World Markets and Trade*, US Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service.(<https://www.fas.usda.gov/>)
2012. ***<http://metrosec.ro/regiunea-moldova>.

LISTA FIGURILOR / LIST OF FIGURES

Fig. 1.1. Reprezentarea grafică a dinamicii de creștere dublu-sigmoidă a fructelor/ <i>Graphic representation of double-sigmoid fruit growth dynamics</i> (Vignati ș.a., 2022).....	47
Fig. 1.2. Modificarea culorii și volumului fructelor galbene, bicolore și roșii pe parcursul procesului de creștere și maturare/ <i>Change in color and volume of yellow, bicolor and red fruits during the growth and ripening process</i> (Jin ș.a., 2016).....	49
Fig 2.1. Distribuția spațială de favorabilitate pedo-climatică la specia cireș în România/ <i>The distribution of pedo-climatic favorability for the sweet cherry species in Romania</i> (Coman ș.a., 2014).....	54
Fig. 3.1. Harta administrativă a regiunii Moldova/ <i>Administrative map of the region of Moldova</i> (http://metrosec.ro/regiunea-moldova).....	70
Fig. 3.2. Evoluția temperaturii medii lunare în perioada 2010-2020, comparativ cu mediana intervalului climatologic standard (1969-2009)/ <i>Evolution of the average monthly temperature in the period 2010-2020, compared to the median of the standard climatological interval (1969-2009)</i>	73
Fig. 3.3. Abaterea temperaturilor medii pe parcursul a zece ani (2010-2020) față de mediana intervalului de referință 1969-2009/ <i>Deviation of ten-year average temperatures (2010-2020) from the median of the reference interval 1969-2009</i>	74
Fig. 3.4. Evoluția precipitațiilor medii lunare în perioada 2010-2020, comparativ cu mediana intervalului climatologic standard (1969 – 2009)/ <i>Evolution of the average monthly precipitation in the period 2010-2020, compared to the median of the standard climatological interval (1969-2009)</i>	76
Fig. 3.5. Abaterea cantității totale de precipitații față de mediana intervalului de referință 1969-2009/ <i>Total precipitation deviation from the median of the reference interval 1969-2009</i>	77
Fig. 3.6. Umiditatea relativă a aerului (%) în perioada 2010-2020/ <i>Relative air humidity (%) in the period 2010-2020</i>	78
Fig. 3.7. Insolația medie în anii 2022-2023 (număr ore)/ <i>Average insolation in the years 2022-2023 (number of hours)</i>	81
Fig. 3.8. Umiditatea atmosferică medie în anii 2022-2023 (%)/ <i>Average atmospheric humidity in the years 2022-2023 (%)</i>	82
Fig. 4.1. Soiul Van/ <i>Van cultivar</i>	87
Fig. 4.2. Soiul Andreiaș/ <i>Andreiaș cultivar</i>	88

Fig. 4.3. Soiul Margonia/ <i>Margonia cultivar</i>	88
Fig. 4.4. Cultura comparativă în care a fost organizată experiența/ <i>The comparative culture in which the experience was organized</i>	89
Fig. 4.5. Valorile sumei gradelor de temperatură și a cantității de precipitații în perioada de vegetație/ <i>Values of the sum of temperature and the amount of precipitation during the growing season</i>	93
Fig. 4.6. Aspecte din timpul determinării conținutului de clorofilă la nivel foliar/ <i>Aspects during the determination of chlorophyll content at leaf level</i>	95
Fig. 4.7. Aspecte din timpul determinării conținutului de pigmenți prin metoda spectrofotometrică/ <i>Aspects during the determination of pigment content by the spectrophotometric method</i>	96
Fig. 4.8. Aspecte din timpul determinării intensității luminoase la nivelul coronamentului / <i>Aspects during the determination of light intensity at the canopy level</i>	96
Fig. 4.9. Aspecte din timpul determinării ritmului de deshidratare la nivel foliar/ <i>Aspects during the determination of the rate of dehydration at leaf level</i>	97
Fig. 4.10. Aspecte din timpul determinării conținutului de substanță uscată/ <i>Aspects during the determination of dry matter content</i>	98
Fig. 4.11. Aspecte din timpul determinării conductanței stomatale la nivel foliar/ <i>Aspects during the determination of stomatal conductance at leaf level</i>	99
Fig. 4.12. Aspecte din timpul determinării culorii epidermei fructelor/ <i>Aspects during the determination of the color of the fruit epidermis</i>	101
Fig. 4.13. Aspecte din timpul determinării substanței uscate solubile prin metoda refractometrică/ <i>Aspects during the determination of dry soluble substance by the refractometric method</i>	102
Fig. 4.14. Aspecte din timpul determinării substanței uscate totale din fructe/ <i>Aspects during the determination of total dry matter in fruits</i>	103
Fig. 4.15. Aspecte din timpul determinării pH-ului și a acidității totale din fructe/ <i>Aspects during the determination of pH and total acidity in fruits</i>	104
Fig. 4.16. Aspecte din timpul determinării conținutului de pigmenți din fructe/ <i>Aspects of the determination of fruit pigments</i>	104
Fig. 4.17. Aspecte din timpul determinării conținutului de polifenoli totali din fructe/ <i>Aspects during the determination of polyphenol content in fruits</i>	106
Fig. 4.18. Curba de calibrare pentru concentrația acidului galic/ <i>Calibration curve for gallic acid concentration</i>	106

Fig. 4.19. Aspecte din timpul determinării conținutului de vitamina C/ <i>Aspects during the determination of vitamin C content</i>	107
Fig. 5.1. Dinamica ritmului de deshidratare la nivel foliar în anul 2022/ <i>The dynamics of rate of dehydration at leaf level in the year 2022</i>	110
Fig. 5.2. Dinamica ritmului de deshidratare la nivel foliar în anul 2023/ <i>The dynamics of rate of dehydration at leaf level in the year 2023</i>	111
Fig. 5.3. Dinamica procesului de transpirație în funcție de stadiul de vegetație/ <i>The dynamics of the transpiration process depending on the vegetation stage</i>	112
Fig. 5.4. Evoluția conținutului total de apă la nivel foliar în anul 2022/ <i>The evolution of the total water content at leaf level in 2022</i>	113
Fig. 5.5. Evoluția conținutului total de apă la nivel foliar în anul 2023/ <i>The evolution of the total water content at leaf level in 2023</i>	114
Fig. 5.6. Rezultate privind conductanța stomatală la nivel foliar în anul 2022/ <i>Results regarding stomatal conductance at leaf level in 2022</i>	115
Fig. 5.7. Rezultate privind conductanța stomatală la nivel foliar în anul 2023/ <i>Results regarding stomatal conductance at leaf level in 2023</i>	116
Fig. 5.8. Corelația dintre temperatura medie zilnică și ritmul de deshidratare/ <i>Correlation between mean daily temperature and rate of dehydration</i>	118
Fig. 5.9. Corelația dintre umiditatea aerului și ritmul de deshidratare/ <i>Correlation between relative air humidity and rate of dehydration</i>	119
Fig. 5.10. Corelația dintre temperatura medie zilnică și conductanța stomatală/ <i>Correlation between mean daily temperature and stomatal conductance</i>	120
Fig. 5.11. Corelația dintre umiditatea aerului și conductanța stomatală/ <i>Correlation between relative air humidity and stomatal conductance</i>	121
Fig. 5.12. Rezultate privind conținutul de clorofilă la nivel foliar în anul 2022/ <i>Results regarding the chlorophyll content at leaf level in the year 2022</i>	123
Fig. 5.13. Rezultate privind conținutul de clorofilă la nivel foliar în anul 2023/ <i>Results regarding the chlorophyll content at leaf level in the year 2023</i>	124
Fig. 5.14 Rezultate privind conținutul de clorofilă a la nivel foliar în anul 2022/ <i>Results regarding the chlorophyll a content at leaf level in the year 2022</i>	125
Fig. 5.15. Rezultate privind conținutul de clorofilă a la nivel foliar în anul 2023/ <i>Results regarding the chlorophyll a content at leaf level in the year 2023</i>	126
	191

Fig. 5.16. Rezultate privind conținutul de clorofilă <i>b</i> la nivel foliar în anul 2022/ Results regarding the chlorophyll <i>b</i> content at leaf level in the year 2022.....	127
Fig. 5.17. Rezultate privind conținutul de clorofilă <i>b</i> la nivel foliar în anul 2023/ Results regarding the chlorophyll <i>b</i> content at leaf level in the year 2023.....	128
Fig. 5.18. Dinamica conținutului de pigmenți fotosintetici la nivel foliar în funcție de stadiul de vegetație/ The dynamics of the content of photosynthetic pigments at leaf level depending on the vegetation stage.....	129
Fig. 5.19. Rezultate privind conținutul de pigmenți flavonoizi în anul 2022/ Results regarding the flavonoid pigments content in the year 2022.....	130
Fig. 5.20. Rezultate privind conținutul de pigmenți flavonoizi la nivel foliar în anul 2023/ Results regarding the flavonoid pigments content at leaf level in the year 2023.....	131
Fig. 5.21. Intensitatea luminoasă la nivelul coronamentului în perioada de vegetație a anului 2022/ The light intensity at the level of the canopy during the vegetation period of 2022.....	132
Fig. 5.22. Intensitatea luminoasă la nivelul coronamentului în perioada de vegetație a anului 2023 / The light intensity at the level of the canopy during the vegetation period of 2023.....	133
Fig. 5.23. Corelația dintre intensitatea luminii și pigmenții clorofilieni/ Correlation between light intensity and chlorophyll pigment content.....	135
Fig. 5.24. Corelația dintre intensitatea luminii și conținutul de pigmenți flavonoizi/ Correlation between light intensity and flavonoid pigment content.....	136
Fig. 5.25. Corelația dintre temperatura medie a aerului și conținutul de pigmenți clorofilieni/ Correlation between mean daily temperature and chlorophyll pigment content.....	137
Fig. 5.26. Corelația dintre conductanța stomatală și conținutul de clorofilă la nivel foliar / Correlation between stomatal conductance and chlorophyll content at foliar level.....	138
Fig. 6.1. Caracteristicile cromatice ale fructelor în anul 2022/ The chromatic characteristics of the fruits in the year 2022.....	141
Fig. 6.2. Caracteristicile cromatice ale fructelor în anul 2023/ The chromatic characteristics of the fruits in the year 2023.....	142
Fig. 6.3. Evoluția parametrului de culoare <i>a*</i> a soiurilor cu fructe roșii în funcție de an și de zona coronamentului/ The evolution of the color parameter <i>a*</i> of the red fruits cultivars depending on the year and the area of the canopy.....	143

Fig. 6.4. Dinamica modificărilor cromatice pe parcursul maturării fructelor la soiul <i>Andreiaș</i> / <i>The dynamics of chromatic changes during fruit ripening at Andreiaș cultivar</i>	143
Fig. 6.5. Rezultate privind conținutul de substanțe uscate solubile pe parcursul maturării fructelor în anul 2022/ <i>Results regarding the content of soluble dry substances during fruit ripening in 2022</i>	144
Fig. 6.6. Rezultate privind conținutul de substanțe uscate solubile pe parcursul maturării fructelor în anul 2023/ <i>Results regarding the content of soluble dry substances during fruit ripening in 2023</i>	145
Fig. 6.7. Dinamica conținutului de substanțe uscate solubile pe parcursul maturării fructelor/ <i>The dynamics of the content of soluble dry substances during fruit ripening</i>	146
Fig. 6.8. Rezultate privind conținutul de substanțe uscate totale pe parcursul maturării fructelor în anul 2022/ <i>Results regarding the content of total dry substances during fruit ripening in 2022</i>	147
Fig. 6.9. Rezultate privind conținutul de substanțe uscate totale pe parcursul maturării fructelor în anul 2023/ <i>Results regarding the content of total dry substances during fruit ripening in 2023</i>	148
Fig. 6.10. Rezultate privind aciditatea titrabilă pe parcursul maturării fructelor în anul 2022/ <i>Results regarding titratable acidity during fruit ripening in 2022</i>	149
Fig. 6.11. Rezultate privind aciditatea titrabilă pe parcursul maturării fructelor în anul 2023/ <i>Results regarding titratable acidity during fruit ripening in 2023</i>	150
Fig. 6.12. Rezultate privind pH-ul pe parcursul maturării fructelor în anul 2022/ <i>Results regarding the pH during fruit ripening in 2022</i>	151
Fig. 6.13. Rezultate privind pH-ul pe parcursul maturării fructelor în anul 2023/ <i>Results regarding the pH during fruit ripening in 2023</i>	152
Fig. 6.14. Rezultate privind conținutul de pigmenți clorofilieni totali pe parcursul maturării fructelor în anul 2022/ <i>Results regarding the content of chlorophyll pigments during fruit ripening in 2022</i>	154
Fig. 6.15. Rezultate privind conținutul de pigmenți clorofilieni totali pe parcursul maturării fructelor în anul 2023/ <i>Results regarding the content of chlorophyll pigments during fruit ripening in 2023</i>	155
Fig. 6.16. Dinamica biodegradării conținutului de pigmenți clorofilieni pe parcursul maturării fructelor/ <i>Dynamics of biodegradation of chlorophyll pigments content during fruit ripening</i>	156
Fig. 6.17. Rezultate privind conținutul de pigmenți carotenoizi pe parcursul maturării fructelor în anul 2022/ <i>Results regarding the content of carotenoid pigments during fruit ripening in 2022</i>	157

Fig. 6.18. Rezultate privind conținutul de pigmenți carotenoizi pe parcursul maturării fructelor în anul 2023/ <i>Results regarding the content of carotenoid pigments during fruit ripening in 2023</i>	158
Fig. 6.19. Dinamica conținutului de antociani din cireșe în stadii diferite de maturare/ <i>Dynamics of anthocyanin content in cherries at different ripening stages</i>	159
Fig. 6.20. Rezultate privind conținutul de antociani pe parcursul maturării fructelor în anul 2022/ <i>Results regarding the anthocyanin content during fruit ripening in 2022</i>	160
Fig. 6.21. Rezultate privind conținutul de antociani pe parcursul maturării fructelor în anul 2023/ <i>Results regarding the anthocyanin content during fruit ripening in 2023</i>	160
Fig. 6.22. Rezultate privind conținutul de polifenoli totali pe parcursul maturării fructelor în anul 2022/ <i>Results regarding the total polyphenols content during fruit ripening in 2022</i>	161
Fig. 6.23. Rezultate privind conținutul de polifenoli totali pe parcursul maturării fructelor în anul 2023/ <i>Results regarding the total polyphenols content during fruit ripening in 2023</i>	162
Fig. 6.24. Rezultate privind conținutul de vitamina C pe parcursul maturării fructelor în anul 2022/ <i>Results regarding the vitamin C content during fruit ripening in 2022</i>	163
Fig. 6.25. Rezultate privind conținutul de vitamina C pe parcursul maturării fructelor în anul 2023/ <i>Results regarding the vitamin C content during fruit ripening in 2023</i>	164

LISTA TABELELOR / LIST OF TABLES

Tabelul/ Table 1.1. Compoziția biochimică a fructelor de cireș/ <i>The biochemical composition of sweet cherry fruits</i>	32
Tabelul/ Table 1.2. Conținutul în vitamine și substanțe minerale ale fructelor de cireș/ <i>The vitamin and mineral content of sweet cherry</i>	32
Tabelul/ Table 1.3. Stadiile fenologice la speciile de sâmburoase, după codul BBCH/ <i>The phenological stages of the stone fruit species, according to the BBCH code (Meier, 2001)</i>	37
Tabelul/ Table 3.1. Valori extreme absolute ale temperaturii aerului (°C) în intervalul 2010-2020/ <i>Absolute extreme values of air temperature (°C) in the range 2010-2020</i>	75
Tabelul/ Table 3.2. Temperatura medie a aerului din perioada anilor agricoli 2021-2023 (°C)/ <i>Average air temperature during the agricultural years 2021 to 2023 (°C)</i>	79
Tabelul/ Table 3.3. Valori extreme absolute ale temperaturii aerului (°C) în perioada 2021-2023/ <i>Absolute extreme values of air temperature (°C) in the range 2021-2023</i>	80
Tabelul/ Table 3.4. Suma precipitațiilor lunare din perioada anilor agricoli 2021-2023 (mm)/ <i>Average monthly precipitation during the agricultural years 2021 to 2023 (mm)</i>	82
Tabelul/Table 4.1. Materialul biologic utilizat în cadrul studiului/ <i>The biological material used in the study</i>	86
Tabelul/Table 4.2. Desfășurarea fenofazelor de vegetație la soiurile de cireș luate în studiu/ <i>Development of vegetation phenophases in the sweet cherry studied cultivars</i>	92
Tabelul/Table 4.3. Variantele experimentale de analiză a proceselor biochimice din fruct/ <i>The experimental variants of the analysis of the biochemical processes in the fruit</i>	100
Tabelul/Table 6.1. Rezultate privind evoluția conținutului de pigmenți pe parcursul maturării fructelor (2022-2023)/ <i>Results regarding the evolution of pigment content during fruit ripening (2022-2023)</i>	153

**LISTA PRINCIPALELOR LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE PUBLICATE /
LIST OF SCIENTIFIC PAPERS**

**A. ARTICOLE PUBLICATE ÎN REVISTE/JURNALE
COTATE/INDEXATE ISI CU FACTOR DE IMPACT**

Prim autor:

1. Mineață I., Murariu O.C., Sîrbu S., Tallarita A.V., Caruso G., Jităreanu C.D., 2024 - *Effects of Ripening Phase and Cultivar under Sustainable Management on Fruit Quality and Antioxidants of Sweet Cherry*. Horticulturae, 10 (7), 720. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10070720> , FI: 3.1

2. Mineață I., Perju I., Sîrbu S., Golache I.E., Ungureanu I.V., Ostaci Ș., Jităreanu C.D., 2024 - *Ecophysiological aspects of some sweet cherry cultivars from the North-East of Romania*. Horticultural Science (Prague), 51(3): ISSN: 1805-9333, FI: 1.2 - lucrare acceptată pentru publicare (In press).

3. Mineață I., Golache I.E., Sîrbu S., Slabu C., Perju I., Ostaci S., Jităreanu C.D. 2023, *Study Of The Water Regime In Some Sweet Cherry Cultivars Under North-Eastern Romanian Conditions*. Scientific Papers. Series B, Horticulture, Vol. LXVII, Issue 1, Print ISSN 2285-5653, 117-122, FI: 0.3

**B. ARTICOLE PUBLICATE ÎN REVISTE/JURNALE INDEXATE
BDI**

4. Mineață I., Perju I., Sîrbu S., Golache I., Ungureanu I.V., Slabu C., Stoica Ș., Jităreanu, C.D., 2023 - *Physiological aspects regarding the sweet cherry water regime in the climatic conditions of 2023*. Lucrări Științifice USV-Iași Seria Agronomie 66(1): 191-194. <https://repository.iuls.ro/xmlui/handle/20.500.12811/4147>.

5. Mineață I., Golache I.E., Sîrbu S., Iurea E., Perju I., Ungureanu I.V., Jităreanu C.D., 2023 - *The dynamics of the photosynthesis process in some sweet cherry cultivars under the climate conditions at RSFG Iasi*. Fruit Growing Research, Vol. XXXIX, DOI 10.33045/fgr.v39.2023.07 . <https://publications.icdp.ro/index.php> .

6. Mineață I., Sîrbu S., Slabu C., Perju I., Golache I. E., Ostaci, Ș., Jităreanu, C. D., 2022 - *Results regarding the ecophysiological development of some sweet cherry cultivars under the impact of climate change*. Lucrări Științifice-Agronomie, 65(2):151-156. <https://repository.iuls.ro/xmlui/handle/20.500.12811/3450> .