

**UNIVERSITATEA DE ȘTIINȚE AGRICOLE ȘI MEDICINĂ
VETERINARĂ "ION IONESCU DE LA BRAD" IAȘI
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL DE DOCTORAT: AGRONOMIE
SPECIALIZAREA: FIZIOLOGIA PLANTELOR**

TEZĂ DE DOCTORAT

Doctorand,

Ing. Beatrice-Alexandra MODIGA

Conducător de doctorat,

Prof. univ. Dr. Carmenica Doina JITĂREANU

IAȘI, 2020

**”ION IONESCU DE LA BRAD” UNIVERSITY OF AGRICULTURAL
SCIENCES AND VETERINARY
MEDICINE IAȘI
DOCTORAL SCHOOL OF ENGINEERING SCIENCES
DOMAIND: AGRONOMY
SPECIALIZATION: PLANT PHYSIOLOGY**

DOCTORAL THESIS

PhD student,

Eng. Beatrice-Alexandra MODIGA

PhD Leader,

Prof. Carmenica Doina JITĂREANU, PhD

IAȘI, 2020

**UNIVERSITATEA DE ȘTIINȚE AGRICOLE ȘI MEDICINĂ
VETERINARĂ "ION IONESCU DE LA BRAD" IAȘI
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL DE DOCTORAT: AGRONOMIE
SPECIALIZAREA: FIZIOLOGIA PLANTELOR**

TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND REACȚIA FIZIOLOGICĂ A UNOR
GENOTIPURI DE FASOLE LA FACTORII DE STRES SALIN**

Doctorand,

Ing. Beatrice-Alexandra MODIGA

Conducător de doctorat,

Prof. univ. Dr. Carmenica Doina JITĂREANU

IAȘI, 2020

**”ION IONESCU DE LA BRAD” UNIVERSITY OF
AGRICULTURAL SCIENCES AND VETERINARZ
MEDICINE IAȘI
DOCTORAL SCHOOL OF ENGINEERING SCIENCES
DOMAIN: AGRONOMY
SPECIALIZATION: PLANT PHYSIOLOGY**

DOCTORAL THESIS

**RESEARCH ON THE PHYSIOLOGICAL
RESPONSES OF SOME BEAN GENOTYPES TO THE
INFLUENCE OF THE SALT STRESS**

PhD student,

Eng. Beatrice-Alexandra MODIGA

PhD Leader,

Prof. Carmenica Doina JIȚĂREANU, PhD

IAȘI, 2020

CUPRINS

INTRODUCERE.....	12
REZUMAT.....	20
PARTEA I. STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII ȘTIINȚIFICE PRIVIND COMPORTAMENTUL PLANTEI ÎN CONTEXTUL SALINITĂȚII SOLULUI.....	32
CAPITOLUL 1. CUNOȘTINȚE TEORETICE PRIVIND FIZIOLOGIA TOLERANȚEI LA EXCES SALIN A PLANTELOR...33	
1.1. Problema salinizării și alcalinizării solului pe glob.....	33
1.2. Cercetări privind conceptul de stres și aspecte privind importanța studierii toleranței la salinitate.....	37
1.3. Acțiunea dăunătoare a concentrației ridicate de săruri asupra plantelor.....	39
1.4. <i>Phaseolus vulgaris</i> L. în contextul stresului salin.....	41
1.5. Studii asupra mecanismelor biochimice și fiziologice cu privire la reacția de răspuns a plantelor de fasole la stresul salin.....	42
1.5.1. Efectele salinității solului asupra nutriției minerale a plantelor....	42
1.5.2. Studii cu privire la influența salinității asupra procesului de creștere.....	47
1.5.3. Studii cu privire la influența salinității asupra altor procese fiziologice.....	52
PARTEA A II-A. REZULTATELE CERCETĂRILOR PROPRII.....	56
CAPITOLUL 2. PREZENTAREA CONDIȚIILOR SPECIFICE CERCETĂRILOR ȘI A LOCAȚIILOR.....	57
2.1. Descrierea condițiilor de experimentare.....	57
2.2. Amplasarea experienței.....	58
CAPITOLUL 3. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII. MATERIALUL ȘI METODOLOGIA DE LUCRU.....	60
3.1. Scopul și obiectivele cercetărilor.....	60
3.2. Materialul de cercetare.....	61
3.2.1. Colectarea materialului experimental.....	61

3.2.2.Descrierea populațiilor locale luate în studiu.....	62
3.3.Metodologia de testare a reacției fiziologice la salinitate a populațiilor locale studiate.....	66
3.3.1.Pregătirea substratului de cultură.....	66
3.3.2.Pregătirea semințelor.....	67
3.3.3.Lucrările de îngrijire aplicate.....	68
3.3.4.Pregătirea soluțiilor și aplicarea tratamentelor cu NaCl.....	69
3.4. Metodele de cercetare utilizate.....	71
3.4.1.Determinarea intensității procesului de creștere și dezvoltare.....	72
3.4.1.1.Determinarea suprafeței foliare.....	72
3.4.1.2.Determinarea numărului de boabe pe plantă și greutatea acestora.....	73
3.4.2.Determinarea unor procese fiziologice și biochimice.....	73
3.4.2.1.Determinarea ritmului de deshidratare la nivel foliar și a conținutului de apă.....	73
3.4.2.2.Determinarea conținutului de pigmenți fotosintetici din frunze.....	74
3.4.2.3.Determinarea conductanței stomatelor.....	76
3.4.2.4.Determinarea conținutului de prolină din frunze.....	76
3.4.2.5.Determinarea gradului de acumulare a Cl ⁻ în frunze.....	77
3.4.2.6.Dozarea Na ⁺ din materialul vegetal prin metoda fotometriei în flacără.....	78
3.4.2.7.Determinarea conținutului de proteină brută din boabe.....	79
3.4.3.Modalități de validare și valorificare a rezultatelor obținute.....	81

CAPITOLUL 4. CARACTERIZAREA PRELIMINARĂ A REACȚIEI UNOR POPULAȚII LOCALE DE FASOLE SUPUSE STRESULUI SALIN.....83

4.1.Rezultate experimentale privind efectele excesului salin asupra creșterii și dezvoltării plantelor de fasole.....	83
4.1.1.Influența stresului salin asupra suprafeței foliare.....	84
4.1.2.Influența stresului salin asupra procesului de fructificare.....	86
4.2.Rezultate experimentale privind efectele stresului salin asupra unor procese biochimice și fiziologice la populațiile locale de fasole studiate....	89
4.2.1.Influența stresului salin asupra conținutului de apă la nivel foliar.....	89
4.2.2.Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare foliară.....	98

4.2.3. Influența stresului salin asupra conținutului de pigmenți clorofilieni din frunze.....	101
4.2.3.1. Determinarea conținutului total de clorofilă (CCI) cu ajutorul aparatului CCM 200 plus	102
4.2.3.2. Determinarea conținutului de pigmenți clorofilieni prin metoda spectrofotometrică.....	105
4.2.4. Influența stresului salin asupra conductanței stomatale.....	109
4.2.5. Influența stresului salin asupra conținutului de prolină din frunze.....	112
4.2.6. Influența stresului salin asupra conținutului de NaCl din frunze.....	116
4.2.7. Influența stresului salin asupra conținutului de proteină brută din boabe.....	121
4.2.8. Corelații între diferiți parametri analizați.....	124

CAPITOLUL 5. SELECTAREA UNOR POPULAȚII LOCALE DE FASOLE REZISTENTE LA SALINITATE.....126

5.1. Rezultate experimentale privind efectele excesului salin asupra creșterii și dezvoltării plantelor de fasole.....	126
5.1.1. Influența stresului salin asupra suprafeței foliare.....	127
5.1.2. Influența stresului salin asupra procesului de fructificare....	129
5.2. Rezultate experimentale privind efectele stresului salin asupra unor procese biochimice și fiziologice la populațiile locale de fasole studiate...	131
5.2.1. Influența stresului salin asupra conținutului de apă la nivel foliar.....	131
5.2.2. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare a frunzelor.....	138
5.2.3. Influența stresului salin asupra conținutului de pigmenți clorofilieni.....	141
5.2.3.1. Determinarea conținutului total de clorofilă (CCI) cu ajutorul aparatului CCM 200 plus	141
5.2.3.2. Determinarea conținutului de pigmenți clorofilieni prin metoda spectrofotometrică.....	144
5.2.4. Influența stresului salin asupra conductanței stomatale.....	149
5.2.5. Influența stresului salin asupra conținutului de prolină din frunze.....	152
5.2.6. Influența stresului salin asupra conținutului de Cl ⁻ din frunze.....	154
5.2.7. Corelații între diferiți parametri analizați.....	156

CONCLUZII.....	158
RECOMANDĂRI.....	166
BIBLIOGRAFIE.....	168
ANEXA 1- LISTA FIGURILOR.....	191
ANEXA 2- LISTA TABELELOR.....	195
LISTA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE PUBLICATE.....	197

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION.....	16
ABSTRACT.....	26
PART I- THE STATE OF THE SCIENTIFIC KNOWLEDGE OF PLANT BEHAVIOUR IN THE CONTEXT OF SOIL SALINITY.....	32
CHAPTER 1. THEORETICAL CONSIDERATIONS REGARDING THE TOLERANCE PHYSIOLOGY AT EXCES SALIN OF PLANTS.....	33
1.1.The problem of soil salinization and alkalization on the globe.....	33
1.2.Researches on the concept of stress and the importance of the study to salinity tolerance.....	37
1.3.The harmful action of the high salt concentration on the plants.....	39
1.4. <i>Phaseolus vulgaris</i> L. in the context of saline stress.....	41
1.5.Studies on biochemical and physiological mechanisms to the response of bean to saline stress.....	42
1.5.1.Effects of mineral nutrition on soil salinity.....	42
1.5.2.Studies on the influence of salinity on the growth process.....	47
1.5.3.Studies on the influence of salinity on other physiological processes.....	52
PART II- RESULTS OF RESEARCH.....	56
CHAPTER 2. PRESENTATION OF SPECIFIC CONDITIONS OF RESEARCH AND LOCATIONS.....	57
2.1.Description of experimentation conditions.....	57
2.2.Location of the experience.....	58
CHAPTER 3.RESEARCH AIM AND OBJECTIVES. MATERIAL AND DESIGN METHODOLOGY.....	60
3.1.Research aim and objectives.....	60
3.2.The research material.....	61
3.2.1.Collection of experimental material.....	61
3.2.2.Description of local populations studied.....	62

3.3.Methodology for testing the physiological reaction to salt stress of the local populations studied.....	66
3.3.1.Culture substrat preparation.....	66
3.3.2.Seedling preparation.....	67
3.3.3.Care works.....	68
3.3.4.Preparation of solutions and saline treatments application.....	71
3.4.Research methods used.....	72
3.4.1.Determining of intensity of the growth process.....	72
3.4.1.1.Determination leaf area.....	72
3.4.1.2.Determination of the number of grains per plant and their weight	73
3.4.2.Determination of some physiological and biochemical processes.....	73
3.4.2.1.Determination of dehydration rate at foliar level and water content.....	73
3.4.2.2.Determination of chlorophyll pigments leaves.....	74
3.4.2.3.Stomatal conductance determination.....	76
3.4.2.4.Determination of proline content.....	76
3.4.2.5.Determination of the NaCl accumulation in leaves.....	77
3.4.2.6.Determination of the Na ⁺ content of leaves by flame photometer method.....	78
3.4.2.7.Determination of crude protein content from beans.....	79
3.4.3.Validation and exploitation of the obtained results.....	81

CHAPTER 4. PRELIMINARY CHARACTERIZATION OF THE REACTION OF LOCAL BEAN POPULATIONS REGARDING TO SALT STRESS.....83

4.1.Experimental results regarding salin exces effects on beans growth and development.....	83
4.1.1.The influence of salt stress on leaf area.....	84
4.1.2.The influence of salt stress on fructification process.....	86
4.2.Experimental results regarding salin excess effects on some physiological and biochemical process.....	89
4.2.1.The influence of salt stress on total water content.....	89
4.2.2.The influence of salt stress on the rate of foliar dehydration.....	98
4.2.3.The influence of salt stress on the chlorophyll pigments content.....	101
4.2.3.1.Determination of total chlorophyll content (CCI) using the equipment CCM 200 plus.....	102

4.2.3.2.Determination of chlorophyll pigments content by the spectrophotometric method.....	105
4.2.4.The influence of salt stress on stomatal conductivity.....	109
4.2.5.The influence of salt stress on foliar proline content.....	112
4.2.6.The influence of salt stress on foliar NaCl content.....	116
4.2.7.The influence of salt stress on gross protein content of beans.....	121
4.2.8.Correlations between different parameters analyzed.....	124

CHAPTER 5. SELECTION OF LOCAL BEAN POPULATION RESISTANT TO SALT STRESS.....126

5.1.Experimental results on the effects of saline excess on the growth and development of bean plants.....	126
5.1.1.The influence of salt stress on leaf area.....	127
5.1.2.The influence of salt stress on the fructification process.....	129
5.2.Experimental results regarding salin excess effects on some physiological and biochemical processes.....	131
5.2.1.The influence of salt stress on total water content.....	131
5.2.2.The influence of salt stress on the rate of foliar dehydration.....	138
5.2.3.The influence of salt stress on the chlorophyll pigments content.....	141
5.2.3.1.Determination of chlorophyll pigments content by spectrophotometric method.....	141
5.2.3.2.Determination of total chlorophyll content (CCI) using the apparatus CCM 200 plus.....	144
5.2.4.The Influence of salt stress on stomatal conductivity.....	149
5.2.5.The influence of salt stress on foliar proline content.....	152
5.2.6.The Influence of salt stress on foliar Cl ⁻ content.....	154
5.2.7.Correlations between different parameters analyzed.....	156

CONCLUSIONS.....162

RECOMMENDATIONS.....167

REFERENCES.....168

INTRODUCERE

Salinitatea a afectat aproape 1.000 milioane de ha de teren, din care aproximativ 77 milioane de hectare cultivate. La nivel global a atins 19.5% și respectiv 2.1% în câmpurile irigate și neirigate. În același timp, populația actuală este de aproximativ 7.7 miliarde de locuitori, iar până în anul 2020 se estimează că va crește la cca. 8 miliarde, ceea ce va agrava și mai mult securitatea alimentară (Asharf, 2009; <https://www.worldometers.info/ro/>).

Salinitatea este un stres abiotic major care provine din sursele de irigație și din apele subterane. Astfel, salinitatea reduce creșterea și dezvoltarea plantelor, randamentul culturilor sensibile prin inducerea disfuncției fiziologice (Shannon et al., 1994; Khan and Panda, 2008). Efectele dăunătoare ale salinității sunt asociate cu deficitul de apă, dezechilibrul ionic, nutriția minerală, comportamentul stomatelor și eficiența procesului de fotosinteză (Bohnert et al., 1995). Așadar, salinitatea a ajuns să afecteze aproape fiecare aspect al fiziologiei și biochimiei plantei (Khan et al., 2002).

Toate solurile conțin o gamă largă de săruri solubile, unele dintre acestea fiind de bază pentru creștere și dezvoltare plantelor. Ca^{2+} , Mg^{2+} și Na^+ sunt cationii cei mai obișnuiți, iar Cl^- , SO_4^{2-} și HCO_3^- sunt anionii asociați cu salinitatea solului. Jacoby (1999) a declarat că pentru mediile saline, NaCl este cel mai important constituent, iar Tucker (1999) spune că Na^+ și Cl^- sunt considerați necesari pentru unele plante, de exemplu, plantele tolerante la sare.

Expunerea plantelor la salinitate poate provoca mai multe modificări, din punct de vedere morfologic, fiziologic și biochimic, datorită ionilor excesivi și a apei deficitare (Maskri et al., 2010). În diverse cercetări a fost observată o modificare a proceselor de creștere, fotosinteză și sinteza proteinelor, dar și a metabolismului lipidic (Parida and Das, 2004); concentrațiile ridicate de săruri în plante generează schimbări legate de productivitatea plantelor (Hasegawa et al., 2000), dezechilibre nutriționale (Ashraf, 2009), cât și acumularea de compuși osmoprotectori (prolina) (Bohner et al., 1995).

În categoria leguminoaselor și a culturilor glicofite, *Phaseolus vulgaris* L. este o sursă majoră de proteine, minerale și vitamine, fiind o plantă cu o valoare nutritivă mare și cu o importanță economică în întreaga lume. De altfel, fasolea este o cultură vitală în agricultură, deoarece

formează nodozități pe rădăcini prin asociații simbiotice cu bacterii fixatoare de azot (Broughton et al., 2003).

Despre fasole se cunoaște faptul că este o legumă consumată de 500 milioane de oameni din întreaga lume. Datorită conținutului său bogat în proteine, aceasta a fost mult timp numită "*carnea oamenilor săraci*", iar eficiența economică relevă din faptul că din aceasta se pot obține produse cu o mare cerere pe piață și cu multe posibilități de valorificare. O particularitate esențială a culturii de fasole o reprezintă existența unei game variate de soiuri ce permite eșalonarea producției, dar și aprovizionarea ritmică pe o perioadă mare de timp (Munteanu și colab., 2008).

La un nivel de salinitate de 1 dS/m, producția fasolei comune poate fi redusă până la 20% (Chinnusamy et al., 2005).

În prezent este necesară dezvoltarea unei noi direcții în domeniul creșterii plantelor tolerante la stresul salin. De aceea, obiectivele realiste pe termen scurt și lung trebuie să fie stabilite și continuu urmărite, deoarece informațiile despre acest subiect sunt extinse, dar fragmentate (Shannon, 1997).

În același timp, odată cu creșterea demografică și accentuarea tot mai mult a efectului de seră pe întreg globul, s-au depus eforturi pentru a se crea plante agricole rezistente la salinitate, dar până în acest moment s-au înregistrat doar mici progrese. De aceea, colectarea și păstrarea materialului genetic provenit de la populațiile locale rezistente la salinitate poate reprezenta un pas important în lucrările de ameliorare, în vederea îmbunătățirii toleranței la factorii de stres, pentru creșterea nivelului de trai al populației și a valorificării depline a resurselor de sol (Morton, 2007). În aceste circumstanțe, am considerat că este oportun să aprofundăm problema salinității și să găsim populații locale rezistente la stresul salin.

Teza cu titlul "*Cercetări privind reacția fiziologică a unor genotipuri de fasole la factorii de stres salin*" este structurată în două părți.

Prima parte tratează stadiul cunoașterii: problema salinizării și alcanizării solului pe glob, cercetări privind conceptul de stres și aspecte privind importanța studierii toleranței la salinitate, acțiunea dăunătoare a concentrației ridicate de săruri asupra plantelor, specia *Phaseolus vulgaris* L. în contextul stresului salin, dar și studii asupra mecanismelor biochimice și fiziologice referitoare la reacția de răspuns a plantelor de fasole la stresul salin.

Partea a doua este fundamentată pe cunoștințele anterioare și cuprinde contribuții personale cu privire la înțelegerea mecanismelor fiziologice și biochimice implicate în toleranța la stres salin a speciei

Phaseolus vulgaris L., dar și identificarea unor populații locale de fasole tolerante la salinitate din regiunea de NE a României.

Rezultatele obținute în cadrul celor trei ani de studiu, ne dau satisfacția, că scopul și obiectivele tezei au fost atinse, iar modesta noastră contribuție cu privire la tema aleasă poate fi luată pe viitor în considerare de către cei interesați.

Analizele au fost efectuate în laboratorul de "Fiziologia plantelor", din cadrul Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară "Ion Ionescu de la Brad" din Iași (USAMV), Facultatea de Agricultură, iar experiența a fost amplasată în sera din cadrul "Institutului de Cercetări pentru Agricultură și Mediu" (ICAM).

Realizarea cercetărilor și condițiile tehnico-organizatorice de care am beneficiat, mă obligă să-mi exprim recunoștința pentru conducerea Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară din Iași, a Facultății de Agricultură și a Institutului de Cercetări pentru Agricultură și Mediu, respectiv domnului Rector, Prof. univ. Dr. Vasile Vîntu, domnului Decan, Prof. univ. Dr. Costel Samuil și domnului Președinte al Senatului, Prof. univ. Dr. Gerard Jităreanu.

Sincere mulțumiri însoțite de recunoștința mea, mentorului și conducătorului științific, doamnei Prof. univ. Dr. Carmenica Doina Jităreanu, un om deosebit și o profesionistă cu o remarcabilă valoare științifică, care m-a coordonat cu răbdare, pe parcursul formării mele, în vederea finalizării prezentei teze de doctorat.

Doresc să mulțumesc, cu respect deosebit, cadrelor didactice care au făcut parte din comisiile de îndrumare din perioada de desfășurare a studiilor avansate și a programelor de cercetare: Prof. univ. Dr. Vasile Stoleru, Șef. lucr. Dr. Cristina Slabu și Șef. lucr. Dr. Alina Elena Marta.

Alese mulțumiri le adresez distinșilor membri ai Comisiei de doctorat, care m-au onorat prin acceptul lor de a face parte din colectivul de analiză a tezei, pentru recomandările, observațiile și aprecierile făcute.

Totodată, adresez mulțumiri doamnei Asist. Dr. Mihaela Covașă și Ing. Mirela Radu, pentru contribuțiile aduse în diverse etape de lucru, cât și pentru suportul moral oferit pe parcursul anilor de studii doctorale.

Dedic această teză familiei mele, căreia îi mulțumesc pentru dragostea și grija lor necondiționată.

INTRODUCTION

Salinity affected nearly 1.000 million hectares of land and approximately 77 million hectares of cultivated areas. Globally it reached 19.5% and 2.1% respectively in irrigated and non-irrigated fields. At the same time, the current population of Earth is approximately 7.7 billion inhabitants and is expected to grow in 2020, exceeding 8 billion, which will aggravate the current scenario of alimenatric insecurity (Asharf, 2009; <https://www.worldometers.info/ro/>).

Salinity is a major abiotic stress and comes from irrigation sources and groundwater. Thus salinity reduces plant growth and development, yield of tolerant crops, by inducing physiological dysfunction (Shannon et al., 1994; Khan and Panda, 2008). The harmful effects of salinity are associated with water deficiency, ionic imbalance, mineral nutrition, stomate behaviour and efficiency of the photosynthesis process (Bohnert et al., 1995). Therefore, salinity has come to affect almost every aspect of plant physiology and biochemistry (Khan et al., 2002).

All soils contain a wide range of soluble salts, some of which are essential for plant growth and development. Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} are the most common cations, and Cl^{-} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-} are the anions associated with soil salinity. Jacoby (1999) said that for salt soils, NaCl is the most important constituent, and Tucker (1999) says that Na^{+} and Cl^{-} are considered necessary for some plants, for example salt tolerant plants.

Plant exposure to salinity can cause several changes, from a morphological, physiological and biochemical point of view, due to excessive ions and deficient water (Maskri et al., 2010). In various research, has been observed a change in growth processes, photosynthesis and protein synthesis, as well as in lipid metabolism (Paris and Das, 2004); high concentrations of salts in plants generate changes in plant productivity (Hasegawa et al., 2000), nutritional imbalances (Ashraf, 2009) and accumulation of osmoprotector compounds (proline) (Bohner et al., 1995).

In the category of leguminous vegetables and the glycophytes crops, *Phaseolus vulgaris* L. is a major source of proteins, minerals and vitamins, being a plant of great nurturing value and economic importance worldwide. Moreover, beans is a vital culture in agriculture, as it forms nodosis on the

roots through symbiotic associations with nitrogen-fixing bacteria (Broughton et al., 2003).

Beans are known to be a vegetables consumed by 500 million people around the world. Due to its protein content rich in essential amino acids, it has long been called "the meat of poor people" (Cazencu, 2013), and economic efficiency is demonstrated by the fact that it can be produced with high demand on the market, with many possibilities of exploitation. An essential feature of bean culture is the variety of varieties which allows allow production to be balanced, but also the rhythmic supply over a long period of time (Munteanu et al., 2008).

At a level of salinity of 1 dS/m, the production of the common beans can be reduced to 20% (Chinnusamy et al., 2005).

In view of the above, it is now necessary to develop a new direction in the field of plant growth tolerant to saline stress. Realistic objectives should therefore be set and pursued at all times, as information on this subject is extensive but fragmented (Shannon, 1997).

At the same time, with population growth and the growing greenhouse effect across the globe, a number of efforts have been made to create salinity resistant agricultural plants, with little progress so far. Therefore, the collection of genetic variability in the salinity resistance of different species may be a first step in the work of improving the tolerance to salinity in order to improve the living standards of the population, as well as the exploitation of soil resources (Morton, 2007). In these circumstances, we felt it was appropriate to deepen the problem of salinity and find local populations resistant to salin stress.

The thesis entitled "Researches on the physiological responses of some bean genotypes subjected to the influence of the salt stress" is structured in two parts.

The first part deals with the state of knowledge: the problem of soil salinisation and alkalination worldwide, research on the concept of stress and the importance of studying salinity tolerance, harmful action of high salt concentration on plants, species of the *Phaseolus vulgaris* L. in the context of salt stress, but also studies on biochemical and physiological mechanisms relating to the reaction of beans to saline stress;

Part two is based on the knowledge of the first part and contains a number of personal contributions regarding the understanding of the physiological and biochemical mechanisms involved in the tolerance to saline stress of *Phaseolus vulgaris* L., but also the identification of local populations of beans tolerant to salinity from the NE region of Romania. They may then be used to improve morphological attributes involved in achieving the production capacity.

The results obtained during the two years of study give us satisfaction that the purpose and objectives of the thesis have been achieved and our modest contribution to the chosen subject can be taken into account in the future by those concerned.

The analyses were carried out in the laboratory of "Plant Physiology", at the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine "Ion Ionescu de la Brad" in Iași (USAMV), Faculty of Agriculture, and the experience was placed in the ICAM.

Implementation of research technical and organisational conditions which I have enjoyed, prompt me to express my gratitude to the leadership of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine and the Faculty of Agriculture, and Research Institute for Agriculture and Environment, that is to the Rector, Prof. Vasile Vîntu, Ph.D., the Dean, Prof. Costel Samuil, Ph.D., and President of the Senate, Prof. Gerard Jităreanu, Ph.D.

Sincere thanks, accompanied by my gratitude, to the mentor and scientific leader, Prof. Carmenica Doina Jităreanu, Ph.D., a remarkable man and a professional of remarkable scientific value, who has patiently and willingly coordinated me throughout my training with a view to completing this doctoral thesis.

I wish to thank, with great respect, the teachers who were part of the commissions guidance during the development of advanced study and research programs: Prof. Vasile Stoleru, Ph.D. and ladies Assoc. Prof. Cristina Slabu, Ph.D., Assoc. Prof. Alina Elena Marta, Ph.D.

Chosen thanks I address the distinguished members of the doctoral committee, who agreed to be part of the team of analysis thesis for recommendations, observations and assessments made.

Also, thank you Assoc. Prof. Mihaela Covașă, Ph.D. and eng. Mirela Radu for contributions made at various stages of work and for all support granted.

I dedicate this thesis to my family, whom I thank for their unconditional love and care.

REZUMAT

Cuvinte cheie: *Phaseolus vulgaris* L., populații locale, toleranță, rezistență, stres salin

Terra este considerată o planetă sărată, deoarece aproximativ 71% din suprafață este acoperită de ape sărate; circa 6% din suprafața totală și 20% din terenurile irigate sunt afectate de salinitate, ceea ce înseamnă mai mult de 800 de milioane de hectare de teren afectate de salinitate la nivel mondial (FAO, 2009).

Programul Organizației Națiunilor Unite pentru Mediu (UNEP) estimează că aproximativ 50% din terenurile agricole din lume sunt afectate cu săruri (Flowers and Yeo, 1995). Salinitatea solului este a doua cauză majoră de degradare a terenurilor după eroziune, de circa 10.000 de ani. La nivel global, aproximativ 2.000 de hectare de teren arabil își pierd din productivitate, în fiecare zi, din cauza salinizării. Salinitatea determină o scădere a randamentului cu 10-25% pentru multe culturi și poate împiedica productivitatea unora în totalitate.

La nivelul Uniunii Europene există importante areale cu soluri saline, cele mai multe situate în jurul Mării Caspice, Bazinului Carpatic, Câmpiei Panoniei și Peninsulei Iberice; aici salinitatea solurilor afectează în jur de 1 milion de ha. În România, soluri saline au fost identificate în 29 de județe ale țării, iar suprafața totală a acestora a ajuns să fie de 614.000 ha.

În țara noastră, fasolea se cultivă începând cu secolul al XVIII-lea, zonele cele mai favorabile fiind cele de sud, sud-est și sud-vest, în zona de câmpie și în luncile celor mai importante râuri. Conform statisticilor FAO, în prezent, specia *Phaseolus vulgaris* L. se cultivă pe circa 12.000-13.000 ha, cu o producție totală de 42.000-50.000 tone. Aceasta este adaptată în general la medii cu temperaturi moderate, precipitații de aproximativ 400 mm, cu o perioadă de vegetație de 60-120 de zile. Popularitatea culturii provine din faptul că este relativ ușor de produs, este savuroasă și versatilă, fiind importantă din punct de vedere alimentar, agrofitehnic și social-economic. Totodată, această leguminoasă se cultivă atât pentru semințe uscate (fasolea de câmp), cât și pentru păstăi verzi (fasolea de grădină), semințe verzi-mature, dar și incomplet uscate (fasolea bobi), care se folosesc în totalitate în alimentația omului (Bârcă, 2013).

Din punct de vedere agrotehnic, fasolea este o cultură foarte importantă, deoarece are proprietatea de a fixa azotul atmosferic cu ajutorul bacteriilor *Rhizobium* sp. (Munteanu, 2003).

Cu toate acestea, *Phaseolus vulgaris* L. este o plantă glicofită, iar nivelurile scăzute de salinitate a solului de cca. 2 dS·m⁻¹ reduc semnificativ productivitatea culturilor (Pessaraki, 1999). La o salinitate echivalentă cu 100 mM NaCl, randamentul plantelor se reduce cu 85% (Szilaghy, 2003), deși unele soiuri par a fi mult mai tolerante la stresul salin, decât altele (Kaymakanova and Stoeva, 2008). Bayue-los et al. (2002) au raportat o creștere a salinității de la 0 la 180 mM NaCl, care scade procesul de germinare cu 50% la speciile din genul *Phaseolus*, iar cercetările făcute de Dobrei și colab., (2007) la *Phaseolus vulgaris* L. atestă că această specie prezintă o mare variabilitate în privința toleranței la stres salin, pornind de la 40-46 mM NaCl până la valori cuprinse între 196-207 mM NaCl. Prin urmare, creșterea randamentelor culturilor de fasole s-ar putea realiza pe baza selecției genotipurilor tolerante la salinitate (Fita et al., 2015).

Scopul principal al tezei îl reprezintă o mai bună înțelegere a mecanismelor fiziologice și biochimice implicate în toleranța la salinitate a speciei *Phaseolus vulgaris* L., dar și identificarea unor populații locale de fasole tolerante la acest factor abiotic, din cadrul populațiilor colectate.

Teza de doctorat cuprinde cinci capitole, cu 198 pagini, 23 tabele și 86 figuri, fiind structurată în două părți:

Partea I cuprinde aspecte și studii bibliografice cu privire la: problema salinizării și alcanizării solului pe glob, conceptul de stres, toleranța plantelor la condiții nefavorabile de mediu, acțiunea dăunătoare a concentrației ridicate de săruri asupra plantelor de fasole și a altor specii. Această parte este redactată pe 23 de pagini, reprezentând 11,6% din întreaga teză și cuprinde trei figuri.

Partea a II-a este redactată pe 101 pagini, reprezentând 53,5% din întreaga teză, și cuprinde 83 figuri și 23 de tabele. Această parte include rezultatele cercetărilor proprii, cu privire la subiectul tezei de doctorat.

Materialul biologic a fost colectat din următoarele localități: Săveni, Trușești, Codreni, Copălău și Iezer, din județul Botoșani, Moșna din județul Iași și Blăgești din județul Vaslui. Din cele 13 de populații locale colectate inițial, în urma unei pretestări în faza de răsad, s-au selectat 7 populații locale ca fiind mai rezistente la condițiile de stres salin aplicate. Astfel, au rămas pentru cercetare populațiile locale colectate din localitățile: Săveni, Trușești, Moșna și Blăgești.

Metodele de cercetare. În perioada 2017-2019, au fost studiate 7 populații locale de fasole, care au fost supuse unor testări fiziologice și biochimice ce au urmărit: suprafața foliară, conținutul de apă la nivel foliar,

ritmul de deshidratare foliară, analiza conținutului de pigmenți fotosintetici, conductanța stomatelor, conținutul de Na^+ și Cl^- din frunze, conținutul de prolină din frunze, conținutul în proteină brută a boabelor, plus elemente legate de producție. Aceste determinări vizează evidențierea răspunsul acestor populații locale la stresul salin.

Experiența a fost amplasată în sera ICAM Iași, iar analizele de laborator s-au efectuat în perioada 2017-2019, în laboratorul de "Fiziologie vegetală" a Facultății de Agricultură, din cadrul USAMV Iași, la "Institutul de Cercetări pentru Agricultură și Mediu" (ICAM), din Iași și la "Laboratorul de control al calității nutrețurilor" din cadrul U.S.A.M.V. Iași.

Experiența bifactorială a fost înființată în vase de vegetație și organizată sub forma blocurilor randomizate cu trei variante. Doi factori au influențat experimentul: factorul A, reprezentat de trei concentrații de NaCl (V1 - apă, V2-100 mM NaCl și V3 - 200 mM NaCl) și factorul B reprezentat de populațiile locale de fasole luate în studiu. 372 de plante au fost studiate în cei doi ani de experimentare.

Determinările s-au realizat la 15 și 30 de zile de la aplicarea concentrațiilor de NaCl.

Suprafața foliară reprezintă un indice fiziologic cu o importanță majoră în ceea ce privește caracterizarea intensității proceselor de creștere, transpirație, respirație și fotosinteză. Determinarea suprafeței frunzelor din treimea de mijloc a tulpinii, s-a realizat cu aparatului portabil Leaf Area Meter AM 300-0002.

În primul și al doilea an experimental, suprafața foliară a scăzut direct proporțional cu concentrațiile saline aplicate, manifestându-se un efect negativ al sărurilor la frunzele din zona mediană; explicația reiese din faptul că aceste frunze și-au început creșterea sub efectul dozelor aplicate, cât și prin faptul că ionii minerali au fost transportați odată cu apa spre zonele cu transpirație mai intensă unde s-au acumulat, determinând toxicitate. Valori mai ridicate ale suprafeței foliare s-au înregistrat la populațiile locale Blăgești 1, Blăgești 2, Blăgești 3, Blăgești 4 și Trușești 2, care indică o bună rezistență la stresul salin.

Evaluarea procesului de fructificare a fost realizat pe baza următorilor indici biometrici: numărul mediu de boabe/plantă și greutatea medie a boabelor/păstaie.

În primul an de studiu, producția (numărul de boabe pe plantă) a fost semnificativ influențată de tratamentul salin aplicat, la ambele concentrații. La varianta tratată cu 200 mM cele mai reduse valori s-au înregistrat la populația Blăgești 4, care a avut o producție de 93,40% din cea a martorului. În schimb, populația Săveni a înregistrat o producție redusă de 25,00%, iar Trușești 2 de 39,13% din varianta control.

Concentrațiile de 100 mM și 200 mM NaCl au influențat negativ greutatea boabelor de fasole, în cazul celor șapte populațiile locale studiate și a oscilat între 41,17% (Moșna) și 91,85% (Blăgești 4) din cea a matorului.

În anul doi de studiu, cele mai productive populații au fost Blăgești 1, Trușești 2 și Săveni, la ambele variante. În acest caz, producția a oscilat între 32,18 % (Blăgești 3) și 78,12% (Săveni). Greutatea boabelor/păstaie s-a redus cu mult și de această dată, oscilând între 23,05 % și 72,11%.

Regimul hidric a fost evaluat prin analiza conținutului de apă din frunze și a ritmului de deshidratare foliară.

Conținutul de apă din frunze s-a investigat prin determinarea celor două forme de apă: liberă și legată.

În primul an de studiu, după 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline a avut loc o ușoară creștere a conținutului total de apă pentru toate populațiile, aceasta oscilând între 59.93% și 82.30%. În acest caz se remarcă populația Blăgești 2 și Trușești 2 de la varianta 200 mM. Conținutul de **apă liberă** a fost mai redus în comparație cu varianta control pentru cinci populații (Blăgești 1, Blăgești 2, Moșna, Trușești 2 și Săveni), ceea ce sugerează că reducerea conținutului de **apă liberă** a mărit capacitatea biologică de toleranță a plantelor studiate la condițiile de stres abiotic. În schimb, a avut loc o creștere a cantității de **apă legată** care a sporit rezistența plantelor la concentrația ridicată de 200 mM. În primul an de studiu toate populațiile locale (Blăgești 1, Blăgești 2, Blăgești 3, Blăgești 4, Săveni, Moșna, Trușești 2) au prezentat un grad mai ridicat de adaptare datorită cantității mari de apă legată, asimilată în condițiile unui stres salin.

În anul al doilea de studiu s-a înregistrat un conținut apropiat de apă totală la toate cele trei variante, în special la populațiile locale Blăgești 2, Săveni, Moșna și Blăgești 3. Un conținut de **apă liberă** mai redus în comparație cu varianta martor a fost înregistrat pentru patru populații locale (Blăgești 2, Blăgești 4, Săveni și Trușești 2), ceea ce demonstrează capacitatea biologică de toleranță a plantelor la stres salin. În schimb, doar trei populații locale au prezentat o cantitate mare de **apă legată**, la concentrația de 200 mM, ceea ce ne sugerează că Blăgești 2, Săveni și Blăgești 1 prezintă un grad mai ridicat de adaptare.

Ritmul de deshidratare al frunzei poate varia în funcție de însușirile morfo-anatomice și fiziologice ale frunzei și reprezintă un indiciu esențial al intensității transpirației. Plantele care prezintă rezistență la salinitate se caracterizează printr-o transpirație cuticulară și o viteză de deshidratare a frunzelor mai redusă. În primul an de studiu s-au evidențiat populațiile locale Trușești 2 și Blăgești 2. Pentru anul doi de studiu, putem

afirma că toate populații luate în studiu prezintă o capacitate bună de adaptare la condițiile de stres salin aplicate pe o perioadă lungă de timp, deoarece au înregistrat o viteză de deshidratare mai redusă în comparație cu varianta luată martor, odată cu aplicarea soluției saline de 200 mM NaCl.

Analiza conținutului de pigmenți foliari care reflectă intensitatea procesului de fotosinteză s-a realizat prin metoda spectrofotometrică și cu aparatul CCM 200 PLUS.

În primul an de experimentare, după 30 de zile de tratament salin, în cazul expunerii la 100 mM și 200 mM NaCl, rezultatele obținute la populațiile Moșna, Săveni, Trușești 2, Blăgești 4, Blăgești 2 și Blăgești 1 indică menținerea acestora în faza de stres osmotic și o bună adaptare la un ritm fotosintetic intens.

În al doilea an de studiu, aplicarea tratamentului salin de 200 mM a determinat valori superioare ale concentrației pigmenților clorofilieni pentru populațiile locale Blăgești 4, Blăgești 2, Blăgești 1 și Săveni ceea ce ne permite să concluzionăm faptul că aceste populații prezintă un potențial destul de ridicat la stresul salin aplicat.

Din rezultatele obținute, putem afirma că populațiile locale studiate se înscriu în modelul bifazic propus de Munns (1993). Astfel, trecerea de la prima fază de stres osmotic la cea de-a doua fază de toxicitate se manifestă în funcție de intensitatea stresului salin și de populația cultivată.

Conductanța stomatică foliară la fasole a fost determinată cu ajutorul porometrului SC-1. Rezultatele obținute după 15 zile și 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline au înregistrat valori care indică că cele două concentrații aplicate au influențat conductanța stomatelor, determinând diferențe semnificative între populații. Astfel, în ambii ani de studiu, conductivitatea stomatică foliară la sfârșitul tratamentului a fost în general redusă la populațiile locale de fasole, excepție făcând populația Blăgești 2, de la varianta 200 mM.

Prolina este un aminoacid care manifestă o activitate antistres în special prin efectul antioxidant. În primul an de studiu, la sfârșitul tratamentului se observă că odată cu creșterea concentrației saline, crește și concentrația prolinei în plante, la patru dintre populații locale studiate (Trușești 2, Blăgești 4, Blăgești 1, Blăgești 2), valorile oscilând între 2,80 nmol·mg s.p. și 4,70 nmol·mg sp. Totodată, se constată o creștere liniară, ce semnifică faptul că prolina are rol în mecanismul de adaptare al plantelor de fasole la stresul salin.

În anul al doilea de studiu, după 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline s-au remarcat populațiile locale Blăgești 2, Săveni și Blăgești 4; de această dată, valorile au oscilat între 9,70 nmol·mg s.p. și 12,10 nmol·mg s.p., iar acest conținut ridicat în prolină indică faptul că

aceste populații locale încearcă prin intermediul diferitelor mecanisme să dobândească rezistență la salinitate.

Natriul este un element absorbit mai lent comparativ cu alți cationi, iar nivelul lui în plante are valori mici. Rolul fiziologic al sodiului constă mai ales în reducerea transpirației. Acesta are ca funcție menținerea presiunii osmotice în celule. Insuficiența sodiului la plantele halofile se manifestă prin culoarea deschisă a frunzelor, aproape albă și prin apariția de pete necrotice. Simptomele carenței sunt vizibile la frunzele bătrâne. Astfel, în primul an de studiu, la sfârșitul tratamentului, la cele șapte populații de fasole s-a constatat că odată cu creșterea concentrației saline sporește și concentrația de Na^+ din frunze, valoarea maximă înregistrată în cazul variantei tratate cu 200 mM a fost de 0,46 mg/100 mg s.u. la populația Trușești 2, iar valoarea minimă la populația Blăgești 1, respectiv 0,25 mg /100 mg s.u.

La o parte dintre populațiile locale de fasole studiate (Blăgești 1, Blăgești 3, Săveni) s-a observat prezența unor simptome de toxicitate, ceea ce indică faptul că acestea nu sunt capabile să suporte aceste concentrații. De altfel, frunzele mature nu au capacitatea de a acumula Na^+ și a asigura protecție celulelor meristematice și celor cu creștere activă. Pe de altă parte, **clorul** este implicat în fotosinteză, cu rolul de a îndepărta oxidanții dăunători sistemelor fotochimice și stimularea transportului de electroni. Acesta are rolul de a regla potențialul osmotic menținând nivelul hidric celular. Excesul acestui microelement influențează negativ creșterea plantelor prin degradarea metabolismului glucidic (Covașă, 2016).

În cazul genotipurilor analizate, valorile conținutului de clor au fost mai mari la varianta tratată cu 200 mM NaCl, comparativ cu varianta control. Astfel, în primul an de studiu valoarea maximă atinsă a fost de 12,10 mg/100 mg s.u. la Blăgești 1, iar cea minimă a fost de 5,45 mg/100 mg s.u. la Trușești 2. În anul doi de studiu, valorile conținutului de Cl^- sunt semnificativ mai mari față de martor, la varianta tratată cu 200 mM. Valoarea maximă atinge 18,67 mg/100 mg s.u. la Blăgești 1, iar valoarea minimă este de 4,56 mg/100 mg s.u. la Blăgești 2.

Phaseolus vulgaris L. este o sursă importantă de **proteină brută**, chiar dacă această cultură este puternic afectată de salinitatea solului, dar informațiile despre genele care joacă un rol în toleranța la săruri sunt puține.

În primul an de studiu, conținutul de proteină a scăzut datorită dozele aplicate; conform studiilor de specialitate stresul salin a provocat acumularea de anioni, nitrați și aminoacizi liberi, care au determinat o sinteză a proteinelor redusă, ce a dus în final la o creștere anormală a plantelor și la un randament scăzut al populațiilor. Totuși, un procent ridicat de proteină s-a înregistrat la Trușești 2, Blăgești 2 și Blăgești 4.

ABSTRACT

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., local population, tolerance, resistance, saline stress

Earth is considered a salt planet, since about 71% of the surface is covered by saltwater; about 6% of the total area and 20% of irrigated land are affected by salinity, which is more than 800 million hectares of land affected by salinity worldwide (FAO, 2009).

The United Nations Environment Programme (UNEP) estimates that about 50% of the world's agricultural land is affected by salts (Flowers and Yeo, 1995). Soil salinity is the second major cause of soil degradation after erosion for about 10.000 years. Globally, about 2.000 hectares of arable land lose their productivity every day due to salinization. Salinity causes a 10-25% decrease in yield for many crops and can prevent the productivity of some in its entirety.

At European Union level, there are important saline soils, most of which are located around the Caspian Sea, the Carpathian Basin, the Pannonian Region and the Iberian Peninsula; here the salinity of the soil affects around 1 million ha. In Romania, saline soils were identified in 29 counties of the country, and their total area ended up being 614.000 ha.

In Romania, beans are grown from the 18th century, the most favourable areas being those of the south, south-east and south-west, in the plain area and in the meadows of the most important rivers. According to FAO statistics, *Phaseolus vulgaris* L. is cultivated on about 12.000 to 13.000 ha, with total production of 42.000 to 50.000 tonnes. It is generally adapted to moderate temperatures, precipitations of approximately 400 mM and a growth season of about 60 -120 days. The popularity of culture comes from the fact that it is relatively easy to produce, is tasty, versatile and a good source of nutrition, and with a importance nutritional, agro-technical, economic and social. At the same time, this legume is grown for both dried (field beans) and green pods (garden beans), green-ripe seeds, but also partially dried, which are fully used in human nutrition (Bârcă, 2013).

From an agrotechnical point of view, *Ph. vulgaris* it is a very important crop, because it has the property of fixing atmospheric nitrogen with the help of bacteria *Rhizobium* sp. (Munteanu, 2003).

However, *Phaseolus vulgaris* L. is a glycophyte plant and low soil salinity levels (2 dSm^{-1}) significantly reduce crop productivity (Pessarakli, 1999). At a salinity equivalent to 100 mM NaCl, plant yield is reduced by 85% (Szilaghy, 2003), although some species appear to be much more tolerant of saline stress than others (Kaymakanova and Stoeva, 2008). Bayue-los et al. (2002) reported that the increase in salinity from 0 to 180 mM NaCl decreases the germination process by 50% to species of the genus *Phaseolus*, and Dobrei et al. (2007) at *Phaseolus vulgaris* L. show a high variability in saline stress tolerance, starting from 40-46 mM NaCl up to the values between 196-207 mM NaCl. Therefore, the increase in yields of bean crops could be achieved on the basis of the selection of varieties tolerant to salinity (Fita et al., 2015).

The main aims of the thesis is a better understanding of the physiological and biochemical mechanisms involved in the tolerance to saline stress of the species *Phaseolus vulgaris* L., as well as the identification of local populations of beans tolerant to this abiotic factor, from the region of NE of Romania. Subsequently, these forms can be used to improve morphological self-sufficiency.

The doctoral thesis comprises five chapters with 198 pages, 23 tables and 86 figures, structured in two parts:

Part I includes aspects and bibliographic studies on: the problem of soil salinization and alcanization around the globe, the concept of stress, the tolerance of plants to adverse environmental conditions, the harmful action of the high concentration of salts to bean plants and other species. This part is edited on 23 pages, representing (11,%) from entire thesis and contains three figure.

Part II-a is written on 101 pages, representing (53,5%) the entire thesis, and comprises 83 figures and 23 tables. This part presents the results of own research, on the subject of the doctoral thesis.

Biological material has been collected from the following locations: Săveni, Trușești, Codreni, Copălău și Iezer, from Botoșani county, Moșna from Iași county, and Blăgești from Vaslui county. Of the 13 local populations originally collected, 7 local populations have been selected as more resilient at saline stress conditions. Thus, local populations collected from the localities Săveni, Trușești, Moșna și Blăgești, remained for research. The collection took into account the fact that the material chosen represents a local population and not a commercial species.

The research methods. During the 2017-2019 period, seven local populations of beans were studied, which were subjected to physiological and biochemical tests which followed: the foliar surface, the water content at the foliar level, foliar dehydration rate, analysis of the content of

photosynthetic pigments, stomatal conductance, the content of Na⁺ and Cl⁻ in the leaves, the proline content of the leaves, the raw protein content of the grains, soil pH and elements related to production. These determinations aim to highlight the response of these local populations to saline stress.

Experience was placed in the sera of the ICAM Iași, and laboratory analyses were carried out in 2017-2019, in the laboratory "Plant Physiology", from Faculty of Agriculture, USAMV Iași, "Institute of Research for Agriculture and the Environment" (ICAM), from Iași, and to "Food Quality Control Laboratory" of the USAMV Iași.

The bifactorial experience was established in vegetation vessels and organised in the form of randomized blocks with three repetitions. The two factors influencing the conduct of the experiment were: factor A, represented by the three concentrations of NaCl (V1- water, V2- 100 mM NaCl and V3- 200 mM NaCl) and factor B represented by the local populations studied. 372 of plants were studied in the two years of experimentation.

The determinations were carried out 15 and 30 days after the NaCl treatment.

The surface foliar is the physiological index of major importance in terms of characterising the intensity of growth processes, perspiration, respiration and photosynthesis. The effect of salinity on foliar growth was assessed by determining the surface of the leaves from the middle third of the stem using the portable Area Meter AM 300-0002.

In the first and second year of the study, the surface foliar decreased directly proportionally with applied saline concentrations, manifesting a negative effect of the salts on the leaves of the median zone, as these leaves began to grow under the effect of saline stress, as well as the fact that mineral ions have been transported with water to the areas with more intense perspiration where they accumulate, generating toxic phenomena. Higher values of the surface foliar have been recorded in the local populations Blăgești 1, Blăgești 2, Blăgești 3, Blăgești 4 and Trușești 2, which indicate good resistance to saline stress.

The evaluation of the **fructification process** was carried out on the basis of biometric indicators such as: average number of grains /plant and average weight of grains /pod.

In the first year of study, production (the number of grains per plant) was significantly influenced by the treatments of saline applied at both concentrations. At the variant treated with 200 mM the lowest values were recorded in the furry population Blăgești 4, which had a production of 93.40% of that of the witness. On the other hand, the population Săveni has registered a reduced production of 25.00% and Trușești 2 of 39.13% of the control variant.

Concentrations of 100 mM and 200 mM NaCl negatively influenced the weight of bean beans, in the case of the seven local populations studied and oscillate between 41.17% (Moşna) and 91.85% (Blăgeşti 4).

In the second year of study, the most productive populations were Blăgeşti 1, Truşeşti 2 and Săveni, to both variants. In this case the production has oscillated between 32.18% (Blăgeşti 3) and 78.12% (Săveni). The weight of grains/pods has been reduced much and this time, oscillate between 23.05% and 72.11% to both variants.

The hydraulic regime was assessed by analysing the water content of the leaves and the rate of foliar dehydration.

The analysis of the **water content** of the leaves was investigated by determining the two forms: **free and bound water**.

In the first year of study, 30 days after the application of saline treatments there was a slight increase in **total water** content for all populations, which oscillated between 59.93% and 82.30%. In this case, the population of Blăgeşti 2 and Truşeşti 2 from the 200 mM variant is noted. **Free water** content is lower compared to the control variant for five populations (Blăgeşti 1, Blăgeşti 2, Moşna, Truşeşti 2 and Săveni), indicating that the reduction of **free water** content increased the biological capacity of plant tolerance studied at abiotic stress conditions. Instead, there was an increase in the amount of **bound water** that increased the resistance of plants to the high concentration of 200 mM. In the first year of study all local populations (Blăgeşti 1, Blăgeşti 2, Blăgeşti 3, Blăgeşti 4, Săveni, Moşna, Truşeşti 2) presented a higher degree of adaptation due to the large amount of water linked, assimilated under the conditions of a salin stress.

In the second year of study, a high content of **total water** was recorded to all three variants, to the local populations Blăgeşti 2, Săveni, Moşna şi Blăgeşti 3. A lower **free water** content compared to the control variant was recorded for four local populations (Blăgeşti 2, Blăgeşti 4, Săveni, Truşeşti 2), indicating that free water increased the biological capacity of plant tolerance to salin stress. Instead, only three local populations presented a large amount of **water bound**, at the concentration of 200 mM, which suggests that Blăgeşti 2, Săveni şi Blăgeşti 1 presents a higher degree of adaptation.

The **dehydration rate of the leaf** depends on the morpho-anatomical and physiological properties of the leaf tongue and may be an indication of the intensity of perspiration. Plants with better salinity resistance are characterized by cuticular perspiration and a lower leaf dehydration rate. In the first year of the study, have been identified the populations Truşeşti 2 and Blăgeşti 4. For the second year of the study, all populations in the study have a good ability to adapt to saline stress

conditions over a long period of time, as they experienced a lower rate of dehydration compared to the control variant, to the variant 200 mM NaCl.

The analysis of the foliar pigments reflecting the intensity of the photosynthesis process was carried out by the spectrophotometric method and with the CCM 200 PLUS.

In the first year of the experiment, after 30 days of saline treatment, in the case of exposure to 100 mM and 200 mM NaCl, results obtained to the populations Moşna, Săveni, Truşeşti 2, Blăgeşti 4, Blăgeşti 2 and Blăgeşti 1, indicates their maintenance in the osmotic stress phase and good adaptation to an intense photosynthetic rhythm.

In the second year of study, the application of the 200 mM saline treatment led to higher levels of chlorophyll pigments for local populations Blăgeşti 4, Blăgeşti 2, Blăgeşti 1 şi Săveni, which allows us to conclude that these populations have a high potential for salt stress.

From the results obtained, we can say that the local populations of the beans studied fit into the biphasic model proposed by Munns (1993). Thus, the transition from the first phase of osmotic stress to the second phase of ion toxicity is based on the intensity of saline stress and the population cultivated.

Stomatal conductance has been determined with the porometer SC-1. Results obtained after 15 days and 30 days treatment showed values indicating that applied saline stress influenced stomatal conductance leading to significant differences between populations. Thus, in both years of study, foliar stomatal conductance, after 30 days of saline treatment was generally reduced to local populations of beans, except the Blăgeşti 2 from the variant 200 mM.

Prolina is an amino-acid that manifests an antistress activity in particular by the antioxidant effect. In the first year of study, at the end of treatment, it is observed that as saline concentration increases, the concentration of proline in plants increases in for of the populations (Truşeşti 2, Blăgeşti 4, Blăgeşti 1, Blăgeşti 2), values oscillating between 2.80 nmol·mg FW and 4.70 nmol·mg FW. At the same time, there is a linear increase is observed, meaning that prolina has a role in the mechanism of adaptation of plants to saline stress.

In the second year of study, 30 days after the application of saline treatments were noted local populations Blăgeşti 2, Săveni and Blăgeşti 4; this time, the values oscillate between 9.70 nmol·mg FW and 12.10 nmol·mg FW, and this high prolina content indicates that these local populations are trying through different mechanisms to gain resistance to salinity.

Sodium is a slower absorbed element than other cations, and its level in plants has low values. The physiological role of sodium is mainly found in reducing perspiration. It has the function of maintaining osmotic pressure in cells. Sodium deficiency in halophilic plants is manifested by the open colour of the leaves, almost white and the appearance of necrotic stains. The symptoms of the deficiency are visible on the old leaves. Thus, in the first year of study, at the end of treatment, to the seven bean populations, it is shown that as the saline concentration increases, so does the Na^+ concentration in the leaves, the maximum value recorded for the 200 mM variant was 0.46 mg /100 mg DW to the Trușești 2 and the minimum value to the population Blăgești 1 (0.25 mg /100 mg DW).

On the other hand, **chlorine** is involved in photosynthesis, with the role of removing oxidants harmful to photochemical systems and stimulating the transport of electrons. This has the role of regulating osmotic potential by maintaining the cellular hydraulic level, ensuring the opening of the stomates. Excess of this micro-element adversely affects plant growth by degradation of glucydic metabolism.

The chlorine content were higher to the tratament 200 mM NaCl compared to control variant. Thus, in the first year of the study, the maximum value reached was 12.10 mg /100 mg DW to Blăgești 1, and the minimum value was 5.45 mg /100 mg DW to Trușești 2. In the second year of the study, the chlorine content value are significantly higher than to the control variant, to 200 mM. The maximum value is 18.67 mg /100 mg DW to Blăgești 1 and the minimum value is 4.56 mg /100 mg DW to Blăgești 2.

Some of the local populations of beans studied (Blăgești 1, Blăgești 3, Săveni) showed signs of toxicity indicating that they are not able to tolerate these concentrations. In addition, mature leaves do not have the ability to accumulate Na^+ and to ensure protection of the meristematic and active growth cells.

Phaseolus vulgaris L., is an important source of raw **protein**, although this crop is strongly affected by soil salinity, information on genes that play a role in salt tolerance is rare. In the first year of the study, the protein content was adversely affected by the doses administered, indicating a negative effect of saline stress on all local populations studied and causing the accumulation of free anions, nitrates and amino acids, which led to a synthesis of reduced proteins, which eventually led to abnormal plant growth and low yield of populations. However, a high percentage of protein was recorded at Trușești 2, Blăgești 2 and Blăgești 4.

PARTEA I.
STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII ȘTIINȚIFICE
PRIVIND COMPORTAMENTUL PLANTELOR ÎN
CONTEXTUL SALINITĂȚII SOLULUI



PART I.
STATE OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE OF PLANT
BEHAVIOUR IN THE CONTEXT OF SOIL SALINITY

CAPITOLUL 1. CUNOȘTINȚE TEORETICE PRIVIND FIZIOLOGIA TOLERANȚEI LA EXCES SALIN A PLANTELOR

CHAPTER 1. THEORETICAL CONSIDERATIONS REGARDING THE TOLERANCE PHYSIOLOGY AT EXCES SALIN OF PLANTS

1.1. Problema salinizării și alcalinizării solului pe glob

La nivel global, aproximativ 2.000 hectare de teren arabil își pierd din productivitate în fiecare zi din cauza salinizării; aceasta duce la scăderea randamentului cu 10-25% pentru multe culturi și poate împiedica productivitatea în totalitate pentru altele. La nivelul Uniunii Europene există importante areale cu soluri saline, cele mai multe sunt situate în jurul Mării Caspice, Bazinului Carpatic, Câmpiei Panoniei și Peninsulei Iberice; aici salinitatea solurilor afectează în jur de 1 milion de ha.

Salinizarea reprezintă acumularea în sol a sărurilor solubile în apă, ce conțin ioni precum: potasiu (K^+), magneziu (Mg^{2+}), calciu (Ca^{2+}), sodiu (Na^+), clor (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}), carbonat (CO_3^{2-}), bicarbonat (HCO_3^-) (<http://soco.jrc.ec.europa.eu>); alcalizarea (solonețizare) înseamnă înlocuirea cationilor bivalenți (Ca^{2+} și Mg^{2+}) din complexul adsorbativ al solului cu Na^+ , iar solodizarea este procesul prin care are loc înlocuirea natriului schimbabil cu hidrogenul. Sărăturarea cuprinde salinizarea și/sau alcalizarea, ori și una și alta (Sandu, 1984).

Solurile saline ("*saline soils*") reprezintă solurile care conțin săruri solubile în cantități suficiente pentru a interfera cu creșterea celor mai multe plante de cultură, dar nu conțin suficient Na^+ pentru a altera considerabil caracteristicile solului (Poljakoff-Mayber et al., 1975). Aceste soluri au o conductivitate electrică (CE) a extractului saturat de sol mai mare de 4 mS/cm (40 meq/l) și un procentaj de Na^+ schimbabil (ESP) mai mic de 15%. Totodată, solurile saline-alcalice ("*saline alkali soils*") sunt solurile a căror conductivitate electrică (CE) a extractului saturat de sol este mai mare de 4 mS/cm și al căror ESP este mai mare de 15%. pH-ul acestor soluri este de obicei mai mic de 8,5. Aceste categorii de soluri sunt incluse în clasa "*salidels*" și sunt definite ca "*alte aridisoluri care au un orizont salic, cu o limită superioară de circa 100 cm din profilul solului*" (Grigore, 2008).

Abordarea salinizării solului prin îmbunătățirea practicilor privind solul, apa și gestionarea culturilor este importantă pentru realizarea securității alimentare și pentru evitarea deșertificării (Shabbir et al, 2018). Dacă terenurile saline se vor extinde, 50% din terenurile cultivabile se vor pierde la mijlocul secolului XXI (Flowers, 1999; Jamil et al., 2011; Mahajan and Tuteja, 2005;), ceea ce determină pierderi economice de cca. 13 miliarde de dolari pe an (Ghassemi et al., 1995). De altfel, zonele aride sau de deșert reprezintă 25% din suprafața terestră a planetei (Zhu, 2001; Lluch et al., 2007). Prin urmare, salinitatea este unul dintre cei mai semnificativi factori abiotici care limitează productivitatea culturilor, salinizarea fiind un proces frecvent care constituie o constrângere majoră pentru producția alimentară (Munns, 1993; Gama et al., 2007).

În regiunile calde și uscate ale lumii, solurile sunt în mod frecvent saline și au un potențial agricol scăzut. În aceste zone majoritatea culturilor sunt irigate, iar pentru a exacerba problema, managementul inadecvat de irigare duce la o salinizare secundară (Glick et al., 2007).

Suprafețele cultivate se reduc în mod constant din cauza condițiilor de mediu nefavorabile și a schimbărilor climatice globale (Hasanuzzaman et al., 2013), iar stresul salin este unul dintre principalii factori care limitează productivitatea plantelor în regiunile aride și semi-aride (Lluch et al., 2007) și are efecte nocive directe asupra a numeroase specii vegetale (Keck et al., 1984; Cordovilla et al., 1994).

Efectele dăunătoare ale salinității excesive asupra creșterii plantelor sunt asociate cu potențialul osmotic scăzut al soluției solului, dezechilibrul nutrițional, efectul ionic specific sau o combinație a acestor factori (Ashraf, 1994; Marschner, 1996). Toate acestea cauzează efecte adverse asupra creșterii și dezvoltării plantelor la nivel fiziologic, biochimic (Levitt, 1980; Gorham et al., 1985; Munns, 2002) și molecular (Winicov, 1998; Tester and Davenport, 2003). În aceste condiții, plantele de cultură nu vor crește la concentrații mari de săruri, ci doar halofitele, "*plantele iubitoare de săruri*" se vor dezvolta în concentrații de NaCl mai mari de 400 mM (Marschner, 1996). Există un spectru de toleranță la săruri foarte larg, de la cele mai sensibile plante, care sunt afectate sever, chiar de o concentrație mică de $50 \text{ mol}^{-3} \text{ NaCl}$, până la cele capabile să-și termine ciclul lor de viață în condițiile unei concentrații de $500 \text{ mol}^{-3} \text{ NaCl}$.

Salinitatea afectează în mare măsură producția vegetală, în funcție de nivelul de salinitate și de stadiul critic de toleranță al culturilor. În diverse studii s-a urmărit efectele salinității asupra proceselor fiziologice ale plantelor și asupra efectelor ulterioare, cu privire la randamentul acestora (Greenway și Munns, 1980; Shannon și colab., 1994; Neumann, 1995). Astfel, s-a constatat că salinitatea reduce capacitatea plantelor de a utiliza

apa și determină o scădere a ratei de creștere, precum și modificări ale proceselor metabolice ale plantelor (Munns, 1993; Munns, 2002). Mai mult decât atât, salinitatea diminuează creșterea și randamentul productiv, în funcție de speciile de plante, de nivelurile de salinitate aplicate și de ioni din compoziția sărurilor (Yadav și colab., 2010).

Solonceacurile, denumite și soluri saline, saline-alcalice, se caracterizează fie prin acumularea sărurilor solubile în orizontul superior (0-20 cm) peste 1g/100 g sol, cu repartiție relativ uniformă pe profil, fie prin existența unui orizont salic. În compoziția chimică a sărurilor predomină clorurile (NaCl , CaCl_2), sulfatii (Na_2SO_4 , MgSO_4), carbonatii (Na_2CO_3), bicarbonatii (NaHCO_3), nitratii și borații (Sandu, 1984). Conținutul de săruri solubile la suprafața solonceacurilor depășește 1-1,5 g/100 g sol, în funcție de compoziția ionică și nocivitatea sărurilor solubile acumulate (Florea, 1963).

În secolul trecut, procesele de degradare fizică, chimică și/sau biologică a terenurilor au avut consecințe grave asupra resurselor naturale globale (de exemplu, compactarea, contaminarea anorganică/organică și diminuarea activității/diversității microbiene). Suprafața solurilor deteriorate continuă să crească în fiecare an datorită introducerii de irigații în zone noi (Patel et al., 2011). De aceea, o provocare majoră față de agricultura mondială implică producerea cu 70% mai multe culturi alimentare pentru încă 2,3 miliarde de oameni până în 2050, în întreaga lume (FAO, 2009).

❖ Cauzele salinității solului

În acest moment, acumularea sărurilor reprezintă una dintre principalele amenințări pentru ecosisteme. În acest sens, factorii care duc la acumularea excesivă de săruri în sol pot fi naturali sau antropogeni, și au un impact major asupra productivității agricole, sănătății mediului și bunăstării economice.

După Shabbir et al., (2018), pot exista multe cauze ale acumulării sărurilor în soluri; cele mai frecvente surse sunt enumerate mai jos: solul salin (material parental); irigarea cu apă salină; infiltrarea apei de mare în țărmurile de coastă, precum și în stratul acvifer ca urmare a supraexploatării și suprautilizării apei; o drenare restricționată a apei; evaporarea de suprafață și transpirația plantelor; vaporii condensați din apa de mare care cad pe sol ca precipitații; suprasolicitarea solului cu îngrășăminte (chimice și gunoi de grajd); utilizarea amendamentelor pentru sol (var și gips); utilizarea nămolurilor de epurare ca fertilizanți.

❖ Aspecte privind sărăturarea solului pe teritoriul țării noastre

Solul reprezintă o resursă naturală importantă în contextul dezvoltării durabile. Procesele de degradare, respectiv salinizarea și alcalinizarea, limitează potențialul agro-ecologic al solului și prezintă un risc socio-economic pentru dezvoltarea durabilă a unei țări (Varallyay, 2002).

Sărăturarea solului este un proces frecvent întâlnit și la noi în țară, astfel că suprafețele afectate de exces de salinitate sunt de circa 400.000 ha. Totodată, fiecare regiune geografică din România prezintă unele caracteristici particulare geologice, litologice, hidrogeologice și biologice, care influențează migrarea și acumularea sărurilor în soluri și apele freactice. Astfel, în județul Vaslui, solurile sărăturate însumează suprafața de 2.723 ha; aceste suprafețe se găsesc în zona luncii Prutului (Albița-Fălciu) și în partea sudică a bazinului hidrografic al râului Bârlad (Banca, Blăgești, Găgești, Mălușteni și Tutova). În județul Iași, solurile salinizate ocupă o suprafață de circa 55.000 ha și se găsesc în luncile Siretului și Moldovei (<http://www.icpa.ro>), iar în județul Botoșani, sărăturile ocupă o suprafață de 63.098 ha și sunt localizate pe aluviunile văilor dar și pe versanți (<http://www.isubotosani.ro>).

Conform lui Toth și colab. (2008), delimitarea solurilor saline a cuprins soluri cu denumiri ce indică prezența salinizării (Fig.1.1.), după cum sunt prezentate: solurile solonceac ce au un orizont salic în primii 50 de cm adâncime de la suprafața solului; solurile salice care au un orizont salic în primii 100 de cm adâncime de la suprafața solului și solurile petrosalice care au în primii 100 de cm adâncime de la suprafața solului un orizont de 10 cm cu săruri cimentate mai solubile decât ghipsul (Teșileanu și Fedorca, 2016).

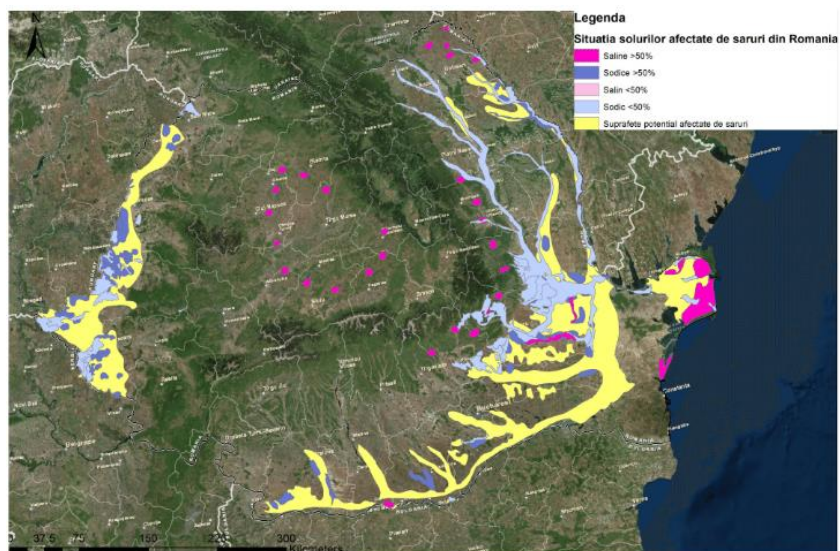


Fig. 1.1. Harta solurilor afectate de săruri din România (Tort și colab., 2008)

Fig. 1.1. Map of salts affected soils in Romania (Toth et al., 2008)

1.2. Cercetări privind conceptul de stres și aspecte privind importanța studierii toleranței la salinitate

Stresul ambiental este privit ca orice modificare în cadrul condițiilor de creștere din habitatul natural al planetei, modificare ce perturbă sau întrerupe starea de homeostazie metabolică. Asemenea modificări în timpul creșterii necesită o reglare a căilor metabolice, care are ca scop dobândirea unei noi stări de homeostazie (Mittler, 2006).

În fiziologia plantelor, prin termenul de "stres" se subînțelege oricare factor, ce tulbură funcționarea normală a organismului (insuficiența sau excesul de umezeală, devierea temperaturii de la valoarea optimă pentru viața plantelor, deficitul sau surplusul elementelor minerale etc). În astfel de cazuri se poate vorbi de stres hidric, termic și salin (Kramer, 1980). În alt studiu, Steponkus (1981) relatează că factorii de stres condiționează apariția diferitelor anomalii fizico-chimice în celulele organismului vegetal, care duc la afectarea structurilor sau pierderea funcțiilor metabolice.

Totodată, Timmerman and Steelin (1984) consideră "stres" toate acțiunile externe care diminuează sau frânează complet formarea substanțelor organice în diferite părți ale plantei. Wallace (1986) consideră o manifestare a stării de stres, dereglarea absorbției și utilizării apei și a elementelor minerale, în urma căreia se limitează obținerea recoltelor potențial înalte. Conform lui Zonghin Lu and Newmann (1999) stresul determină inhibarea creșterii plantelor sub influența factorilor nefavorabili, ducând la reducerea accesibilității apei. Așadar, de cele mai multe ori stresul este măsurat în factori care limitează creșterea sau este definit ca un factor extern care exercită o influență nefavorabilă (Taiz and Zeiger, 1998).

Генкель (1982), citat de Ștefîrță (2002) este cel care pentru prima dată a folosit termenul "fitostres" în sens de reacție a organismului vegetal la acțiunea condițiilor nefavorabile de existență. Acesta denumeste factorii nefavorabili "stresori", iar reacția organismului vegetal la orice deviere de la normă – stres. Tot după Генкель (1982) factorii externi pot acționa timp îndelungat sau o perioadă scurtă de timp, dar pot să aibă un impact puternic.

În primul caz se manifestă mecanismele specifice ale rezistenței, iar în al doilea caz, cele nespecifice. Răspunsul nespecific al plantei constituie reacția de stres. În legătură cu această afirmație, Костюк and Михеев (1997), citat de Ștefîrță (2002) atenționează despre dependența reacției nespecifice a organismului, de "sensibilitatea" lui, "nivelul critic de rezistență", precum și de "starea inițială" a organismului. Așadar, "stresul" poate fi definit ca un proces și totodată ca un rezultat al trecerii sistemului biologic într-o stare nouă sub influența factorilor mediului de o intensitate critică (Ștefîrță, 2002).

Pragul de salinitate este caracterizat ca fiind punctul concentrației sărurilor la care abilitatea plantelor de a supraviețui și de a se reproduce nu mai este asigurată (Pasternak, 1990). Dar, supraviețuirea și reproducerea unei specii nu sunt întotdeauna împiedicate la același nivel de salinitate (Tazuke, 1997). În general, clasificarea toleranței la salinitate a speciilor de cultură se bazează pe pragul conductivității electrice și pe productivitate care scade sub nivelul acestui prag (Greenway and Munns, 1980).

Studiile comparative care corelează răspunsurile la stres cu toleranța relativă a taxonilor legați genetic de specii diferite din același gen, varietăți sau soiuri diferite ale aceleiași specii, pot fi extrem de utile pentru a defini acele mecanisme care sunt cele mai relevante pentru toleranța la salinitate la o anumită cultură (Gil et al., 2013). Răspunsurile la stres depind de stadiul de dezvoltare a plantelor (Läuchli et al., 1992). În timpul primelor etape de dezvoltare, plantele tinere sunt, în general, mai sensibile la stres decât plantele adulte și ar trebui să fie mai ușor să se detecteze diferențele în toleranța relativă a soiurilor investigate.

Totodată, rezistența plantelor la salinitate este determinată de însușirile morfo-anatomice și fiziologice, care ajung să le asigure toleranța la concentrații semnificative de săruri, ce poartă numele de caractere de halomorfism (Covașă, 2016).

Toate plantele sunt sensibile la o anumită concentrație de săruri, dar pragul critic de concentrație variază de la specie la specie și în interiorul speciei de la plantă la plantă. Sensibilitatea plantelor depinde de: specie, stadiul de dezvoltare și durata stresului osmotic (Eynard et al. 2006).

Plantele halofile exprimă, etimologic, afinitatea față de săruri și nu implică nuanța existenței unui factor perturbator în creșterea și dezvoltarea halofitelor. În schimb, glicofitele pot fi puse mai ușor în relație cu stresul salin; acestea sunt afectate de concentrațiile ridicate de săruri, ceea ce ne îndreptățește să considerăm modificările fiziologice, metabolice și chiar structurale ale acestora ca un răspuns la stresul salin (Grigore, 2008).

O diferență majoră între halofite și glicofite este reprezentată de capacitatea primelor de a face față șocului salin (osmotic), iar această abilitate le permite să-și dobândească mult mai repede starea metabolică permanentă când cresc în medii salinizate (Niu et al., 1993). De altfel, celulele glicofitelor manifestă și ele capacitatea de a tolera sărurile, demonstrând faptul că impunerea stresului este graduală (Amzallag et al., 1990). Glicofitele restricționează migrarea ionilor către părțile aeriene printr-un control al influxului de ioni în xilemul rădăcinii, în timp ce halofitele tind să absoarbă Na^+ , ceea ce explică de ce rădăcinile au de obicei concentrații mult mai scăzute de NaCl decât restul organelor plantei (Adam et al., 1992).

În literatura de specialitate s-a făcut o distincție clară între halofite și glicofite. Etimologic, halofitele, desemnează „*plantele iubitoare de săruri*” (*hals-sare*; *phyton*-planta; *philcin*-a iubi), în timp ce glicofitele sunt plante care preferă substraturile „*dulci*”. De altfel, sunt plante care sunt afectate sever de o concentrație mică de $50 \text{ mol}^{-3} \text{ NaCl}$, dar sunt plante care sunt capabile să se dezvolte la concentrații de $500 \text{ mol}^{-3} \text{ NaCl}$ (Sharma and Gupta, 1986). Jennings (1976) spune despre halofite că sunt, „*flora nativă a mediilor saline*” (Grigore, 2008).

Schimper (1903) definește halofitele ca fiind plantele capabile să-și definitiveze ciclul biologic pe un substrat bogat în NaCl. Khan and Duke (2001) le caracterizează ca organisme specializate, având trăsături morfologice și fiziologice care le permit să se reproducă pe soluri cu mari concentrații de săruri. După Flowers and Colmer (2008), halofitele au fost definite ca specii care supraviețuiesc și se reproduc în medii a căror concentrație este de cca. 200 mM NaCl.

1.3.Acțiunea dăunătoare a concentrației ridicate de săruri asupra plantelor

Schubert (2011) după Munns (1993) specifică că reacția plantelor la salinitate are loc în trei faze: faza zero se caracterizează prin adaptarea plantelor la un șoc osmotic pe termen scurt la stresul declanșat de săruri; în a doua fază are loc reducerea creșterii, datorită stresului osmotic provocat de sărurile din soluția externă la nivelul rădăcinii, iar în a treia fază are loc modificarea intensității transpirației, care are loc în funcție de genotip și de toxicitatea ionică la nivelul foliar. Astfel, concentrația crescută de săruri reduce în jurul sistemului radicular potențialul osmotic al apei, îngreunând în cele din urmă absorbția apei de către plante (efect osmotic), respectiv induce simptome de toxicitate (efectul ionic), rezultate din echilibrul metabolic și senescență prematură a frunzelor. Pe parcursul celor trei faze pot fi observate o serie de modificări moleculare și fiziologice, respectiv: scăderea conductivității stomatice și a conductanței hidrice radiculare, reajustarea balanței hidrice prin sintetizarea unor compuși osmoactivi, reajustarea ratei de creștere, tulburări nutriționale, precum și schimbarea concentrației pigmentilor fotoasimilatori (Munns and Tester, 2008; Galani, 2014).

De altfel, în abordarea reacției fiziologice a plantelor la salinitate se poate utiliza modelul trifazic, propus de Schubert (2011), după care reacționează plantele, în special în cazul culturii hidroponice, sau modelul bifazic, în care faza zero lipsește, model utilizat și în studiile de față, deoarece se pretează mai bine la tipul de experiență folosit (Fig.1.2.).

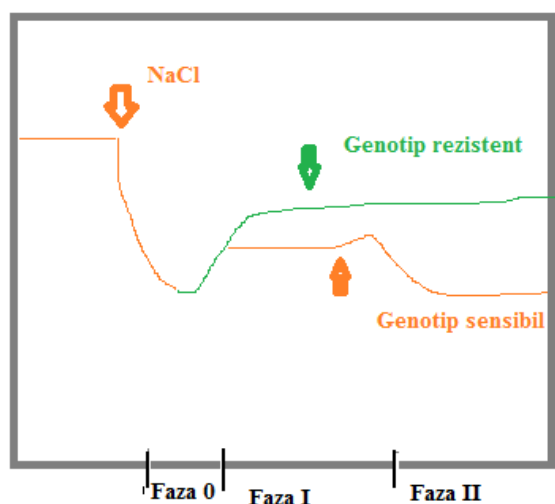


Fig. 1.2. Modelul bifazic de răspuns a plantelor la stresul salin (Schubert, 2011)

Fig. 1.2. The biphasic model of plant response to saline stress (Schubert, 2011)

Salinitatea crescută induce un stres atât hiperionic, cât și hiperosmotic, care pot avea drept consecință moartea plantei (Glen et al., 1999).

Ionii în cauză Na^+ și Cl^- sunt considerați, osmoliți agresivi, pe baza diametrelor lor ionice mici și a tendințelor lor puternice de a atrage apa (Schulze et al., 2002), iar concentrațiile ridicate ale acestor ioni în apoplast conduc la dezechilibre în relațiile hidrice și ionice. Acești ioni pot cauza toxicitate pe mai multe căi: acționând ca antimetaboliți; legând sau precipitând diferiți metaboliți; catalizând descompunerea rapidă a elementelor esențiale; prin combinarea cu membranele celulare și afectându-le astfel permeabilitatea, înlocuind elementele esențiale, fără a putea însă să le suplinească și funcțiile. Astfel, salinitatea ridicată cauzează un deficit hidric intern, iar plantele care sunt afectate de un astfel de stres salin pot să dezvolte câteodată structuri xeromorfe. În acest sens, Schimper (1903) a vorbit despre "seceta fiziologică", respectiv apariția unor caracteristici comune, atât la plantele de deșert, cât și la plantele halofile, în care reducerea absorbției apei conduce la unele modificări în anatomia plantelor, fiind vorba de succulență, reducerea suprafeței foliare și o păslă de peri absorbantă.

În același timp, potențialul osmotic al sevei, considerată la nivelul frunzelor plantelor crescute în condiții saline, se modifică în sensul menținerii unui gradient constant al potențialului hidric între frunze și sol (Slatyer, 1961, cit. de Poljakoff-Mayber et al. Gale, 1975). Ulterior, s-a demonstrat și reglarea potențialului osmotic în rădăcini, dar dezechilibrul hidric nu poate fi implicat în răspunsul față de salinitate, iar pipernicirea

plantelor, producțiile scăzute, arderea sau cloroza frunzelor se datorează potențialului osmotic al celulei (Grigore, 2010).

1.4. *Phaseolus vulgaris* L. în contextul stresului salin

La nivel global, productivitatea culturilor agricole este inhibată de stresurile abiotice și biotice (Gong et al., 2013), care afectează răspândirea speciilor de plante, în diferite zone de mediu (Chaves et al., 2003). În această situație, legumele sunt necesare acum mai mult decât oricând (Arnoldi et al., 2014; Araujo et al., 2015). Leguminoasele sunt culturi foarte importante pentru alimentație, cunoscute pentru beneficiile lor pentru sănătate (Arnoldi et al., 2014), ingredient vital al dietelor și nu numai (Vaz Patto et al., 2014), dar și ca furaj pentru animale, în producerea de carne și lapte de înaltă calitate (Boelt et al., 2014).

Genul *Phaseolus* L. include numeroase specii sălbatice și cultivate, originare din Lumea Nouă, fiind cultivate pe toate continentele, cu excepția Antarcticii, în condiții climatice foarte diverse (Debouck, 1999). Acest gen are aproximativ 50 de specii (Delgado, 1985; Lackey, 1983), fiind o sursă importantă de proteine, în zone care variază de la mai puțin de un hectar până la sute, oferind trei recolte majore pe an.

Din categoria plantelor leguminoase, *Phaseolus vulgaris* L. este de departe cea mai importantă (Broughton et al., 2003), dar este considerată o specie sensibilă la salinitate, în comparație cu alte specii (Bouazid and Chaabane, 2012). De altfel, seceta și salinitatea solului, reprezintă o cauză majoră a pierderilor de producție la genul *Phaseolus* (Maas and Hoffman, 1977; De Pascale și colab., 1997; Szilagyi, 2003; Gama et al., 2007; Kaymakanova and Stoeva, 2008). *Ph. vulgaris* este o plantă glicofilă, iar nivelurile scăzute de salinitate a solului (2 dSm^{-1}) reduc semnificativ productivitatea culturilor (Pessarakli, 1999). La o salinitate echivalentă cu 100 mM NaCl, randamentul plantelor a scăzut cu 85% (De Pascale et al., 1997; Szilaghy, 2003), deși unele soiuri par a fi mult mai tolerante față de stresul salin, decât altele (Kaymakanova and Stoeva, 2008). Prin urmare, creșterea productivității culturilor de fasole ar putea fi făcută pe baza selecției soiurilor tolerante la salinitate (Fita et al., 2015). Bayue-los et al. (2002) au raportat faptul că, creșterea salinității de la 0 la 180 mM NaCl scade procesul de germinare cu 50% la speciile din genul *Phaseolus*, iar cercetările făcute de Dobrei și colab. (2007) arată că *Phaseolus vulgaris* L. prezintă o mare variabilitate în privința toleranței la stres salin, pornind de la 40 - 46 mM NaCl până la valori cuprinse între 196-207 mM NaCl.

Cu toate acestea, fasolea ca și alte leguminoase sunt considerate culturi adecvate pentru creșterea bioproductivității și recuperarea terenurilor

marginale, pentru că ele nu sunt numai o sursă majoră de proteine, vitamine, minerale și fibre, ci sunt cunoscute pentru că îmbogățesc solul în azot, în urma simbiozei cu bacteriile din genul *Rhizobium*.

Salinitate se așteaptă să crească în viitorul apropiat, cel puțin în regiunile aride și semiaride, datorită schimbărilor climatice (IPCC, 2014), iar agricultura de subzistență în țările în curs de dezvoltare va fi afectată în mod special (Morton, 2007).

1.5. Studii asupra mecanismelor biochimice și fiziologice privind reacția de răspuns a plantelor de fasole la stresul salin

Salinitatea este considerată un concept generic, care este folosit în vorbirea curentă pentru a desemna principalul factor de constrângere asupra plantelor, fiind factorul ecologic ce permite legarea aproape involuntară a halofitelor de mediul lor de viață, iar dereglările proceselor metabolice din plante, au determinat cercetătorii din întreaga lume cât și din România să studieze cu interes acest factor abiotic.

Studiile au avut ca scop înțelegerea mecanismelor prin care plantele reacționează la stresul salin. De asemenea, s-a urmărit identificarea unor metode prin care se poate îmbunătăți capacitatea acestora de a face față salinității. Reușita cercetărilor ar putea însemna extinderea cultivării plantelor pe suprafețele afectate de salinizare, posibilitatea utilizării apei mărilor și oceanelor, o sursă vastă pentru irigarea culturilor și, în final creșterea producției mondiale de biomasă.

Datorită celor enunțate anterior, în acest subcapitol sunt prezentate cercetări care au vizat comportarea speciei *Phaseolus vulgaris* L. și a altor specii în condiții de stres salin. Astfel, studiile realizate au avut ca scop înțelegerea mecanismelor fiziologice implicate în toleranța fasolei la acest factor abiotic și identificarea unor cultivare valoroase ce pot fi ameliorate și utilizate pe terenurile supuse salinizării.

Cele mai frecvente procese fiziologice și biochimice urmărite la plantele supuse stresului salin sunt: creșterea organelor subterane și aeriene, conținutul de pigmenți fotosintetici, de prolină și de apă la nivel foliar. De aceea, în continuare se vor prezenta cele mai recente studii cu privire la aceste aspecte, punându-se accent pe reacția plantelor de fasole la stresul salin.

1.5.1. Efectele salinității asupra nutriției minerale a plantelor

Tratamentele saline aplicate plantelor confirmă ipoteza conform căreia necrozele care apar pe suprafața frunzelor sunt determinate de excesul de Na^+ . Stresul salin reduce în general și concentrația de K^+ , Ca^{2+} și Mg^{2+} de la nivelul plantelor supuse acestui stres (Slabu, 2005).

Pentru a exemplifica rolul fertilizării cu K^+ în ameliorarea efectelor nocive ale salinității, Dawood et al. (2014) au studiat însușirile fiziologice și biochimice a două linii consangvinizate recombinante (LCR) de fasole comună (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivate în condiții de stres salin. Rezultatele au arătat că nivelurile de salinitate de 25 mM și 50 mM au cauzat reduceri semnificative ale numărului de păstăi pe plantă, ale greutateii păstăilor în stare proaspătă și uscată, ale masei lăstarilor, precum și ale concentrației de pigmenți fotosintetici, comparativ cu plantele irigate cu apă de la robinet. În schimb, aplicarea unei doze de 150 mg K_2O/kg sol a atenuat efectele dăunătoare ale salinității asupra producției și a conținutului de pigmenți fotosintetici. Ambele nivele de salinitate și tratamentul cu K^+ au determinat creșteri semnificative atât ale concentrației prolinei, aminoacizilor liberi și a concentrației de carbohidrați, cât și ale activității peroxidazei și polifenol-oxidazei, în raport cu plantele martor. De asemenea, cele două linii consangvinizate au prezentat o diminuare a concentrației în compuși fenolici din cauza salinității și/sau aplicării K^+ , comparativ cu martorul, iar raportul ionic K^+/Na^+ a scăzut semnificativ pe măsură ce nivelul salinității a crescut și s-a mărit considerabil sub tratamentul cu K^+ .

Bouzi and Chaabane (2012) sunt de părere că molibdenul (Mo) este implicat în biosinteza mai multor enzime necesare creșterii majorității organismelor vii. În acest sens, s-a încercat să se elucideze efectul diferitelor concentrații de molibden (M0:0 ppm, M1:0.1 ppm, M2:0.2 ppm și M3:0.4 ppm) prin adăugarea de molibdat de amoniu, urmând mai apoi ca *Phaseolus vulgaris* var. *Djedida* să fie supusă stresului salin, prin furnizarea a cinci tratamente cu NaCl (T0:0 g, T1:3 g/l, T2:6 g/l, T3:9 g/l și T4:12 g/l) în apa de irigare. Pentru a evidenția răspunsul plantelor la concentrațiile de NaCl aferente s-a efectuat o analiză a conținutului de clorofilă totală (Chl (a + b)) prin intermediul spectrofotometrului. În urma studiului s-a ajuns la concluzia că plantulele de fasole au fost capabile să mențină un nivel optim de clorofilă totală, iar parametrii morfologici nefiind afectați, în condițiile unei concentrații de săruri de 3 g/l, deoarece în prezența molibdenului, este atenuat efectul negativ al NaCl. Astfel, s-a concluzionat faptul că prezența molibdenului în concentrații de 0,1 ppm și 0,2 ppm, în mediul de cultură la *Phaseolus vulgaris* L. irigată cu apă salină a crescut conținutul de clorofilă și randamentul biomasei plantelor. În alte cercetări, deficitul de molibden a dus la o scădere a conținutului de clorofilă în frunzele de spanac.

Alt studiu a constatat în evidențierea regulatorilor de creștere, care joacă un rol crucial în reducerea efectelor adverse ale salinității. Efectele irigării cu apă salină și a vitaminei B12 au fost evaluate pe baza unor parametri de creștere și a atributelor biochimice ale fasolei comune

(*Phaseolus vulgaris* L.), de către Keshavarz et al. (2017). În cadrul studiului, diferite semințe de fasole au fost îmbibate în două concentrații de vitamină B12 (11 și 22 mM), iar apoi au fost puse la germinat în vase Petri. Toate vasele au fost amplasate într-o cameră de creștere. După patru săptămâni, o parte dintre semințe au fost supuse stresului salin, folosindu-se concentrația de 75 mM NaCl. Plantele rămase ca martori, au fost irigate cu apă distilată. S-au analizat suprafața frunzelor, lungimea rădăcinii, substanța uscată, activitatea enzimatică antioxidantă, conținutul de proteine, clorofila și carotenoidele, peroxidarea lipidelor și acumularea de prolină. Rezultatele au demonstrat că aplicarea vitaminei B12 a oferit o protecție semnificativă împotriva stresului salin în comparație cu plantele netratate. Conform rezultatelor, activitatea enzimatică antioxidantă, peroxidarea lipidică, acumularea de carotenoide și de prolină au crescut datorită NaCl, în timp ce cantitatea de proteină, clorofilă și carotenoizii a scăzut. Proteina din rădăcină și conținutul de carotenoizi din frunze nu au fost afectate de tratamentul cu vitamine, în condiții de stres salin. Aceste rezultate sugerează că vitamina B12 poate juca rolul unui antioxidant eficient care reglează balanța osmotică, sporind astfel rezistența plantei de fasole la salinitate (Keshavarz et al. (2017).

Ben-Gala et al. (2009) au urmărit efectul creșterii concentrațiilor de NaCl și CaCl₂ singure sau în combinații echinormale, asupra a trei specii diferite de plante: fasole, porumb și pepene galben. Porumbul și pepenele galben s-au dovedit a fi relativ tolerante, iar fasolea mai sensibilă. Pentru cele trei specii, curbele de răspuns ale productivității, în funcție de nivelul de soluții echipotențiale de NaCl, CaCl₂ sau combinații ale celor două săruri, practic s-au suprapus. Autorii studiului au ajuns la concluzia că prezentarea și interpretarea răspunsului plantei întregi la salinitate în termeni de potențial osmotice, în plus față de frecvența de utilizare a electroconductanței este benefică în încercarea de a diferenția efectele osmotice și toxice ale salinității, cu scopul standardizării colecțiilor de date și al creșterii relevanței acestora pentru aplicațiile practice.

Ortiz et al. (1993) au analizat efectele stresului salin la o concentrație de 80 mM NaCl, dar și a calciului asupra compoziției lipidelor în rădăcinile plantelor de fasole (*Phaseolus vulgaris* L.). În acest sens au fost analizate cele patru fosfolipide majore, și anume fosfatidilcolina (PC), fosfatidifetanolamină (PE), fosfatidilserina (PS) și fosfatidilglicerol (PG). Conținutul acestor fosfolipide a fost găsit, în general, într-o concentrație scăzută sau a rămas nemodificat, ca o consecință a tratamentului cu soluție salină. Conținutul de PC și PE depinde de concentrația de calciu, în timp ce conținutul PS și PG au rămas neafectate de tratamentul cu calciu.

Aydin et al. (2012) au studiat efectul variației cantităților de acid humic (0,05 și 0,1% g/g) asupra unor proprietăți agrofiziologice și a echilibrului ionic al plantelor de fasole sub diferite doze de săruri. Plantele au fost tratate cu NaCl, Na₂SO₄, CaCl₂, CaSO₄, KCl, K₂SO₄, MgSO₄, folosindu-se patru concentrații diferite (0, 30, 60 și 120 mM) timp de 60 de zile. Cele mai mari doze de sare, respectiv 120 mM de NaCl, CaCl₂, MgCl₂, KCl și dozele de acid humic (0,05 și 0,1%) nu au cauzat moartea plantelor, cu excepția CaCl₂. Conținutul total de clorofilă și nitrați din plante a scăzut odată cu creșterea dozei de săruri. În schimb, conținutul de prolină din plante a crescut odată cu creșterea dozei de săruri și cea mai mare valoare a fost obținută pentru aplicarea NaCl. Acidul humic adăugat în solurile saline a îmbunătățit semnificativ variabilele afectate de salinitate ridicată. Rezultatul sugerat de cercetători este că acidul humic are un mare potențial în ameliorarea stresului salin, dar și asupra parametrilor de creștere a plantelor, în solurile saline din zonele aride și semi-aride.

Imamul and Larher (1983) au analizat adaptarea, creșterea și modificările în compoziția minerală a speciei *Phaseolus aureus* L. sub influența a șase nivele de NaCl, variind de la 10 la 200 mM. În urma studiului, plantele au tolerat o concentrație până la 150 mM NaCl, în mediul de creștere, cu toate că, creșterea și compoziția minerală au fost afectate negativ. Acumularea de Na⁺ în țesutul vegetal a crescut odată cu creșterea concentrației de NaCl, ajungând la concentrații toxice și inhibând transportul de ioni anorganici diferiți. K⁺ a constituit numai 10% din conținutul total de minerale din plantele cultivate la 150 mM NaCl față de 55% în cazul plantelor control. Comportamentul *P. aureus* în condițiile stresului de sare este discutabil.

Tot în studiile realizate de Imamul and Larher (1983), *Phaseolus aureus* L. a tolerat până la 150 mM NaCl, dar cu o creștere redusă și o acumulare de diverse substanțe solubile organice caracteristice condițiilor de stres. În consecință, producția de solvenți organici, cum ar fi asparagina, prolina, glicina, betaina și aminoacizii liberi, a fost diferită de cea de la plantele control. Reducerea creșterii s-a datorat "excesului de ioni" din plante. NH₄⁺ a dus la o acumulare crescută de asparagină. K⁺, NO₃⁻ și asparagina au jucat un rol-cheie, în timp ce zaharurile au un rol minor.

Alte studii au vizat efectul salinității asupra creșterii, fixării azotului (N) și a conținutului de minerale la patru leguminoase: bobul (*Vicia faba* L.), mazărea (*Pisum sativum* L.), soia (*Glycine max* L.) și fasolea (*Phaseolus vulgaris* L.). Plantele au fost crescute într-un sistem de cultură cu vermiculit cu o soluție nutritivă fără N, cu adăugare de 0, 50 și 100 mM NaCl, fiind apoi recoltate la începutul perioadei de înflorire; s-a evaluat greutatea uscată a lăstarilor și a rădăcinilor, cât și activitatea de

reducere a acetilenei; în același timp s-au analizat conținutul de N (azot), potasiu (K^+), calciu (Ca^{2+}), magneziu (Mg^{2+}) și sodiu (Na^+). Inhibarea creșterii prin tratamente cu NaCl a fost mai mare pentru mazăre decât pentru alte leguminoase, în timp ce soia a fost cea mai tolerantă. Stresul salin a afectat conținutul de N în lăstari și rădăcini. Conținutul de N s-a acumulat în lăstari, iar Na^+ în rădăcinile celor patru legume testate, în timp ce K^+ s-a acumulat în ambele organe. Legumele cele mai sensibile au fost *P. sativum* și *V. faba*, care au acumulat Ca^{2+} în lăstari și Mg^{2+} în rădăcini. Deopotrivă, *G. max* și *P. vulgaris* au fost cele mai tolerante și s-au acumulat Mg^{2+} în rădăcini și Ca^{2+} în ambele organe. Calciu a fost recunoscut ca fiind un element care joacă un rol important în răspunsul plantelor glicofile la salinitate (Rengel, 1992). Adăugarea de Ca^{2+} determină ameliorarea efectelor negative a plantelor datorită sării prin creșterea procentului de germinare (Cordovilla et al., 2008).

Deși un număr semnificativ de studii demonstrează că salinitatea reduce absorbția și acumularea nutrienților, există puține dovezi că adăugarea de nutrienți la niveluri mai mari decât cele considerate optime în mediile non-saline îmbunătățește randamentul culturilor. Adaosurile nutritive, pe de altă parte, au avut mai mult succes în îmbunătățirea calității culturilor, cum ar fi corectarea deficiențelor de Ca^{2+} induse de Na^+ prin calciu suplimentar (Grattana et al., 1998).

În cele ce urmează este prezentat efectul șocului osmotice de NaCl asupra alungirii frunzelor de *Phaseolus vulgaris* cv. *Contender*. Calciul la o concentrație de 5 mM în mediul de creștere a diminuat pierderea inițială de apă din rădăcini și a menținut conținutul de apă mai mare la restabilirea creșterii frunzelor, comparativ cu nivelurile reduse de calciu (0,5 mM). În timpul tratamentului cu calciu scăzut, acidul malic din frunze a început să crească deja la 3 ore după începerea tratamentului, prezentând o concentrație maximă la aproximativ 9 ore, apoi scăzând și apropiindu-se de valoarea plantelor control. La concentrații mari de calciu, concentrația de acid malic a rămas neschimbată în timp. Plantele crescute în prezența calciului au prezentat o creștere a concentrației de aminoacizi totali după șocul cu NaCl. Rezultatele studiului prezent susțin ipoteza că lipsa de apă din rădăcini este responsabilă de inhibarea inițială a alungirii frunzelor. Efectul benefic al calciului asupra restabilirii creșterii după șocul de NaCl este o consecință a ajustării osmotice pe termen scurt, în care sunt implicați în principal metaboliți organici. În condiții de stabilitate constantă, tratamentul cu calciu are ca rezultat o rată de creștere mai rapidă decât calciul scăzut. Într-un proces de ajustare osmotice, în care sunt în principal implicați ioni anorganici, acesta este rezultatul unei scăderi a concentrației de Na^+ din frunze împreună cu o creștere a K^+ și Ca^{2+} (Ortiz et al., 1994).

Cachorro et al. (1995) a investigat efectul NaCl la o concentrație de 80 mM asupra structurii și ultrastructurii celulelor radiculare a plantelor de *Phaseolus vulgaris* L. Drept consecință, rădăcinile plantelor tratate cu NaCl au fost mai scurte, decât cele de la plantele control. În cadrul plantelor control, celulele epidermice erau izodiametrice, fiind plasate uniform, formând un strat subțire, în timp ce la plantele tratate, forma și dispunerea celulelor epidermice era mai puțin obișnuită. Prezența concentrației de 80 mM NaCl nu a determinat diferențe semnificative cu privire la numărul, forma sau distribuția organelor celulare. Adăugarea unei concentrații de 80 mM NaCl în mediul de creștere a crescut considerabil substanțele dizolvate din rădăcinile intacte ale plantei înapoi în soluție, în special K^+ și Ca^{2+} .

Salinitatea este cunoscută deoarece afectează multe aspecte ale metabolismului fasolei (*Phaseolus vulgaris* L.), fiind o plantă de tip glicofit, inducând totodată modificări ale plantei în ceea ce privește anatomia, morfologia și fiziologia (Meiri și colab., 1971). Ca^{2+} a fost mult timp cunoscut în a avea un efect de ameliorare asupra creșterii plantelor în condiții saline. Ca^{2+} previne absorbția substanței toxice de Na^+ în timp ce permite continuarea absorbției K^+ (Haddad and Coudret, 1991). În schimb, Lahaye and Epstein (1971) au demonstrat că la *Phaseolus vulgaris* L., ionii de Ca^{2+} au restabilit inhibarea puternică a creșterii în momentul în care plantelor li s-a furnizat o concentrație de 50 mM NaCl. Pe lângă dezechilibrele minerale și presiunile osmotice externe, provoacă un deficit de apă.

1.5.2. Studii cu privire la influența salinității asupra procesului de creștere

Sărurile din soluția solului influențează creșterea plantelor în mod indirect, prin reducerea accesibilității apei pentru plante, dar și prin înrăutățirea regimului de nutriție, prin afectarea metabolismului, iar în mod direct, prin acțiunea toxică asupra plantelor.

Creșterea, dezvoltarea și supraviețuirea plantelor în condiții de stres, se poate asigura numai în condițiile existenței unei legături permanente dintre plante și factorii din mediul ambiant și a realizării unor reacții de răspuns adecvate (Burzo, 2014).

Conform cercetărilor făcute de Dobrei și colab. (2008) *P. vulgaris* L. prezintă o mare variabilitate în privința toleranței la stres salin, pornind de la 40-46 mM NaCl până la valori cuprinse între 196-207 mM NaCl. Rezultatele experimentale obținute au evidențiat existența unor genotipuri de fasole cu o bună toleranță la salinitate pe parcursul germinării (Ohaba Forgaci I și II și Berini). Aceste genotipuri au

înregistrat pe parcursul germinării intensități normale ale creșterii radiclei și a dezvoltării cotiledonelor, au sintetizat cantități importante de prolină liberă, cu rol osmoprotector. De asemenea, s-a determinat dinamica procentului de substanță uscată pe parcursul germinării. Creșterea procentului de substanță uscată la genotipurile sensibile se datorează incapacității de hidratare și reținere a apei.

Cachorro et al. (1995) au folosit tratamentul de 80 NaCl mM la fasolea comună, iar modificările induse de salinitate s-au manifestat în special asupra structurii și ultrastructurii celulelor rădăcinilor. Astfel, la plantele tratate cu NaCl s-a constatat o reducere a creșterii în lungime a rădăcinilor, precum și a numărului de rădăcini secundare. La plantele control, celulele epidermice au fost uniform plasate formând un strat subțire, în timp ce la plantele tratate, forma și dispunerea celulelor epidermice a fost mai puțin obișnuită. De altfel, plantele tratate au prezentat celule neregulate, reducând astfel volumul spațiilor intercelulare. Prezența concentrației de 80 mM NaCl nu a dus la diferențe semnificative în legătură cu numărul, forma sau distribuirea organelor celulare.

Cokkizgin (2012) a analizat efectul a cinci concentrații diferite de NaCl asupra germinației semințelor de fasole. Experimentul de laborator a fost unul randomizat care a cuprins trei repetiții în vase Petri. În cadrul procesului de germinarea a semințelor s-a folosit apă distilată pentru proba control și concentrații de 0,3, 0,6, 0,9, 1,2 și 1,5 Mpa pentru probele tratate cu NaCl. S-a demonstrat că germinația semințelor de fasole a variat în funcție de concentrația de NaCl. S-a ajuns la concluzia că NaCl are efecte dăunătoare directe asupra germinării semințelor de fasole comună.

Khadri et al. (2006) au analizat efectul stresului salin pe cinci soiuri de fasole comună, respectiv: Bassbeer, Beladi, Giza 3, HRS 516 și RO 21, care au fost evaluate pe un substrat de nisip și turbă, folosindu-se diferite concentrații (50 și 100 mM NaCl), într-un interval de timp de 10 zile. În acest caz, salinitatea a avut efecte negative asupra producției de biomasă, fiind afectate: înălțimea plantelor, numărul de frunze, lungimea rădăcinii și raportul greutate/lungime a rădăcinii.

Șumălan și colab. (2009) au studiat toleranța la stres salin a fasolei, începând cu valorile de 40-46 mM NaCl și până la 196-207 mM NaCl. Au fost luate în studiu șapte soiuri locale de fasole albe din zona Banatului și s-a analizat germinația și conținutul de prolină, sub efectul tratamentelor cu NaCl (41,4 mM, 124,9 mM, 207,04 mM). Rezultatele experimentale au arătat existența unor genotipuri de fasole cu o toleranță bună la salinitate privind răspunsul germinativ (Dudeștii Noi și Tincova) și de prolină liberă acumulată (Dudeștii Noi și Sacu).

Asfaw (2011) a testat 14 soiuri de fasole (*P. vulgaris* L.) în timpul perioadei de germinare și răsărire, în condițiile unei concentrații a soluțiilor de 0, 2, 4, 8 și 16 dS/m. Analiza datelor a fost realizată folosind un software statistic, care a arătat o variație semnificativă; în acest caz lungimea rădăcinii la răsărire a fost mult mai afectată de conținutul în sare, decât tulpina. Soiul Awash Melka a fost găsit tolerant la salinitate în timpul germinării și în timpul creșterii răsadului. Soiul mexican 142 a fost găsit sensibil în timpul germinării, dar mai târziu a devenit tolerant la salinitate, mai ales în timpul creșterii răsadului. Pe de altă parte, varietatea Dimtu s-a dovedit sensibilă la sare, atât în timpul germinării cât și a creșterii răsadului. Restul soiurilor de fasole au fost intermediar tolerante la salinitate. Studiul a confirmat prezența variației genetice intraspecifice la soiurile de fasole cu toleranță la salinitate.

Kaymakanova (2014) a observat răspunsul a trei soiuri de fasole (*P. vulgaris* L.), în urma unor tratamente făcute cu NaCl și Na₂SO₄, atât în perioada de germinare cât și la începutul creșterii plantulelor. Semințele au fost puse la germinat în vase Petri, pe hârtie de filtru cu soluție și incubate la o temperatură de 25°C, într-o cameră de creștere. În urma tratamentului, s-a constatat faptul că soiurile tratate au avut o scădere a procentului de germinare. S-a remarcat faptul că efectul tratamentului cu Na₂SO₄ a fost mai puternic decât cel cu NaCl.

Cachorro et al. (1993) au analizat influența NaCl asupra ratei relative de creștere, a relațiilor dintre apă și plantă, dar și a gradului de ajustare osmotică realizat de *P. vulgaris* L. Astfel, lăstarii și rădăcinile plantelor cultivate în mediu salin au fost mai mici după 13 zile de tratament cu soluție salină, față de varianta martor. Concentrațiile de NaCl de 25 mM și mai mici, nu au afectat în mod semnificativ rata de creștere relativă a plantelor. Concentrațiile de Cl⁻ și Na⁺ din frunze au crescut semnificativ, deoarece s-a folosit o concentrație de NaCl ridicată. De altfel, și concentrația de K⁺ a crescut semnificativ cu salinitatea, în timp ce conținutul de Ca²⁺ din frunze a rămas neafectat. Plantele expuse concentrațiilor de NaCl până la 50 mM nu diferă de plantele de control, în ceea ce privește concentrațiile totale de zaharuri și prolină, însă la concentrația de 100 mM NaCl a crescut semnificativ conținutul în zaharuri și de prolină.

Inanaga et al. (2017) au analizat efectul stresului salin asupra a cinci soiuri de fasole comună: Bassbeer, Beladi, Giza 3, HRS 516 și RO21, pe un mediu de nisip/turbă folosindu-se diferite concentrații (0, 50 și 100 mM NaCl), aplicate la trei săptămâni după germinare, timp de 10 zile. Salinitatea a avut efecte adverse nu numai asupra randamentului biomasei, ci și asupra ratei de creștere relativă (RGRt), dar și asupra altor parametri morfologici cum ar fi: înălțimea plantelor, numărul de frunze, lungimea rădăcinii, procesul de fotosinteză, rata de transpirație și

conductanța stomatală, care au fost afectate negativ la toate soiurile analizate. Interacțiunea dintre soiuri și nivelurile de sare, în ceea ce privește procesul de fotosinteză și potențialul osmotice al frunzei a fost foarte semnificativ în ziua 10 de tratament. Absorbția Na^{2+} printre cultivare variază în următoarea ordine: HRS 516 are cea mai mare rată de supraviețuire și niciun simptom al stresului de sare, iar RO21 a fost cel mai sensibil la salinitate, deoarece a prezentat simptome severe de stres, iar rata de supraviețuire a fost una foarte scăzută.

Kaymakanova (2014) a investigat răspunsul a trei soiuri de fasole (*Phaseolus vulgaris* L.) la o administrare echilibrată de NaCl și Na_2SO_4 la germinare și creșterea timpurie a răsadurilor. Semințele au fost puse la germinat în vase Petri, pe hârtie de filtru, cu soluție și incubate la 25°C. Fiecare tratament a fost repetat de trei ori. Toate cultivarele tratate au înregistrat scăderea procentului de germinare, dar și a ratei de respirație. Culturile au fost inhibitate mai puternic cu Na_2SO_4 , decât cu tratament de NaCl.

Gunjan (2010) a analizat efectul stresului salin și a secetei la -2, -4, -6 și -8 bari, induse de NaCl și PEG 6000 (polietilenglicol 6000) asupra capacității de germinare și a creșterii timpurii a răsadurilor, la două soiuri (PU-19 și tip-9). În acest studiu s-au determinat procentul de germinare, lungimea rădăcinii și greutatea uscată. Obiectivul a fost de a determina diferențele genotipice în rândul soiurilor de *Vigna mungo*, în ceea ce privește influența sărurilor și seceta, pentru a determina factorii care inhibă germinarea semințelor. Rezultatele germinării au arătat că genotipurile diferă semnificativ în ceea ce privește stresul cauzat de săruri și secetă. PU-19 este mai tolerant la stresul salin și la secetă comparabil cu vr. Type 9. Atât NaCl, cât și PEG au inhibat germinarea și creșterea plantulelor la ambele soiuri. Toate soiurile au fost capabile să germineze la toate nivelurile de NaCl, fără a scădea capacitatea germinativă, în timp ce o scădere drastică a germinării a fost înregistrată la -6 și -8 bari în cazul PEG. S-a ajuns la concluzia că inhibarea germinației s-a datorat în principal efectului osmotice și mai puțin toxicității sărurilor.

Creșterea plantelor și producția de semințe la *V. mungo* a fost studiată pe un substrat de nisip la diferite concentrații de NaCl (50, 100, 150, 200, 250 mM NaCl). Rezultatele au arătat că atât randamentul materiei uscate cât și producția de semințe la plantele crescute timp de 14 săptămâni la 50 mM NaCl și 100 mM NaCl au fost în jur de 60% și respectiv 25%, comparativ cu plantele control. Concentrațiile mai mari au determinat răsucirea și necroza frunzelor (Salim et al., 1988).

Dobrei și colab. (2007) au cercetat capacitatea germinativă sub acțiunea stresului salin, al unor populații locale de fasole cultivate în zona

Banatului. Genotipurile examinate au prezentat intensități normale de creștere și dezvoltare ale radiclei și cotiledonelor și au sintetizat cantități importante de prolină liberă cu rol osmoprotector. Cercetarea prezentă a arătat că stresul osmotic, indus utilizând soluție salină (200 mM), a generat reducerea procesului de germinație. De asemenea, stresul salin a produs o scădere a ratei de creștere, dar câteva genotipuri au arătat o toleranță moderată. Pentru cantitatea de substanță uscată s-a observat că valorile sunt mai mari în cazul variantelor supuse salinității. Aceleași rezultate au fost obținute și în cazul conținutului de prolină liberă, fapt ce confirmă corelația dintre aceasta și stresul salin.

Un nivel ridicat de salinitate limitează creșterea frunzelor de fasole (*P. vulgaris* L.). S-a constatat că, concentrațiile mari de Cl^- au crescut grosimea cuticulară a frunzelor. Astfel, frunzele devin mai mici și mai groase, datorită unei alungiri a parenchimului palisadic. În urma aplicării, în timpul perioadei vegetative a unor concentrații ridicate de NaCl și Na_2SO_4 , soiurile luate în studiu au reacționat la stresul salin cu o schimbare în grosimea straturilor și alungirea parenchimului palisadic. Deoarece antagonismul ionic în mediile saline este un fenomen bine cunoscut și este de obicei urmat de stresul deficitului de nutrienți, compoziția ionică este foarte importantă în ceea ce privește toleranța la sare. Sunt cunoscute diferite mecanismele ale plantelor pentru evitarea absorbției excesului de săruri. În urma studiilor s-a raportat faptul că fasolea (*Phaseolus vulgaris* L.) acumulează sodiu în rădăcini, dar translocarea acestuia în lăstari decurge cu o intensitate slabă. Sodiul începe să se transloce în plantele tinere, dar odată cu înaintarea în perioadă de vegetație scade. Efectul dominant al Ca^{2+} asupra absorbției K^+ se datorează faptului că ionii bivalenți au inhibat absorbția ionilor monovalenți. Acest efect ar putea fi depășit prin adăugarea de CaCl_2 (Caesar et al., 1981).

De asemenea, s-a făcut un studiu și asupra acidului abscisic (ABA) și a concentrației de 100 mM NaCl asupra creșterii fasolei comune (*P. vulgaris* vr. *Coco*). Experimentul a fost efectuat într-o cameră de mediu controlată, iar plantele, în stadiul de creștere vegetativă (în vârstă de 16 zile) au fost tratate cu ABA (1 pM și 10 pM), și 48 ore mai târziu au fost expuse tratamentului cu soluție salină. Rezultatele au arătat că greutatea uscată a plantelor, fixarea azotului au fost afectate atât de ABA, cât și de NaCl . Adăugarea de 1 pM ABA la soluția de nutrienți înainte de expunerea la stresul salin a redus efectul negativ al NaCl . Pe baza rezultatelor făcute se sugerează că aplicația ABA îmbunătățește răspunsul simbiozelor *Phaseolus vulgaris* L. în condiții de stres salin (Khadri et al., 2006).

1.5.3. Studii cu privire la influența salinității asupra altor procese fiziologice

Actualmente, cercetări de biologie celulară și moleculară urmăresc determinarea mecanismelor prin care plantele percep semnalele din mediu și transmit aceste semnale metabolismului celular (Toma și Jităreanu, 2007).

Pentru cuantificarea efectelor stresului osmotice asupra biomasei, conținutului de pigmenți și asupra activității enzimelor antioxidante, s-a realizat un experiment bifactorial în condiții de laborator. S-au folosit cinci genotipuri de fasole comună și două variante de experimentare (martor și 400 mM NaCl). În urma studiului, s-a realizat că salinitatea a redus considerabil greutatea biomasei și conținutul de clorofilă, în timp ce conținutul de antociani și pigmenți carotenoizi al genotipurilor studiate a crescut. Totodată, activitatea superoxidismutazei (SOD), peroxidazei (POX) și a catalazei (CAT) a crescut considerabil în condiții de stres salin, față de plantele tratate cu apă cu 21%, 30.5% și 40%. Putem concluziona faptul că stresul salin reduce producția și conținutul de clorofilă, dar sporește concentrațiile de antociani, carotenoizi, dar și activitatea enzimelor antioxidante (Moharramnejad and Taherkhani, 2015).

În urma studiului făcut de Sharifa et al. (2015) s-au evidențiat efectele bacteriilor *Rhizobium leguminosarum*, tratate în prealabil cu genisteină, asupra nodozităților, fixării azotului și asupra însușirilor fiziologice ale speciei *P. vulgaris* L. cultivate în condiții de stres salin. Genisteina este o izoflavonă care este secretată de rădăcinile leguminoaselor și importantă pentru simbioza plantei de fasole cu *Rhizobium*. Față de plantele martor, plantelor tratate cu sare li s-a redus numărul de nodozități, dar și activitatea nitrogenazei; de asemenea, stresul salin a indus schimbări în parametrii fotosintetici și în activitatea enzimelor antioxidante; în schimb, genisteina a ameliorat efectul nociv al salinității. Totodată, tratamentul cu genisteină a îmbunătățit conductanța stomatală, rata transpirației și rata fotosintezei, în timp ce activitatea catalazei, peroxidazei și superoxidismutazei din frunze și rădăcini nu a fost afectată semnificativ. Deci, genisteina poate fi utilizată pentru a îmbunătăți creșterea plantelor de fasole, prin îmbunătățirea fixării azotului și a ratei fotosintetice, atât în condiții normale cât și în cele de stres salin.

Alte cercetări, cum sunt cele făcute de Hernandez-Lucero et al. (2013) au descoperit genele care sunt active în timpul răspunsului la stres salin al unui cultivar de fasole tolerant (*Pinto Villa*). Datele rezultate au sugerat că răspunsul cultivarului de fasole, *Pinto Villa* la stres salin s-a realizat prin controlul genelor numite "*chaperone*" (proteinele care participă la formarea legăturilor covalente ale altor structuri macromoleculare), factorii de transcripție și

proteinele apărute în timpul embriogenezei, care sunt implicate în toleranța plantei la stres osmotic.

Neuman et al. (1988) au folosit un tratament cu NaCl în concentrație de 50 și 100 mM la *P. vulgaris* L. Parametrii de creștere luați în studiu au fost extensibilitatea peretelui celular și turgescența celulară. Extensibilitatea peretelui celular a fost evaluată prin tehnica numită Instron. În acest context, salinitatea a provocat creșteri mici; după un interval de 72 de ore, la o concentrație de 50 mM NaCl a produs o reducere semnificativă a turgescenței foliare într-un timp mult mai mic, de 24 ore. S-a ajuns la concluzia că, la plantele tinere de fasole, salinitatea afectează inițial rata de creștere a frunzelor și duce la o scădere a turgescenței. Utilizarea salinității pe o perioadă de 10 zile, a condus la o ajustare mecanică aparentă, dar și la o creștere a extensibilității peretelui celular, care ar putea ajuta la contracararea reducerii turgescenței și a menținerii ratei de creștere a frunzelor.

Beinșan și colab., 2009 în urma studiului făcut, au ajuns la concluzia că atunci când plantele sunt crescute în condiții de stres salin, activitatea fotosintetică scade, ceea ce duce în cele din urmă la o creștere redusă a plantelor. Pentru a studia acest fenomen, aceștia au evaluat patru soiuri locale de fasole albă din zona Banatului, pentru a observa răspunsul acestora la toleranță, în condiții de stres, cu ajutorul unor soluții de NaCl (106,70 kPa, 320,11 kPa, 512,18 kPa). Plantele de la varianta martor (V0) au fost udate cu apă distilată. Creșterea concentrațiilor de NaCl a produs o scădere a conținutului de clorofilă *a* și *b*, o reducere în greutate, atât în stare proaspătă cât și uscată a fasolei.

Tot cei de mai sus, au studiat răspunsurile fiziologice la stresul salin (intensitatea fotosintezei și rata transpirației) în cazul a șase soiuri locale de fasole, în condiții de laborator. În acest sens, plantele au fost cultivate în ghivece și tratate timp de 14 zile cu NaCl (41,4 mM-207,04 mM), începând de la apariția primei perechi de frunze trifoliate. S-a stabilit faptul că, aplicarea NaCl la toate soiurile a cauzat stres la plantele tinere de fasole, care a dus în cele din urmă la încetinirea creșterii și activității fotosintetice. În același timp, manifestarea reacției la salinitate a fost diferită în funcție de soi (Beinșan și colab., 2009).

În plante, aquaporinele sunt subdivizate în patru grupe: (PIPs), (TIP), (NIP) și (SIPs). Există unele dovezi că proteinele PIP pot regla întregul transport al apei prin țesuturi vegetale, deoarece membranele plasmactice izolate au de obicei o permeabilitate mai mică la apă decât membranele izolate din vacuole (Maurel et al., 1997), deși aceste rezultate ar putea fi afectate de procedura de izolare (Gerbeau et al., 2002). În același timp, plantele la care lipsesc una sau mai multe gene PIP prezintă o capacitatea de absorbție a rădăcinii mai mică (Javot et al., 2003).

Solul este unul dintre cei mai importanți factori abiotici care influențează creșterea, producția și randamentul culturilor. Cu toate acestea, este dificil să se determine concentrațiile exacte de sare, care determină salinitatea solului. Nivelele pragului de salinitate depind de cultură, varietate, etapă de dezvoltare și de factorii de mediu. Studiul realizat de Telesinski et al. (2008) prezintă rezultatele unui experiment cu privire la efectul diferitelor concentrații de NaCl asupra unor parametri de stare, cum ar fi activitatea catalazei și a peroxidazei, conținutul de acid ascorbic, fenoli și flavonoidele în plantele de fasole. Experimentul s-a realizat în ghivece ce au fost umplute cu probe de sol de 1 kg fiecare, la care s-a adăugat soluție de NaCl în doze de 10, 30 și 50 mM. În fiecare ghiveci, s-au semănat șapte semințe de fasole cv. *Aura*. Plantele cultivate în sol fără NaCl, au fost plantele controlul. După 14, 21 și 28 zile de la semănat, părțile verzi ale plantelor au fost colectate pentru determinări ale activității catalazei și peroxidazei prin metoda colorimetriei, precum și a conținutului de flavonoide, fenoli, acid ascorbic și concentrația de NaCl prin metoda lui Mohr. Activitatea enzimelor antioxidante cum ar fi catalaza și peroxidaza în plantele de fasole, în zilele de prelevare, a fost mai mare pe măsură ce concentrația de NaCl în plante a crescut. Antioxidanții anti-enzimatici: conținutul de flavonoizi, fenoli și acid ascorbic, în timpul experimentului au prezentat schimbări diferite față de conținutul de clor, dar în toate determinările conținutul de acid ascorbic a fost semnificativ pozitiv corelat cu conținutul de clor din țesuturile vegetale.

Kaymakanova and Stoeva (2008) au testat efectul sării asupra unor parametri fiziologici la plantele tinere de fasole (cv. *Lody*), studiate în condiții controlate într-o cameră climatică. Plantele au fost cultivate în ghivece și au fost tratate timp de 7 zile cu 50 și 100 mM NaCl și Na₂SO₄, începând cu apariția primei frunze trifoliolate. S-a constatat că ambele dozele aplicate au provocat stres asupra plantelor tinere de fasole. Cantitatea de prolină din țesuturile plantelor tratate cu sare a crescut, în timp ce potențialul apei celulare a fost unul redus.

Bourgault et al. 2010 au studiat efectele deficitului periodic de apă (DPA) și ale stresului salin asupra a două specii de leguminoase, fasolea comună (*Phaseolus vulgaris* L.) și fasolea Mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek). Producțiile de semințe și biomasă s-a redus ca urmare a creșterii stresului cauzat de deficitul de apă. S-a demonstrat că fasolea Mungo este capabilă să își mențină indicele de recoltă, în condiții de deficit hidric, în timp ce fasolea comună, nu. Totodată, fasolea Mungo a prezentat valori ridicate ale ratelor fotosintetice comparativ cu fasolea comună, la același nivel de umiditate și la aceeași rată de transpirație.

Jităreanu și colab. 2015 au determinat efectul excesului salin de NaCl asupra dinamicii indicelui conținutului de clorofilă (CCI) în cazul a 19 populații locale de fasole din NE României. La variantele martor (udate doar cu apă), indicele conținutului de clorofilă a prezentat o variabilitate ridicată, iar la genotipurile sensibile, sporirea CCI s-a menținut până la înflorire, iar la populațiile tolerante la salinitate s-a menținut până la formarea păstăilor.

Dat fiind faptul că România este una dintre țările europene cu întinse suprafețe agricole a căror producție este afectată de excesul de săruri din sol, iar îmbunătățirea calității acestor soluri prin irigare și drenaj ar necesita investiții mult prea mari, ca perspective se dorește să se identifice și să se amelioreze populații locale tolerante la sărăturarea solului, oferind o soluție accesibilă fermierilor.

Cele mai optimiste abordări ale viitorului privind toleranța plantelor la salinitate, invocă uneori o viziune irealizabilă, în care plantele cultivate cresc și fructifică abundant pe soluri puternic salinizate. Prin urmare, este necesară realizarea unui echilibru între productivitate și salinitate, crearea unor genotipuri noi cu o productivitate relativ ridicată.

PARTEA A II- A
REZULTATELE CERCETĂRILOR PROPRII



PART II
RESULTS OF RESEARCH

CAPITOLUL 2. PREZENTAREA CONDIȚIILOR SPECIFICE CERCETĂRIILOR ȘI A LOCAȚIILOR

CHAPTER 2. PRESENTATION OF SPECIFIC CONDITIONS OF RESEARCH AND LOCATIONS

2.1. Descrierea condițiilor de experimentare

Sera din cadrul Institutului de Cercetări pentru Agricultură și Mediu (ICAM) Iași, este alcătuită dintr-un sistem de control dezvoltat special pentru mediul din seră și poate controla până la cinci zone, complete și independente. Panoul de control al serei a fost special conceput de Priva Maximizer și este capabil să controleze integral echipamentele din seră, prin intermediul unor valve de amestecare, pompe circulare, valve de aburi, radiatoare (unități de încălzire), încălzitoare radiante, încălzitoare podea, generatoare CO₂, dozatoare CO₂ lichid, ferestre de aerisire în acoperiș, ferestre de aerisire laterale, ventilatoare de presiune pozitivă, acoperitoare umbră, sisteme suplimentare de iluminat, valve de irigare și/sau pulverizare, programe de protecție a culturilor, ventilatoare de evacuare și jaluzele, răcitoare pereți tampon/cu apă, ventilatoare aer cu flux orizontal, valve de drenare, valve pulverizare, pompe irigare, sisteme dozare îngrășămintă, regulator filtru nisip, boilere (abur și apă caldă), alarme (Fig.2.1).



Fig. 2.1. Sera ICAM Iași (original)

Fig. 2.1. Sera of the ICAM Iasi (original)

Fasolea se poate cultiva în două sisteme: cultura timpurie și târzie. Înființarea are loc prin semănat direct în ambele sisteme de cultivare, folosindu-se soiuri pitice sau urcătoare. În condiții de seră, aceasta se seamănă în mod obișnuit în ciclul I, cu scopul de a asigura o producție solicitată de consumatori primăvara devreme și la începutul verii astfel:

- *Pregătirea terenului în sere.* Datorită faptului că perioada de înființare a culturii în spații protejate este cuprinsă în perioada 15-25 ianuarie, în această interval de timp se fac lucrări de pregătire a solului pentru semănat: curățirea solului de resturile vegetale rămase de la cultura precedentă, dezinfecția solului și a construcției serei plus administrarea îngrășămintelor;
- *Pregătirea semințelor.* Sămânța de fasole destinată semănatului trebuie să fie sănătoasă, provenită din culturi neinfectate cu dăunători, să posede o puritate minimă de 98% și o facultate germinativă de cel puțin 80%;
- *Pregătirea răsadurilor.* Acestea se produc în sere, în ghivece cu diametrul de 8-10 cm. Amestecul nutritiv va conține: 40% mraniță, 30% turbă și 30% pământ de țelină;
- *Înființarea culturii.* Plantarea se face manual, fiecărui cuib revenindu-i câte două plante. Vârsta răsadului la plantare trebuie să fie de 18-25 zile. Cultura se poate înființa și prin semănat direct la cuib, cu câte 3 boabe. Plantarea se efectuează manual pe rigole sau copci, folosind la fiecare cuib câte două plante (din același ghiveci sau din două ghivece cu câte un fir de răsad);
- *Lucrările de întreținere* se fac imediat după semănat și constau în: reglarea factorilor de microclimat (temperatura până la răsărire 22-24°C, umiditatea 70-75%), ciupitul și defoliatul (Stan și colab., 2003).

2.2. Amplasarea experienței

Experiența a fost amplasată în sera ICAM Iași, iar analizele de laborator s-au efectuat în perioada 2017-2019, în mare parte în laboratorul de "Fiziologia plantelor".

Experiența a fost bifactorială, fiind înființată în vase de vegetație și organizată sub formă de blocuri randomizate cu trei variante, folosind metodele descrise de Jităreanu (1994). În primul și al doilea an de experimentare au fost studiate 186 de plante de fasole (Tabelul 2.1.).

Pentru organizarea experienței s-au utilizat următoarele notații:

Factorul A: Concentrațiile saline cu trei graduări:

- **V1** – irigat cu apă normală;
- **V2** – irigat cu soluție salină de concentrație 100 mM NaCl;
- **V3** – irigat cu soluție salină de concentrație 200 mM NaCl.

Factorul B: Populațiile locale luate în studiu cu șapte graduări și au primit denumirea în funcție de zona de proveniență (Tabelul 2.1.). Pentru ușurarea organizării experienței, cultivarele au fost numerotate cu cifre arabe de la 1 la 7, astfel:

- 1- Blăgești 1
- 2- Blăgești 2
- 3- Blăgești 3
- 4- Blăgești 4
- 5- Moșna
- 6- Săveni
- 7- Trușești 2

Tabelul 2.1./ Table 2.1.

Schema experienței în cadrul seriei ICAM Iași/ Scheme of experience in the ICAM Iasi greenhouse

1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7
V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃
7	7	7	6	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1
V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃
3	3	3	2	2	2	1	1	1	7	7	7	6	6	6	5	5	5	4	4	4
V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7– populațiile locale luate în studiu

V1 – irigare cu apă normală;

V2 – irigare cu soluție salină de concentrație 100 mM NaCl;

V3 – irigare cu soluție salină de concentrație 200 mM NaCl.

CAPITOLUL 3. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII. MATERIALUL ȘI METODOLOGIA DE LUCRU

CHAPTER 3. RESEARCH AIM AND OBJECTIVES. MATERIAL AND EXPERIMENTAL METHODOLOGY

3.1. Scopul și obiectivele cercetărilor

În contextul în care la nivel global se estimează o creștere anuală a populației cu 1,5%, ajungându-se la 11 miliarde de locuitori în anul 2050, înlăturarea tuturor cauzelor care duc la reducerea recoltelor este de o importanță vitală. Una din principalele cauze care diminuează recoltele o reprezintă factorii de stres abiotic, care pot produce scăderi ale producției ce pot atinge uneori nivelul de 70 % (Săulescu și colab., 1998).

Diminuarea acestor pierderi se poate realiza prin crearea de cultivare rezistente la factorii de mediu nefavorabili, cercetările de fiziologie fiind orientate spre sprijinirea activității de ameliorare prin studiul proceselor fiziologice și biochimice implicate în reacția plantelor la condiții de stres, elaborarea de metode și criterii de selecție cu eficiență sporită în identificarea diferențelor de ordin genetic, în vederea îmbunătățirii rezistenței la temperaturi scăzute, secetă, salinitate, exces de umiditate și aciditatea solului (Petcu și colab., 2007). Totodată, pentru îmbunătățirea însușirilor de rezistență pot fi utilizate ca genitori, speciile înrudite (Madoșa și colab., 2005). O categorie extrem de valoroasă pentru ameliorare o constituie populațiile locale, păstrate în toate zonele țării.

Lucrarea prezentă are ca **scop** evidențierea reacțiilor fiziologice și biochimice specifice față de acțiunea stresului salin, la unele populații locale de fasole (*Phaseolus vulgaris* L.), colectate din regiunea de NE a României cu terenuri saline.

Obiectivul general al cercetărilor este acela de a contribui la o mai bună înțelegere a mecanismelor fiziologice implicate în toleranța la stres salin a speciei *Phaseolus vulgaris* L. și la identificarea unor populații locale de fasole tolerante la salinitate.

Obiectivele specifice vizează:

- aprofundarea studiilor privind reacția fiziologică și biochimică a plantelor de fasole supuse stresului salin;
- colectarea, testarea și identificarea unor populații locale tolerante la salinitate, în vederea utilizării lor în programele de ameliorare a acestei specii.

3.2. Materialul de cercetare**3.2.1. Colectarea materialului experimental**

Pentru desfășurarea experimentului s-au identificat zonele afectate de salinitatea solului, din regiunea de NE a României. Totodată, s-a efectuat un studiu cu privire la extinderea zonelor cu exces salin și tipul de salinizare. Datele au fost furnizate de către Oficiile de Studii Pedologice și Agrochimice Județene (OSPA), Botoșani, Iași și Vaslui. În același timp, s-au efectuat vizite de colectare a materialului biologic din arealele saline specifice județelor Botoșani, Iași și Vaslui. În urma analizei conductivității electrice (CE) a solului a reieșit o conductivitate, care depășește 4 dSm^{-1} a soluției solului echivalentă a 40 mM NaCl, ceea ce indică o încărcătură ridicată de săruri.

Materialul biologic inițial a fost colectat din următoarele localități: Săveni, Trușești, Codreni, Copălău și Iezer, din județul Botoșani, Moșna din județul Iași, precum și Blăgești, din județul Vaslui. Din cele 13 populații locale colectate pentru a fi testate inițial, în urma unei prestări în faza de răsad s-au selectat doar 7 populații locale, ca fiind cele mai rezistente la condițiile de stres aplicate. Astfel, au rămas pentru cercetare, populațiile locale colectate din localitățile Moșna, Săveni, Trușești și Blăgești. La colectarea lor s-a ținut cont de faptul ca materialul ales să reprezinte o populație locală și nu un soi provenit din comerț.

Pretestarea materialului vegetal, în ceea ce privește reacția față de stresul salin s-a realizat în faza de răsad, la apariția frunzelor trifoliolate. În această fază, câte trei plante din fiecare populație au fost expuse stresului salin, prin administrarea de udări cu soluție de NaCl, în stadiul BBCH 13. Prima udare s-a realizat cu soluție de concentrație 25 mM, pentru evitarea unui șoc osmotic, apoi la interval de 3 zile cu soluție de 50 mM NaCl și 100 mM NaCl. După 6 zile de la atingerea concentrației finale, unele populații locale au prezentat cloroze, necroze punctiforme și îngroșarea cuticulei foliare (Fig.3.1.). Ulterior, acestea au fost eliminate de la testarea în vase de vegetație, întrucât din cele 13 populații locale colecționate pentru testare s-au păstrat doar șapte.



Fig. 3.1. Cloroză, necroze punctiforme și îngroșarea cuticulei foliare (original)
 Fig. 3.1. Chlorosis, spots necrotic and follicular thickening (original)

3.2.2. Descrierea populațiilor locale luate în studiu

Materialul biologic utilizat a fost reprezentat de populațiile locale de fasole, colectate din areale cu soluri saline din regiunea de NE a Moldovei.

❖ Scurtă descriere a materialului biologic folosit în cadrul experienței

Populația locală Blăgești 1 (Fig.3.2.), populație târzie, cu perioada de vegetație de 80-120 zile (de la răsărit până la prima recoltare a păstăilor); culoarea florilor este alb-gălbui; tipul de determinare a plantelor viguroasă, volubilă, înaltă de până la 2.45 m; păstaia este creță, ușor curbată, de mărime medie; numărul mediu de păstăi pe plantă este de 15-25. Nu are ațe și nici strat pergamentos. La maturitatea fiziologică boabele sunt de culoare albă.



Fig. 3.2. Populația locală Blăgești 1 (original)
 Fig. 3.2. Local population Blăgești 1 (original)

Populația locală Blăgești 2 (Fig.3.3.), populație timpurie, cu o perioadă de vegetație de 45 zile (de la răsărit până la prima recoltare a păstăilor), culoarea florilor este violet; tipul de determinare a plantelor este tufă semivolubiă, cățăărătoare; păstaia este ușor curbată, de culoare galben-limoniu, nu au ațe și sunt cărnoase, succulente și fragede; lungimea acestora este mică spre medie. Numărul mediu de păstăi pe plantă este de 30-35. La maturitatea fiziologică boabele sunt de culoare albă.



Fig. 3.3. Populația locală Blăgești 2 (original)

Fig. 3.3. Local population Blăgești 2 (original)

Populația locală Blăgești 3 (Fig.3.4.), populație semitimpurie, cu perioada de vegetație de 45-60 zile până la maturitatea de consum și de 80-85 zile până la maturitatea fiziologică; culoarea florilor este violet; tipul de determinare a plantelor mare; frunze de culoare verde deschis, late; păstaia este cilindrică, ușor curbată, cu vârful ascuțit; numărul mediu de păstăi pe plantă este de 12-14; boabele sunt reniforme, de culoare mov deschis; populație sensibilă la *Tetranychus urticae* sin. (Acarionul roșu comun).



Fig. 3.4. Populația locală Blăgești 3 (original)

Fig. 3.4. Local population Blăgești 3 (original)

Populația locală Blăgești 4 (Fig.3.5.), populație semitimpurie, cu perioada de vegetație de 55-60 zile până la maturitatea de consum și de 80-85 zile până la maturitatea fiziologică; culoarea florilor violet; tipul de determinare a plantelor este medie; numărul mediu de păstăi pe plantă este de 20-25; nu are ațe și nici strat pergamentos. Păstaia este lunguiață, ușor curbată, de culoare galbenă. Boabele la maturitate fiziologică sunt de culoare alb-gălbui.



Fig. 3.5. Populația locală Blăgești 4 (original)

Fig. 3.5. Local population Blăgești 4 (original)

Populația locală Moșna (Fig.3.6.), populație târzie, cu perioada de vegetație de 100-120 zile până la maturitatea fiziologică; păstaia este ușor curbată, de culoare galben-limoniu; numărul mediu de păstăi pe plantă este de 10-15; nu are ațe și nici strat pergamentos; culoarea florilor este alb-violet; tipul de determinare a plantelor este mare; păstăile sunt pestrițe, la fel și boabele.



Fig. 3.6. Populația locală Moșna (original)

Fig. 3.6. Local population Moșna (original)

Populația locală Săveni (Fig.3.7.), populație târzie, cu perioada de vegetație de 100-120 zile, culoarea florilor mov; tipul de determinare a plantelor mare, care ajung la înălțimea de 3 m; păstaia este ușor curbată, de culoare galbenă; numărul mediu de păstăi pe plantă este de 15-20; boabele la maturitate fiziologică sunt pestrițe. Populația prezintă sensibilitate mare la *Tetranychus urticae* sin. (Acarionul roșu comun) și *Frankliniella occidentalis* (Tripsul californian).



Fig. 3.7. Populația locală Săveni (original)

Fig. 3.7. Local population Săveni (original)

Populația locală Trușești 2 (Fig.3.8.), populație timpurie, productivă, cu perioada de vegetație, de 45-50 zile până la maturitatea de consum și de 80-85 zile până la maturitatea fiziologică. Planta are portul determinat, cu înălțimea de 1.20 m; culoarea florilor este mov. Păstaia este ușor curbată, cu vârful ascuțit; numărul mediu de păstăi pe plantă este de 30-35 și se coc eșalonat. Boabele la maturitate fiziologică sunt de culoare pestriță.



Fig. 3.8. Populația locală Trușești 2 (original)

Fig. 3.8. Local population Trușești 2 (original)

3.3. Metodologia de testare a reacției fiziologice la salinitate a populațiilor locale studiate

Metodologia privind testarea reacției fiziologice la salinitate, care a stat la baza cercetărilor este reprezentată de următoarele etape de lucru: pregătirea substratului de cultură, pregătirea solului, pregătirea boabelor pentru semănat, prepararea soluțiilor, aplicarea tratamentelor saline și lucrările de îngrijire.

3.3.1. Pregătirea substratului de cultură

Pentru testarea reacției la excesul de NaCl a populațiilor locale de fasole colectate în pretestare, s-a înființat o cultură în vase de vegetație, cu capacitatea de 12 litri amestec pământ. S-a folosit un substrat de cultură „FloraSol”, ambalat în saci de 10 litri în amestec cu turbă "KEKKILA DSM 2" ambalat în saci de 300 litri și o parte din primul sol fertil decopertat din ferma "V. Adamachi". În Tabelul 3.1. sunt redată principalele caracteristici ale substratului de cultură utilizat în experiență.

Tabelul 3.1./ Table 3.1.

Descrierea substratului de cultură/ Description of the culture substrate

Substratul de cultură	Caracteristici
	Pământul universal FloraSol - substrat cu structură ușoară, bine compostat, cu pH 6,0-7,5; conține turbă eutrofă, turbă oligotrofă, îmbogățit cu îngrășăminte complexe; are în compoziția sa: N 300 mg/l, P ₂ O ₅ 100 mg/l și K ₂ O 30 g/l.
	Turba Kekkila BroWn025 W - substrat pentru producerea răsadurilor, obținut din turbă brună cernută fin, cu pH ajustat la 5,5/5,9, fertilizat cu îngrășământ formula starter NPK 14-16-18 + ME. Se recomandă pentru producerea răsadurilor de legume în ghivece sau suporturi alveolare.

Pentru înființarea culturii de fasole, s-a făcut un amestec în proporție de 40% sol fertil, mranită grosieră 25% și 35% turbă. La sfârșitul tratamentului a fost determinat un pH moderat alcalin; un astfel de pH afectează plantele, împiedicând accesul anumitor elemente chimice în sol (fier); totodată poate duce la apariția clorozei feroase deosebit de gravă pentru plante.

Semănatul s-a efectuat la data de **15 mai**, în primul câț și în anul al doilea de studiu, iar în fiecare vas de vegetație au fost semănate cinci semințe.

Pentru dezinsecția amestecului de pământ s-a utilizat insecticidul FORCE 1,5 G (Fig.3.9.). Acesta este un insecticid pentru aplicare la sol și dezvoltat pentru controlul rezidual al principalilor dăunători de sol în agricultură.

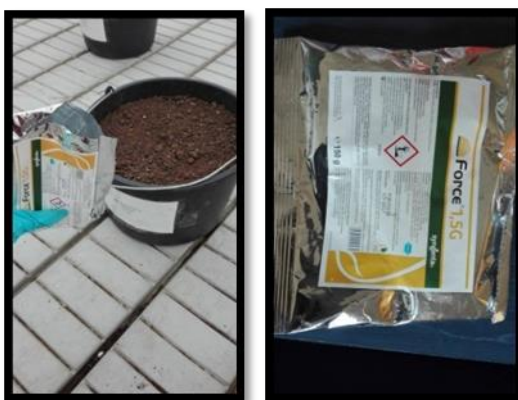


Fig. 3.9. Insecticidul Force 1,5 G (original)

Fig. 3.9. Insecticide Force 1,5 G (original)

3.3.2. Pregătirea semințelor

În prima etapă de lucru, înainte ca semințele să fie utilizate pentru producerea răsadului, au fost menținute la temperatura de 4°C pentru o mai bună capacitate germinativă. Înainte ca acestea să fie puse în substratul de cultură, semințele au fost tratate cu insecticidul Reldan 20 EC, timp de 24 de ore (Fig.3.10.).



Fig. 3.10. Aplicarea insecticidului Reldan 22 EC (original)
Fig. 3.10. Application of the insecticide Reldan 22 EC (original)

3.3.3. Lucrările de îngrijire aplicate

Lucrările de îngrijire aplicate plantelor de fasole au fost cele descrise de Munteanu (2003) și Popescu (1996). Acestea includ atât lucrări generale (irigare, fertilizare fazială, combaterea bolilor și dăunătorilor), cât și lucrări speciale (palisatul, cârnitul și asigurarea polenizării):

- *afânarea solului* din vasele de vegetație s-a realizat manual;
- *susținerea plantelor* a fost efectuată cu ajutorul tutorilor din bambus;
- *defoliatul* a constat în eliminarea frunzelor îmbătrânite, aflate sub etajul de păstăi, care au început să se maturizeze; în acest mod s-a asigurat o mai bună aerisire și iluminare a plantelor;
- *polenizarea suplimentară* s-a realizat prin scuturarea manuală a plantelor;
- *cârnitul* s-a realizat cu rolul de a opri creșterea plantelor prin suprimarea vârfului tulpinii de la ultima inflorescență, dar și de a limita perioada de recoltare; totodată de a grăbi creșterea și maturarea fructelor și de a îmbunătăți calitatea acestora;
- *dirijarea factorilor de mediu* s-a efectuat permanent, de la înființarea culturii până la ultima recoltare și a avut ca scop reglarea la nivelul valorilor optime a factorilor lumină, temperatură, umiditate și aer;
- *fertilizarea* este o lucrare de maximă importanță, care influențează direct nivelul producțiilor. În experiență s-a utilizat îngrășământ specific pentru fiecare fază de vegetație (fertilizarea fazială s-a efectuat de trei ori, începând cu apariția primelor păstăi. Următoarele reprize de fertilizare au fost efectuate la aproximativ șapte de zile una față de alta).

S-au folosit soluții complexe care să asigure necesarul de macro și microelemente. În experiență s-a utilizat îngrășământul de amestec tip NPK cu oligoelemente (Solfert 10-5- 40 + ME);

- *irigarea* s-a efectuat zilnic și ori de câte ori a fost nevoie cu cantități de apă ce s-au calculat în funcție de faza de vegetație (după răsărire, în scopul uniformizării nivelului de creștere al plantelor și dezvoltării sistemului radicular, mai ales a celui tânăr, care participă efectiv la realizarea simbiozei; la începutul înfloritului, pentru asigurarea condițiilor de evoluție normală a florilor, a polenizării și a legării păstăilor; în perioada creșterii păstăilor, pentru a obține păstăi de calitate);
- *combaterea bolilor și dăunătorilor* este una dintre cele mai complexe lucrări. Metoda luptei integrate este unanim acceptată și folosită. Combaterea chimică, folosită ca ultimă măsură, s-a efectuat la momentul optim și cu produse eficiente.
- *recoltarea fasolei în seră* s-a făcut manual, când păstăile au ajuns la maturitatea de consum și sunt fragede și nu au prezentat strat pergamentos și ațe. Lucrarea s-a executat de 2-3 ori pe săptămână. Primele recoltări s-au realizat la 50-60 de zile de la plantat, iar recoltarea a durat între 1,5-3 luni, în funcție de epoca de înființare și de durata perioadei de vegetație.

Repartizarea semințelor, atât în spațiu cât și pe adâncime a fost uniformă. Temperatura din seră a fost setată la 18-24°C. Dacă în această perioadă solul s-a uscat la suprafață, s-a aplicat o udare pentru a asigura o răsărire uniformă. După răsărire, umiditatea solului s-a menținut la 50-55% din capacitatea pentru apă în câmp, prin udări zinice.

În perioada creșterii intense, umiditatea s-a menținut la 70% din capacitatea totală. În zilele călduroase și însorite s-au aplicat și câte două udări.

Pentru a se asigura condiții uniforme tuturor vaselor de vegetație li s-a schimbat locul atât în lungul șirului cât și lateral (Jităreanu, 1994).

În timpul perioadei de vegetație, s-au făcut observații și determinări asupra plantelor. La aplicarea tratamentelor saline, la descrierea unor procese fiziologice, dar și la realizarea unor lucrări de îngrijire s-a ținut cont de sistemul de clasificare a fenofazelor BBCH (după Feller, 1995). Ca și mod de utilizare a presupus identificarea principalelor stadii de dezvoltare și anume: germinația, creșterea frunzelor, formarea mugurilor laterali, apariția inflorescențelor, înflorirea, dezvoltarea păstăilor, maturarea seminței, dar și senescența (Tabelul 3.2.).

Tabelul 3.2./ Table 3.2.

Sistemul de clasificare al fenofazelor la fasole în sistemul BBCH / The classification of phenophases system on beans in system BBCH (Feller, 1995)

Cod	Descriere
Principiul de creștere la faza 0: Germinația	
00	Sămânță uscată
01	Începutul imbibității seminței
03	Imbibitia semințelor completă
05	Apariția radiclei din sămânță
07	Ieșirea hipocotilului cu cotiledoanele din sămânță
08	Alungirea hipocotilului spre suprafața solului
09	Răsărire: hipocotilul cu cotiledoanele străpung solul
Principiul de creștere la faza 1: Dezvoltarea frunzelor	
10	Cotiledoanele sunt bine dezvoltate
12	2 frunze vertical desfășurate
13	A 3-a frunză adevărată (aparitia frunzelor trifoliate) desfășurate
Acestea continuă până la ...	
19	9 sau mai multe frunze desfășurate (2 frunze întregi, 7 sau mai multe trifoliate)
Principiul de creștere la faza 2: Formarea mugurilor laterali	
21	Primul mugur lateral vizibil
22	Al-II-lea mugur lateral vizibil
23	Al III-lea mugur lateral vizibil
Acestea continuă până la...	
29	9 sau mai mulți muguri laterali vizibili
Principiul de creștere la faza 5: Apariția inflorescențelor	
51	Primii muguri de flori vizibili
55	Primii muguri de flori se măresc
59	Primele petale de flori vizibile sunt încă închise
Principiul de creștere la faza 6: Înflorirea	
60	Primele flori înfloresc (sporadic în cadrul populației)
61	Începutul înfloririi: 10 % din flori / plante înflorite (deschise)
`	Începutul înfloririi ¹
62	20 % din flori / plante înflorite
63	30 % din flori / plante înflorite
64	40 % din flori / plante înflorite
65	Înflorire completă: 50% din flori/plante înflorite

¹Pentru soiurile cu perioadă de înflorire limitată.

Sistemul de clasificare al fenofazelor la fasole în sistemul BBCH / The classification of phenophases system on beans in system BBCH (Feller, 1995)

Principala perioadă de înflorire²

67 Sfârșitul înfloririi: majoritatea petalelor sau uscat/căzut

69 Sfârșitul perioadei de înflorire: Primele păstăi vizibile

Principiul de creștere la faza 7: Dezvoltarea păstăilor

71 Primele păstăi vizibile 10 % din mărime realizată

Începutul dezvoltării păstăilor

72 20 % din mărimea păstăii realizată

73 30 % din mărimea păstăii realizată

74 40 % din mărimea păstăii realizată

75 50 % din mărimea păstăii realizată

76 60 % din mărimea păstăii realizată

77 70 % din mărimea păstăii realizată

78 80 % din mărimea păstăii realizată

79 Mărimea specifică a păstăilor realizată (fiecare păstaie împarte ușor vizibilă)

Principiul de creștere la faza 8: Maturarea fructului și a seminței

81 10% din păstăi au ajuns la maturitatea de consum [boabe tari]

Semințele încep să se matureze

82 20% din păstăi au ajuns la maturitatea de consum [boabe tari]

83 30% din păstăi au ajuns la maturitatea de consum [boabe tari]

84 40% din păstăi au ajuns la maturitatea fiziologică [boabe tari]

85 50% din păstăi au ajuns la maturitatea fiziologică [boabe tari]

Principala perioadă de coacere

86 60% din păstăi au ajuns la maturitatea fiziologică [boabe tari]

87 70% din păstăi au ajuns la maturitatea industrială[boabe tari]

88 80% din păstăi au ajuns la maturitatea industrială [boabe tari]

89 Păstăile au ajuns la maturitate industrială[boabe tari]

Principiul de creștere la faza 9: Senescență

97 Îmbătrânirea plantei

99 Produsul recoltat

3.3.4. Pregătirea soluțiilor și aplicarea tratamentelor cu NaCl

În condiții de seră, populațiile locale de fasole au fost supuse stresului salin fiind tratate constant cu apă salină odată/săptămână cu câte 500 ml soluție/vas de vegetație, timp de 30 de zile. Datele au fost colectate în faza 6, de înflorire (60-Primele flori înfloresc (sporadic în cadrul populațiilor) până în faza 7: Dezvoltarea păstăilor (77-70 % din mărimea păstăii).

Pentru aplicarea tratamentelor a fost realizată o soluție stoc de NaCl de concentrație 5M, din care s-au pregătit prin diluție, concentrațiile de 100 mM și 200 mM.

² Pentru soiurile la care perioada de înflorire nu este limitată.

3.4. Metodele de cercetare utilizate

Pentru realizarea tezei de doctorat cu titlul „*Cercetări privind reacția fiziologică a unor genotipuri de fasole la factorii de stres salin*” s-au supus testărilor fiziologice și biochimice, necesare evidențierii stresului salin, un număr de șapte populații locale de fasole.

3.4.1. Determinarea intensității procesului de creștere și dezvoltare

Creșterea diferitelor organe poate fi măsurată prin metode biometrice și metode gravimetrice, iar în cazul de față s-a realizat prin determinarea suprafeței foliare a frunzelor și a numărului de boabe pe plantă, precum și greutatea acestora, după metodele descrise de Jităreanu și colab., 2011.

3.4.1.1. Determinarea suprafeței foliare

❖ Determinarea suprafeței foliare cu aparatul AM 300-0002 ADC Bioscientific

Suprafață foliară este un indice fiziologic de o importanță majoră în ceea ce privește caracterizarea multor procese metabolice. Pentru a se măsura acest indice, frunzele au fost detașate de pe tulpină și introduse sub folia scannerului portabil Area Meter AM 300-002 Bioscientific Ltd (Fig. 3.11) (Jităreanu și colab., 2014).

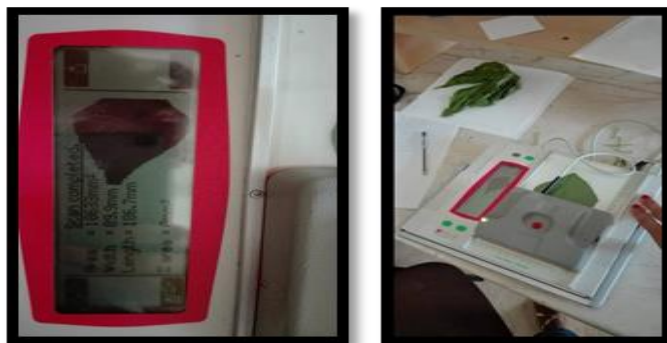


Fig. 3.11. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea suprafeței foliare a plantelor cu ajutorul scannerului portabil Area Meter AM 300-0002 ADC Bioscientific (original)

Fig. 3.11. Aspects of how to work for determination of the foliar surface of plants with the help portable scanner Area Meter AM 300-0002 ADC Bioscientific (original)

3.4.1.2. Determinarea numărului de boabe pe plantă și greutatea acestora

S-a realizat prin numărarea boabelor. Aceste observații s-au efectuat în stadiile 81-89, după BBCH.

Recoltarea s-a făcut eșalonat, fiind recoltate păstăile ajunse la maturitate tehnologică. După procesul de recoltare s-a determinat greutatea medie pe fiecare plantă în parte, utilizându-se balanța electronică. S-au făcut observații și asupra populațiilor locale la care păstăile au ajuns cel mai repede la maturitate deplină.

3.4.2. Determinarea unor procese fiziologice și biochimice

În cele ce urmează se vor prezenta metodele utilizate în scopul cercetărilor din cadrul tezei de doctorat privind determinarea: intensitatea transpirației, conținutului de pigmenți fotosintetici, conductanța stomatelor, conținutului de prolină din frunze, concentrației de proteină din boabe, acumularea de Na^+ și Cl^- din frunze, dar și pH-ul solului.

3.4.2.1. Determinarea ritmul de deshidratare la nivel foliar și a conținutului de apă

Pentru analiza transpirației s-a determinat ritmul de deshidratare foliară 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. Același material vegetal este apoi uscat la etuvă, la temperatura de 105°C , până la o greutate constantă. Cantitatea de apă pierdută prin uscare la etuvă este considerată apă legată. Apa liberă împreună cu cea legată reprezintă apa totală. Prima cântărire reprezintă greutatea inițială a frunzei turgescențe (G_0), iar celelalte cântăriri ($G_1, G_2 \dots G_n$) dau prin diferențe cantitățile de apă eliminate de frunze în intervalul de timp respectiv (Fig.3.12).

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 țesuturilor după relația (Sălăgeanu, 1965):

$$X_1 = 100G_1/G_0;$$

$$X_2 = 100 G_2/G_0.$$



Fig. 3.12. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea ritmului de deshidratare la nivel foliar și a conținutului de apă al plantelor (original)

Fig. 3.12. Aspects of how to work for determination the rate of dehydration and the water content of the plants (original)

3.4.2.2. Determinarea conținutului de pigmenți fotosintetici din frunze

Determinarea conținutului de pigmenți clorofilieni s-a determinat cu dispozitivul CCM-200 PLUS, produs de firma Opti-Sciences (Fig.3.13). Acesta folosește o metodă nedistructivă pentru aprecierea conținutului de clorofilă, care se bazează pe determinarea indicelui de clorofilă (CCI), definit ca raportul dintre transmisia la 931 nm și cea de la 653 nm printr-o frunză.



Fig. 3.13. CCM 200 plus (Chlorophyll Content Meter) (original)

Fig. 3.13. CCM 200 plus (Chlorophyll Content Meter) (original)

Determinarea conținutului de pigmenți clorofilieni din frunze s-a realizat și prin metoda spectrofotometrică descrisă de Jităreanu și colab., 2011, cu ajutorul spectrofotometrului SHIMANDZU UV-1800.

Principiu. Aprecierea conținutului de clorofila *a* și *b* s-a realizat pe baza determinării capacității de absorbție a luminii de către extractul acetonc de pigmenți fotosintetici, analizată prin metoda spectrofotometrică.

Modul de lucru: Se cântăresc 0,5 gr de material vegetal, care se mojarază cu puțină sticlă pisată. Se adaugă treptat 50 ml acetonă 80%, se omogenizează și se filtrează amestecul prin filtru Gooth, la pompa de vid, într-un balon Erlenmeyer. Extractul acetonc de pigmenți se toarnă în balonul cotat de 50 ml și se aduce la semn, obținându-se concentrația de 1%. Se determină capacitatea de absorbție a luminii de către extractul acetonc de pigmenți prin citire la spectrofotometru, în spectrul vizibil (400-700 nm) (Fig.3.14).

Cantitatea de pigmenți din proba analizată se calculează cu ajutorul formulelor:

$$\checkmark \text{ clorofila } a \text{ (mg)} = 9,78 A_{662} - 0,99 A_{646}$$

$$\checkmark \text{ clorofila } b \text{ (mg)} = 21,4 A_{646} - 4,65 A_{662}$$

Întrucât aceste formule au fost date (Holm, 1954) pentru un litru de extract de pigmenți, cantitatea de pigmenți asimilatori din proba analizată se află introducând, pentru fiecare pigment în parte, valoarea obținută prin calcul, în relația:

$\text{mg pigmenți} \times 25 / 1000$, în care: 25 reprezintă volumul extractului de pigmenți obținut din materialul vegetal analizat. Rezultatul obținut se raportează la masa proaspătă și uscată a probei cercetate (<http://www.scribub.com>).



Fig. 3.14. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea conținutului de pigmenți clorofilieni cu spectrofotometrul SHIMANDZU UV-1800 din plante (original)

Fig. 3.14. Aspects concerning the working for determining the content of chlorophyll pigments with the SHIMANDZU UV-1800 spectrophotometer to plants (original)

3.4.2.3. Determinarea conductanței stomatelor

Porometrul foliar ajută la măsurarea fluxului de vapori de apă între stomatele frunzelor și exterior, ceea ce este o indicație directă a conductanței stomatelor. Astfel, prin măsurători directe asupra frunzelor se pot afla informații cu privire la stresul hidric al plantelor, capacitatea de fotosinteză sau schimbul de gaze cu atmosfera (O_2/CO_2).

Principiul metodei. Porometrul foliar SC-1 măsoară conductanța stomatelor folosind metoda determinării fluxului de vapori de apă de la suprafața frunzei spre atmosferă în condiții staționare. O micro-incintă cu cale de difuzie cunoscută este aplicată pe suprafața frunzei, iar fluxul de vapori este determinat din gradientul de presiune al vaporilor și respectiv conductanța cunoscută a micro-incintei (Fig.3.15) (Jităreanu și colab., 2014).



Fig. 3.15. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea conductanței stomatelor cu Porometrul foliar SC-1 la plante (original)

Fig. 3.15. Aspects concerning the working method for determining of stomatal conductance, with Porometer SC-1 to plants (original)

3.4.2.4. Determinarea conținutului de prolină din frunze

Conținutul de prolină liberă din frunze a fost determinat prin metoda spectrofotometrică, descrisă de Bates et al., 1973.

Prolina este un aminoacid cu rol protector, sintetizat în cazul în care plantele sunt supuse unui factor de stres. Metoda are la bază reacția prolinei cu ninhidrina sau cu acidul ninhidric, cu formarea unui compus de culoare gălbui-roșiatică.

Modul de lucru:

- se cântăresc 0,5 g țesut vegetal și se omogenizează împreună cu acidul sulfosalicilic 3%, apoi se filtrează prin două hârtii de

filtru de tip Watman și se centrifughează filtratul la 5000 r.p.m./10 minute.

- 2 ml din acest filtrat reacționează cu 2 ml de acid ninhidric + 2 ml de acid acetic glacial într-o eprubetă, timp de o oră la 100°C, apoi se trece preparatul pe baie de gheață până la sfârșitul reacției.
- amestecul de reacție este extras în 4 ml de toluen, agitat riguros timp de 15-20 de secunde.
- extrasul de toluen colorat este aspirat de pe faza apoasă, iar absorbanta este citită la spectrofotometru la 520 nm, utilizând toluen pentru proba oarbă (Covașă, 2016) (Fig.3.16).

Formula de calcul a conținutului de prolină, după Carillo and Gibon, (2011) este următoarea: $(\text{Abs}_{\text{extract}} - \text{blank})/\text{slope} * \text{Vol}_{\text{extract}} / \text{Vol}_{\text{aliquot}} * 1/\text{FW}$.

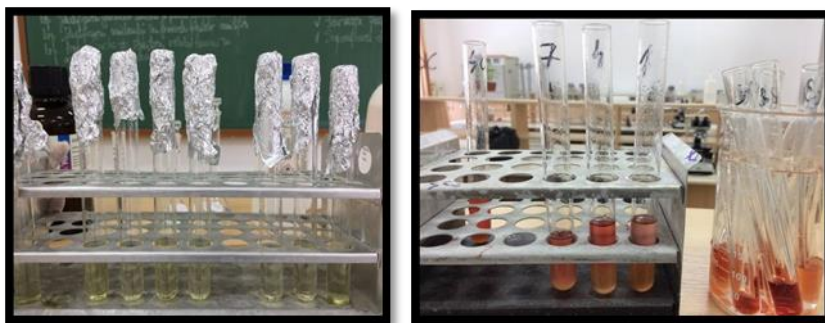


Fig. 3.16. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea conținutului de prolină din frunze (original)

Fig. 3.16. Aspects concerning the working method for determining the proline content of leaves (original)

3.4.2.5. Determinarea gradului de acumulare a Cl⁻ în frunze

Conținutul de clor din frunze a fost determinat prin metoda descrisă de Slabu și colab., 2009.

Modul de lucru: 0,2 g material vegetal uscat și fin măcinat, se pun într-un balon cotat de 50 ml, peste care se adaugă 30 ml de apă distilată. Se fierb 3 ore în baie de apă sub agitare. După răcirea baloanelor cotate, acestea vor fi aduse la semn cu apă distilată. Proba se filtrează prin filtru cu bandă albă (Fig. 3.17).



Fig. 3.17. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea conținutului de Cl^- din frunze (original)

Fig. 3.17. Aspects of how to work for determination of the content of Cl^- from leaves (original)

Concentrația de clor a fost determinată prin titrare potențimetrică, cu ioni de argint. S-a folosit aparatul Analytical Chloride Titrator (Fig.3.18).



Fig. 3.18. Aparatul Analytical Chloride Titrator (original)

Fig. 3.18. The device Analytical Chloride Titrator (original)

3.4.2.6. Dozarea Na^+ din materialul vegetal prin metoda fotometriei în flacără

Determinările privind dozarea Na^+ din materialul vegetal s-au făcut prin metoda fotometriei în flacără, și a avut loc la Institutul de Cercetări pentru Agricultură și Mediu (ICAM), din Iași.

Modul de lucru:

- materialul vegetal a fost tăiat și uscat în etuvă la 105°C , timp de 24 ore, apoi mojarat fin;
- 1 g de pulbere este supus demineralizării cu 5 ml HNO_3 (65%) și 1 ml H_2O_2 , timp de 4 ore, pe o baie de nisip electrică la $T = 70^\circ\text{C}$; după răcire, s-au adăugat 20 ml apă ultrapură și amestecul a fost menținut 6 ore pe o baie

de nisip electrică la $T = 70^{\circ}\text{C}$. Acest proces a fost repetat de două ori pentru a obține soluții limpezi;

- preparatul a fost transferat în balon cotat de 25 ml și adus la semn cu apă ultrapură; apoi după ce au fost filtrate prin hârtie de filtru Whatman nr. 42, soluțiile au fost transferate în baloane de sticlă brună (Fig.3.19) (Munns et al., 2010).



Fig. 3.19. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea Na^+ din plante, prin metoda fotometriei (original)

Fig. 3.19. Aspects of working methods for determining Na^+ from plants, by photometry method (original)

3.4.2.7. Determinarea conținutului de proteină brută din boabe

Determinările privind conținutul de proteină brută din boabe au avut loc în "Laboratorul de control al calității nutrețurilor" din cadrul U.S.A.M.V. Iași.

Metoda de determinare a proteinei în laborator este metoda Kjeldahl. Principiul metodei constă în dozarea azotului total și transformarea acestuia în proteină brută prin înmulțirea cu factorul 6,25 (<http://www.zoonutritie.ro>).

Dozarea proteinei brute prin intermediul metodei Kjeldahl se realizează în trei etape de lucru: mineralizare, distilare și titrare (Fig.3.20, Fig.3.21, Fig.3.22).



Fig. 3.20. Pregătirea probelor pentru determinarea proteinei din boabe (original)

Fig. 3.20. Preparation of samples for the determination of bean protein (original)

1. Mineralizarea este etapa în care din probă este scos din combinațiile organice și trecut în combinațiile anorganice, prin fierbere, folosind o soluție de acid sulfuric concentrat.

Material vegetal + H_2SO_4 conc. $\rightarrow (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ + alți compuși

2. Distilarea este etapa în care sulfatul de amoniu rezultat la mineralizare, este descompus prin fierbere cu o soluție de NaOH 33% în exces, până la NH_3 , produs care distilă și este captat într-o soluție de H_2SO_4 n/10.



Fig. 3.21. Determinarea proteinei - mineralizarea și distilarea (original)

Fig. 3.21. Determination of protein- mineralisation and distillation (original)

3. Titrarea este etapa în care H_2SO_4 n/10 în exces, cel care nu s-a combinat cu NH_3 , este titrat cu o soluție de NaOH n/10, în prezența unui indicator. Prin diferența dintre cantitatea de H_2SO_4 n/10 folosită la captarea amoniacului și cantitatea de NaOH n/10 folosită la titrare, se va stabili cantitatea de H_2SO_4 care s-a combinat cu NH_3 .



Fig. 3.22. Determinarea proteinei – titrarea (original)

Fig. 3.22. Determination of protein – titration (original)

Conținutul în proteină brută este dat de relația:

$$Nt (\%) = (v_a \times f_a - v_b \times f_b) - (v_a \times f_a - V_{PO} \times f_b) / mp \times 0,14$$

$$P.B. (\%) = Nt \times F$$

$$F = 6,25$$

în care:

mp = Masa probă (g)

f_a = Factor (H_2SO_4)

f_b = Factor (NaOH)

v_a = H_2SO_4 (ml)

v_b = NaOH (ml)

Nt = Azot total (%)

P.B. = Proteină (%)

V_{PO} = Proba oarbă

3.4.3. Modalități de validare și valorificare a rezultatelor obținute

Pentru determinarea semnificației diferențelor dintre populații, prelucrarea statistică a datelor obținute s-a făcut prin analiza varianței și *testul T*, pentru experiențe bifactoriale. Relațiile și legăturile dintre caracterele cantitative studiate, au fost analizate cu ajutorul corelației.

Testul Student a fost utilizat pentru compararea mediei unei caracteristici la două populații. Acest test s-a determinat cu ajutorul aplicației Data Analysis din Microsoft Excel.

Testul Anova reprezintă o generalizare a *testului T* și a apărut din necesitatea de a compara mai multe medii. Cu acest test am analizat interacțiunile dintre variabilele testate. S-a utilizat Anova Two Factor (Townend, 2002).

❖ Mărima efectului în cazul corelației liniare r (Pearson)

Calculul coeficientului de corelație s-a realizat cu Microsoft Excel utilizând funcția Correl. În natură nu există corelații perfecte, ci apar doar în

exemple ipotetice. Colton (1974) specifică o serie de reguli empirice cu privire la interpretarea coeficientului de corelație:

- un coeficient de corelație de la -0.25 la 0.25 reprezintă o corelație slabă sau nulă;
- un coeficient de corelație de la 0.25 la 0.50 sau de la -0.25 la - 0.50 reprezintă un grad de asociere acceptabil;
- un coeficient de corelație de la 0.5 la 0.75 sau de la - 0.5 la - 0.75 reprezintă o corelație moderată spre bună;
- un coeficient de corelație mai mare de 0.75 sau mai mare de -0.75 reprezintă o foarte bună corelație sau asociere (Oancea, 2007).

CAPITOLUL 4. CARACTERIZAREA PRELIMINARĂ A REACȚIEI UNOR POPULAȚII LOCALE DE FASOLE SUPUSE STRESULUI SALIN

CHAPTER 4. PRELIMINARY CHARACTERISATION OF THE REACTION OF LOCAL BEAN POPULATIONS SUBJECT TO SALT STRESS

În primul an de studiu 2016-2017 au fost studiate 7 populații locale de fasole, care au fost supuse unor testări fiziologice și biochimice, precum: suprafața foliară, conținutul de apă la nivel foliar, ritmul de deshidratare foliară, conținutul de pigmenți fotosintetici, conductanța stomatelor, conținutul de Na^+ și Cl^- din frunze, conținutul de prolină din frunze, conținutul în proteină brută a boabelor, plus elemente legate de producție. Toate aceste determinări au vizat evidențierea răspunsului la stresul salin a genotipurilor experimentate.

4.1. Rezultate experimentale privind efectele excesului salin asupra creșterii și dezvoltării plantelor de fasole

Conform celor afirmate de Pleșa și Cîmpeanu (2001), procesele de creștere și dezvoltare ale plantelor sunt influențate de nivelul de salinizare a solului, iar acesta la rândul lui depinde de conținutul inițial de săruri și de gradul de mineralizare a apei de irigat. În mod indirect, sărurile din soluția solului influențează creșterea plantelor, prin reducerea accesibilității apei pentru plante, dar și prin înrăutățirea regimului de nutriție și afectarea metabolismului.

Reducerea creșterii plantelor este direct proporțională cu cantitatea de săruri transportată din zona radiculară în plantă, fapt care are ca efect diminuarea turgescenței celulelor și încetinirea creșterii plantelor. Dacă ritmul de aprovizionare a frunzelor cu apa încărcată cu săruri depășește ritmul de preluare a ionilor de către celule, crește concentrația de săruri în membranele celulare, fapt care produce o reducere a turgescenței celulelor, iar în cazuri extreme chiar moartea celulelor mezofile. Prin urmare, efectul nu se datorează potențialului diferit al apei din mediul extern și rădăcini, ci potențialului din interiorul celulelor.

În cadrul acestui studiu, cercetările cu privire la reacția fiziologică a unor populații locale de fasole în condiții de stres salin, au inclus măsurători

asupra unor caractere morfologice care țin de dinamica intensității procesului de creștere: suprafața foliară, precum și asupra procesului de dezvoltare, respectiv fructificare: producția de boabe/plantă și greutatea boabelor/păstaie.

4.1.1. Influența stresului salin asupra suprafeței foliare

Suprafața foliară este un indice fiziologic care are o importanță majoră, cu privire la caracterizarea intensității proceselor de creștere, transpirație, respirație și fotosinteză (Covașă, 2016). Dobre și Lazăr (2014) precizează că estimarea suprafeței foliare deși insuficientă ca valoare izolată este indispensabilă pentru manifestarea evapotranspirației și fotosintezei în perioada de maxim impact al acestor procese.

Suprafața specifică a frunzelor este o variabilă asociată cu un număr de aspecte funcționale ale fiziologiei plantelor, inclusiv schimbul de gaze și rata de creștere relativă (Lambers și Poorter, 1992). În urma cercetărilor făcute s-a concluzionat că salinitatea determină creșterea grosimii frunzei, datorită dimensiunii crescute a celulelor mezofile sau a numărului de straturi (Kozłowski, 1997), care duce la o reducere a creșterii plantelor și a suprafeței frunzelor.

Conform studiilor realizate de Beișan și colab., 2009, stresul salin a determinat o reducere considerabilă a suprafeței frunzelor. După Bernstein et al., 1993, stresul salin reduce viteza de creștere a frunzei și scade intensitatea de creștere în diferite porțiuni.

Planta expusă la mediul salin are în general o suprafață a frunzei redusă, de aceea s-a urmărit efectul stresului salin asupra creșterii aparatului foliar, din treimea de mijloc a tulpinii. Determinarea suprafeței frunzelor s-a realizat cu aparatul portabil Area Meter AM 300- 0002 (Fig. 4.1-4.2.).

În urma rezultatelor obținute în primul an de studiu, s-a observat că valorile suprafeței foliare au variat, în funcție de populația locală și de concentrația salină aplicată. Analizând Figura 4.1. se poate observa că după 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline, suprafața foliară, la ambele variante tratate s-a redus comparativ cu varianta control. Cel mai puternic afectate au fost populații locale: Trușești 2, Blăgești 2 și Blăgești 3, în timp ce la celelalte, caracterul analizat a înregistrat diferențe nesemnificative. Valorile suprafeței foliare din treimea de mijloc a tulpinii la varianta control au fost cuprinse între 224 cm² și 561 cm², iar pentru plantele expuse stresului salin, acestea au oscilat de la 209 cm² până la 407 cm².

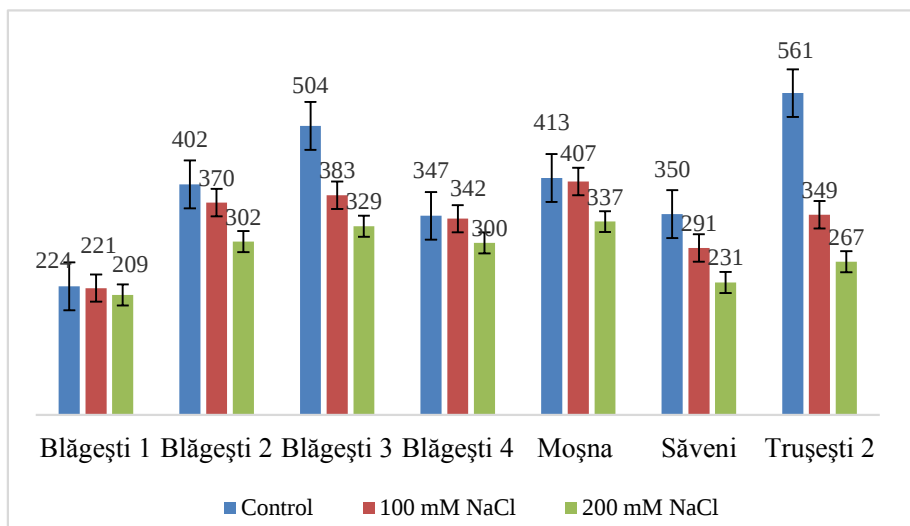


Fig. 4.1. Influența stresului salin asupra creșterii foliare, după 15 zile

Fig. 4.1. The influence of salt stress on foliar growth, after 15 days

Datele prezentate în Figura 4.2., privind valorile suprafeței foliare după 30 zile de la aplicarea tratamentelor saline, arată un comportament asemănător pentru genotipurile analizate. Diferențe semnificative s-au înregistrat la populațiile locale Trușești 2, Blăgești 2 și Blăgești 3, iar valorile obținute la acestea indică o inhibare a creșterii foliare sub influența stresului salin.

În schimb, valorile obținute la ambele tratamente, la Blăgești 1 și Blăgești 4 au fost apropiate de cele ale variantei control, ceea ce relevă faptul că aceste populații s-au adaptat la factorul de stres analizat.

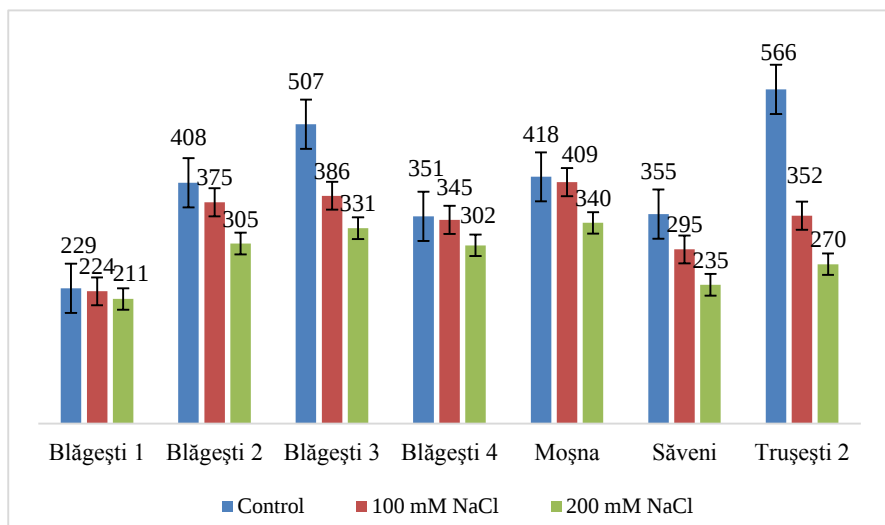


Fig. 4.2. Influența stresului salin asupra creșterii foliare, după 30 zile

Fig. 4.2. The influence of saline stress on foliar growth, after 30 days

De altfel, la frunzele din zona mediană studiată, manifestarea efectului negativ a celor două concentrații aplicate, se poate explica prin faptul că aceste frunze și-au început creșterea sub efectul stresului salin. Conform rezultatelor obținute, dozele aplicate au redus abilitatea plantelor de a absorbi apa, iar în cele din urmă a condus la o reducere a suprafeței frunzelor. Astfel, a avut loc un dezechilibru hidric, iar ionii minerali au fost transportați odată cu apa spre zonele cu transpirație mult mai intensă, unde s-au și acumulat.

Rezultatele obținute sunt în concordanță cu datele din literatura de specialitate. Longstreth and Nobel (1979); Beișan și colab. (2009), Zdribi et al. (2009), Attia et al. (2010) și Covașă (2016) specifică în studiile lor că suprafața foliară este influențată negativ de concentrații ridicate de săruri din sol.

În urma efectuării analizei varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin, atât după 15 zile, cât și 30 de zile de la aplicarea tratamentelor cu NaCl se constată diferențe nesemnificative între populațiile de la varianta control și cele de la variantele tratate cu 100 mM și 200 mM. Pe de altă parte, la sfârșitul tratamentului salin, între populațiile de la varianta tratată cu 100 mM și cele din varianta tratată cu 200 mM au existat diferențe, însă acestea au fost statistic nesemnificative (Tabelul 4.1).

Tabelul 4.1./ Table 4.1.

Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului cu NaCl pe o perioadă de 15 respectiv 30 de zile, cu privire la suprafața foliară/ The variance analysis of the bean population local under stress with NaCl for a period of 15 or 30 days on the foliar growth

	Martor /100 mM NaCl		Martor/200 mM NaCl		100 mM/200 mM NaCl	
	15 zile	30 zile	15 zile	30 zile	15 zile	30 zile
T Stat	1.18	2.19	2.60	2.81	0.95	0.23
P	^{ns} 0.12	* 0.02	*0.01	^{ns} 0.007	^{ns} 0.178	^{ns} 0.407
(T<=t)						
T critic	2.1788	2.178	2.1788	2.1788	2.1788	2.1788

Student's TTEST (Paired Two Sample for Means): ^{ns} diferențe statistice nesemnificative (p≥0,05) între variante; *diferențe statistice semnificative (p≤0,05) între variante.

4.1.2. Influența stresului salin asupra procesului de fructificare

Salinitatea este considerată un factor semnificativ care afectează producția vegetală (Gama et al., 2007) și are rezultate imediate asupra randamentului plantelor (Greenway and Munns, 1980; Neumann, 1995). În urma studiilor realizate de Salim and Pitman (1988) la fasolea *Mungo*,

rezultatele au arătat că atât randamentul materiei uscate cât și producția de semințe la plantele cultivate timp de 14 săptămâni cu 50 mM NaCl și 100 mM NaCl au fost în jur de 60% și, respectiv 25% din plantele control.

Îmbunătățirea capacității de producție, prezintă unele particularități specifice, care decurg din însăși complexitatea acestui caracter. Creșterea potențialului productiv al soiurilor actuale necesită optimizarea tuturor proceselor fiziologice, în special pentru a face față diferitelor condiții de stres. De aceea în studiul de față, evaluarea procesului de fructificare s-a realizat prin determinarea unor indici biometrici: numărul de boabe/plantă și greutatea medie a boabelor/păstaie. Acest lucru s-a realizat deoarece este important să se cunoască modul în care salinitatea afectează producția, întrucât se pot găsi tehnici noi de cultură, care să reducă efectele nocive ale acestui factor abiotic, contribuind la identificarea unor populații locale rezistente la stres salin (Cuartero and Munoz, 1998; Covașă, 2016).

Rezultatele obținute sunt în deplină concordanță cu cele prezentate în literatură, conform cărora stresul salin este unul dintre principalii factori care limitează productivitatea legumelor în regiunile aride și semi-aride (Lluch et al., 2007) și are efecte nocive directe asupra speciilor de plante (Keck et al., 1984; Cordovilla et al., 1994). Efectul salinității asupra creșterii plantelor este legat și de stadiul dezvoltării plantelor la care s-au aplicat dozele de săruri (Chartzoulakis and Loupassaki, 1997). Cele mai multe deficiențe de calitate se bazează pe disfuncții fiziologice care apar în condiții toxice (Zorb et al., 2018).

Producția (numărul de boabe pe plantă) a fost semnificativ influențată de tratamentul salin aplicat, la ambele concentrații. Comparativ cu variantele netratate, la toate populațiile locale expuse stresului salin s-au înregistrat pierderi de producție semnificative. După aplicarea concentrației de 100 mM, cea mai redusă valoare a fost la populația locală Blăgești 4, care în urma tratamentului aplicat a înregistrat o producție de 94,74% din cea a martorului. Cele mai mici producții la această variantă s-a înregistrat la populațiile Moșna (49,84% din varianta control) și Blăgești 3 (57,00%) din varianta control. La varianta tratată cu 200 mM cele mai reduse valori s-au înregistrat la populația Blăgești 4, care a avut o producție de 93,40% din cea a martorului. În schimb, populațiile Săveni a înregistrat o producție redusă de 25,00%, iar Trușești 2 de 39,13% față de martor (Fig.4.3).

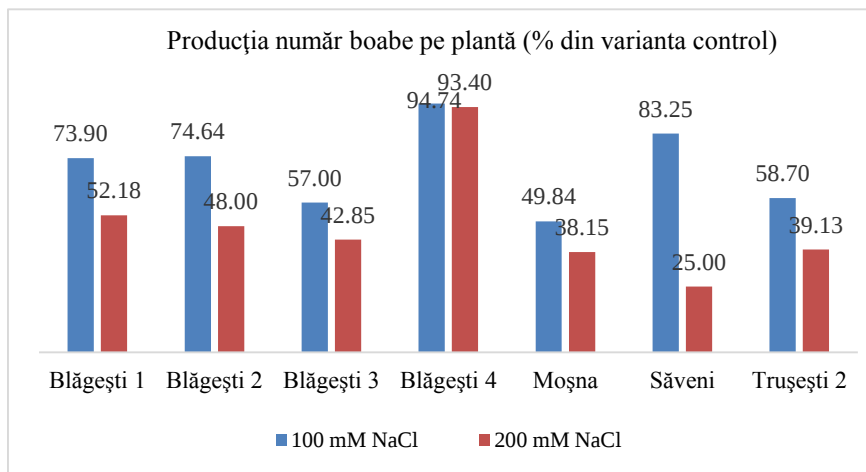


Fig. 4.3. Efectul stresului salin asupra producției

Fig. 4.3. The influence of salt stress on production

În ceea ce privește greutatea medie a boabelor/păstaie (gr.), după aplicarea tratamentului cu 100 mM, valorile au scăzut cu mult față de varianta control și au variat între 57,14% (Blăgești 3) și 91,85% (Blăgești 4) din varianta control; în cazul variantei tratate cu 200 mM s-a înregistrat o diminuare și mai pronunțată a greutății boabelor, care a oscilat între 41,17% (Moșna) și 70,27% (Blăgești 4) din cea a matorului (Fig.4.4.).

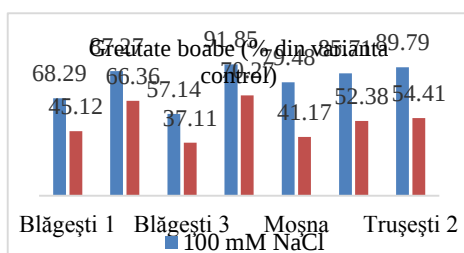


Fig. 4.4. Efectul stresului salin asupra greutății boabelor

Fig. 4.4. The influence of salt stress on weight of grains

4.2. Rezultate experimentale privind efectele stresului salin asupra unor procese biochimice și fiziologice la populațiile locale de fasole studiate

Gestionarea eficientă a resurselor și îmbunătățirea culturilor pot ajuta la depășirea stresului salin, dar astfel de strategii sunt elaborate pe termen lung și cu costuri mari, de aceea este nevoie de dezvoltarea unor metode simple și ieftine pentru managementul stresului salin, care pot fi utilizate pe termen scurt. În acest sens, tot mai mult se încearcă să se identifice cei mai importanți factori cu privire la rezistența la salinitate, deoarece conform studiilor din literatura de specialitate nu au putut fi stabiliți exact indicatorii care să confirme toleranța la salinitate a plantelor de cultură (Covașă, 2016).

4.2.1. Influența stresului salin asupra conținutului de apă la nivel foliar

Importanța apei este evidentă deoarece participă direct sau indirect la toate procesele metabolice ale organismelor vii. Aceasta este considerată solventul universal, deoarece dizolvă multe substanțe. Ca solvent, servește și ca mediu de transport al nutrienților minerali din sol, precum și în translocarea substanțelor organice în cadrul plantei. Cea mai mare parte a apei absorbite în plante este pierdută prin transpirație și doar aproximativ 1% sau mai puțin este folosit în diferite procese biochimice (Devlin, 1975; Mader, 1993). Conținutul de apă din frunze este un parametru fiziologic ce poate limita eficiența fotosintezei și a productivității biomasei la plante.

Salinitatea are un efect dublu asupra creșterii plantelor, iar pe măsură ce solul se usucă, concentrația de sare din soluția de sol crește, reducând potențialul osmotic (Marschner, 1996). De aceea, o mai bună înțelegere a efectelor dominante implicate în reacția plantelor la salinitate va facilita dezvoltarea soiurilor ameliorate și a practicilor de gestionare a culturilor.

În viața plantelor, apa îndeplinește un rol complex, întrucât participă la formarea celulelor și țesuturilor. Totodată, transportă seva brută de la rădăcini spre frunze și seva elaborată de la frunze spre organele de depozitare. Apa facilitează absorbția substanțelor anorganice și organice din sol în organismul vegetal, având un rol important în procesele de termoreglare.

Apa se găsește repartizată în organismele vegetale atât extracelular cât și intracelular sub două stări, respectiv: lichidă și gazoasă, iar în constituția corpului plantei, apa lichidă se găsește sub două forme: apă liberă și apă legată (Surdu, 2012).

Apa lichidă reprezintă principala componentă a tuturor celulelor, fiind prezentă în cantitate maximă în vacuole și minimă în organele celulare.

Apa liberă se găsește în membrana celulară, citoplasmă, constituenți celulari și vacuole; aceasta circulă foarte ușor, atât în interiorul celulei, cât și de la o celulă la alta, asigurând totodată turgescența celulelor. Apa eliminată în starea gazoasă prin transpirație provine din fracțiunea de apă liberă.

Apa legată îngheață la temperaturi mai scăzute de -10°C . Ea nu circulă în celulă sau în plantă, nu ia parte la procesele biochimice și nici la dizolvarea substanțelor organice sau anorganice. Aceasta reflectă cel mai bine starea de hidratare a coloizilor plasmatici; este apa care mărește capacitatea plantei de a rezista la factorii de stres, precum salinitatea.

Apa liberă împreună cu apa legată formează apa totală, care reflectă apa absorbită de către plante și reprezintă apa pe care o are planta la dispoziție pentru desfășurarea fotosintezei, a creșterii și a altor procese fiziologice (Teșu, 1982).

În condiții nefavorabile de mediu, când activitatea vitală a plantelor se reduce considerabil, cantitatea de apă liberă scade, iar cea a apei legate crește, ceea ce determină o rezistență mai mare a plantelor (Sand, 2001). Cantități mai mari de apă liberă au indicat că plantele posedă o rată metabolică ridicată și o creștere rapidă, dar rezistență scăzută la stres. În condiții de stres, plantele își vor pierde din cantitatea de apă liberă, rezultând o creștere a raportului de apă legată/apă liberă. În același timp, cantitatea de apă din organismul vegetal variază cu vârsta, starea fiziologică, regiunea geografică, cu intensitatea metabolismului, și în general, țesuturile tinere conțin o cantitate de apă mai mare decât cele bătrâne (Surdu, 2012).

În urma cercetărilor efectuate s-a demonstrat faptul că plantele care prezintă o mai bună rezistență la salinitate se caracterizează printr-o transpirație cuticulară și o viteză de deshidratare a frunzelor mai redusă (Petcu și colab., 2007).

➤ **Efectul stresului salin asupra conținutului de apă totală**

În anul 2017, după 15 zile de la aplicarea tratamentului salin față de varianta control, populația locală Moșna a înregistrat un conținut mai ridicat de apă totală, la ambele tratamente, cu 100 mM și 200 mM. Comparativ cu controlul, celelalte populații locale supuse stresului salin au înregistrat un conținut mai redus de apă totală, dar apropiat de această populație locală. Astfel, la aplicarea concentrației saline de 100 mM, conținutul maxim de 72,77% s-a înregistrat la populația Săveni, iar conținutul minim (24,21%) la Blăgești 2. Concentrația de 200 mM a dus la acumularea unui conținut

maxim (82,30%) de apă totală la populația Blăgești 2 și un conținut minim (59,93%) la populația Blăgești 3 (Fig.4.5).

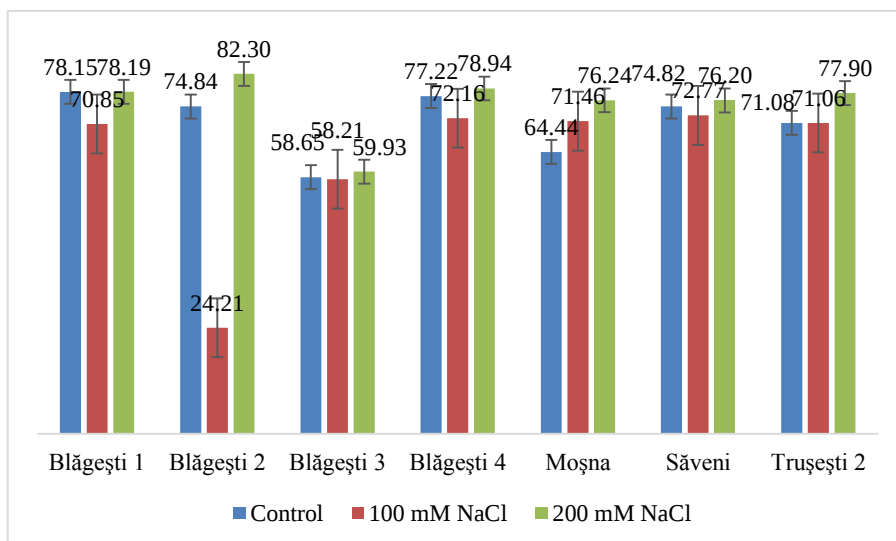


Fig. 4.5. Influența stresului salin asupra conținutului total de apă (%), după 15 zile

Fig. 4.5. The influence of salt stress on total water content (%), after 15 days

După 30 de zile de la aplicarea tratamentului salin s-a observat o ușoară scădere a conținutului total de apă pentru majoritatea populațiilor locale din cadrul celor trei variante, valorile acestui parametru oscilând între 40,00% și 79,75%. Conform rezultatelor obținute, putem specifica că după 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline, conținutul de apă totală se menține apropiat de cel al variantei control, ceea ce indică faptul că aceste populații locale s-au adaptat stresului osmotic, în tot acest timp (Fig. 4.6).

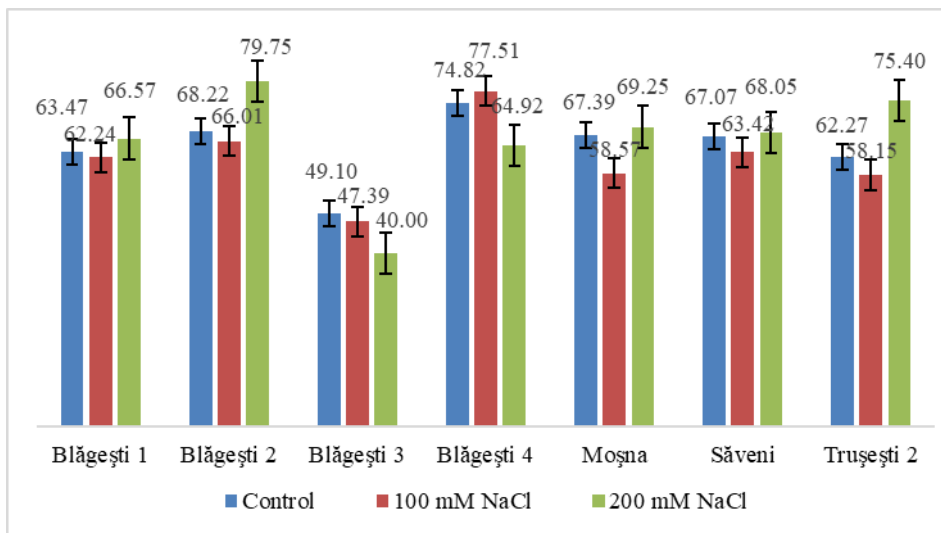


Fig. 4.6. Influența stresului salin asupra conținutului total de apă (%), după 30 zile
 Fig. 4.6. The influence of salt stress on total water content (%), after 30 days

Analiza statistică relevă faptul că după 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline, populațiile locale și concentrațiile saline au influențat statistic foarte semnificativ conținutul de apă totală. La sfârșitul tratamentului influența celor doi factori asupra conținutului total de apă prezintă diferențe statistice foarte semnificative și distinct semnificative (Tabelul 4.2.).

Tabelul 4.2./ Table 4.2.

Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin cu NaCl asupra conținutului total de apă/ The variance analysis to local populations of beans under stress with NaCl on total water content

➤ După 15 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	714.8033	6	119.1339	16.8871	0.00085	2.9961	***
Concent.	124.6915	2	62.34573	8.83747	0.004373	3.88529	***
Eroare	84.6564	12	7.0547				
Totală	924.1511	20					

➤ După 30 zile

<i>Sursa de variație</i>	<i>SP</i>	<i>GL</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>	<i>Semnificația</i>
Populația locală	462.7291	5	92.54581	32.1650	0.00083	5.0503	***
Concent.	88.7808	1	88.7808	30.8564	0.002599	6.6078	**
Eroare	14.3861	5	2.8772				
Totală	565.896	11					

Anova Two-Factor: **diferențe statistice distinct semnificative ($p \leq 0,01$) între variante;
 ***diferențe statistice foarte semnificative ($p \leq 0,001$) între variante.

➤ **Efectul stresului salin asupra conținutului de apă liberă**

Apa liberă este importantă în studiul prezent, deoarece reprezintă cantitatea de apă pierdută prin transpirație și deshidratare, după 24 de ore de expunere a frunzei la temperatura ambientală (Covașă, 2016).

În urma determinării conținutului de apă liberă în frunze, după 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline, s-a observat faptul că între variante are loc o ușoară scădere a acestui parametru odată cu aplicarea soluției saline de 100 mM pentru două dintre populații (Moșna și Trușești 2) și o ușoară creștere pentru celelalte cinci populații locale (Blăgești 1, Blăgești 2, Blăgești 3, Blăgești 4, Săveni). Valoarea maximă a conținutului de apă liberă de 41,79% a fost înregistrată la populația Blăgești 3, iar valoarea minimă de 22,10% la populația locală Trușești 2.

La varianta de 200 mM s-a observat o creștere a conținutului de apă liberă la o singură populație studiată (Trușești 2) și o scădere a acestui conținut la celelalte variante experimentale. În acest caz valoarea minimă (17,70%) aparține populației Blăgești 2, iar valoarea maximă (40,07%) populației Blăgești 3 (Fig.4.7).

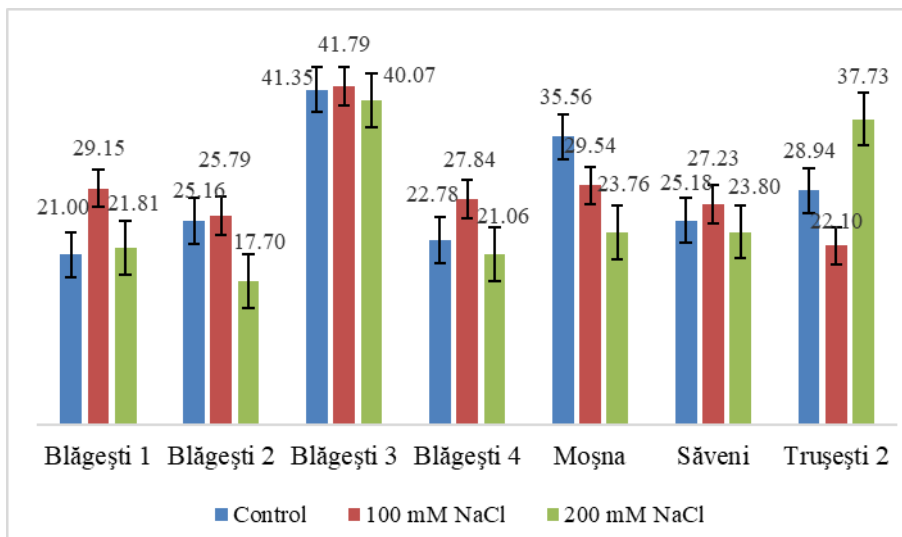


Fig. 4.7. Influența stresului salin asupra conținutului de apă liberă (%), după 15 zile
Fig. 4.7. The influence of saline stress on free water content (%), after 15 days

După 30 zile de la aplicarea tratamentelor salin, analiza apei libere prezentată în Figura 4.8. scoate în evidență un conținut mai redus, față de varianta control pentru o singură populație (Blăgești 4), la varianta tratată cu 100 mM; în cazul variantei tratate cu 200 mM, conținutul de apă liberă a fost mai redus la 5 populații din cele șapte studiate (Blăgești 1, Blăgești 2, Moșna, Săveni și Trușești 2). Astfel, scăderea conținutului de apă liberă, determină o capacitate biologică de toleranță ridicată a plantelor la condițiile de stres abiotic.

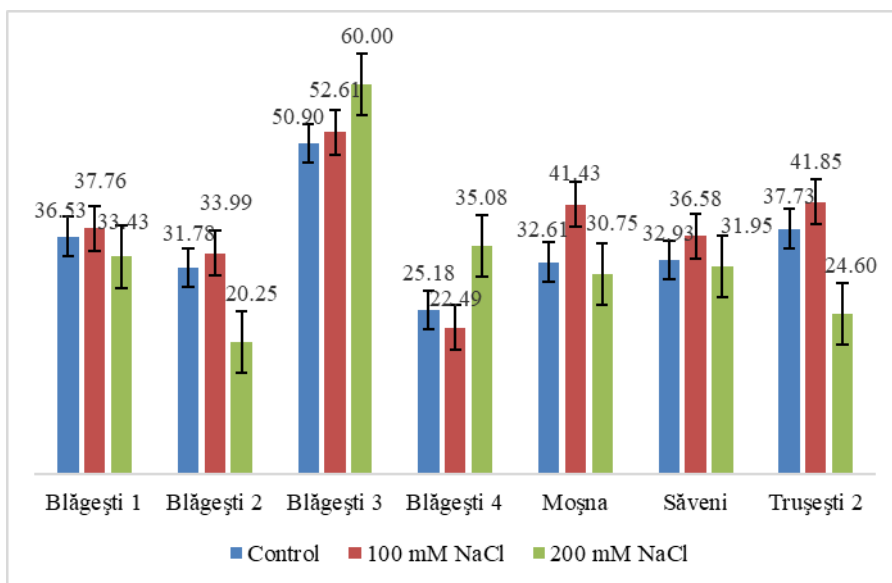


Fig. 4.8. Influența stresului salin asupra conținutului de apă liberă (%), după 30 zile
Fig. 4.8. The influence of saline stress on free water content (%), after 30 days

Analiza statistică evidențiază diferențe distinct semnificative în ceea ce privește influența celor doi factori asupra conținutului de apă liberă la 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline, față de rezultatele obținute după 30 de zile. Din Tabelul 4.3. se remarcă faptul că, după 15 zile, factorul populație prezintă o influență statistică foarte semnificativă asupra conținutului de apă liberă, iar după 30 zile se manifestă o diferență statistică semnificativă, în timp ce concentrațiile soluțiilor saline prezintă o diferență nesemnificativă, după 15 zile și 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline.

Tabelul 4.3./ Table 4.3.

Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin cu NaCl asupra conținutului de apă liberă/ The variance analysis to local populations of beans under stress with NaCl on the free water content

➤ După 15 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	725.5302	6	120.9217	5.1627	0.0076	2.9961	***
Concent.	24.5601	2	12.2800	0.5242	0.6049	3.8852	ns
Eroare	281.0661	12	23.4221				
Totală	1031.1560	20					

➤ După 30 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	1421.786	6	236.9643	6.6997	0.0026	2.9961	**
Concent.	68.4231	2	34.2115	0.9672	0.4078	3.8852	ns
Eroare	424.4278	12	35.3689				
Totală	1914.637	20					

Anova Two-Factor: ^{ns} diferențe statistice nesemnificative ($p \leq 0,05$) între variante; ^{**} diferențe statistice distinct semnificative ($p \leq 0,01$) între variante; ^{***} diferențe statistice foarte semnificative ($p \leq 0,001$) între variante.

➤ **Efectul stresului salin asupra conținutului de apă legată**

Apa legată nu este mobilă, nu asigură turgescența celulelor și circulația substanțelor (Toma și Jităreanu, 2007). Totodată, reprezintă cantitatea de apă rămasă în țesuturi după deshidratare și este eliminată prin uscare la o temperatură de 105°C. În condiții de stres salin, în momentul în care activitatea vitală a plantelor se reduce, cantitatea de apă legată crește, iar acest lucru asigură supraviețuirea plantelor.

După 15 zile sub influența NaCl s-au observat valori mai ridicate față de varianta control la toate populațiile locale studiate, respectiv: Blăgești 2 (64,6%), Blăgești 3 (19,86%), Blăgești 4 (57,88%), Moșna (55,18%), Săveni (52,4%) și Blăgești 1 (56,38), în cazul administrării unei concentrații de 200 mM NaCl (Fig. 4.9).

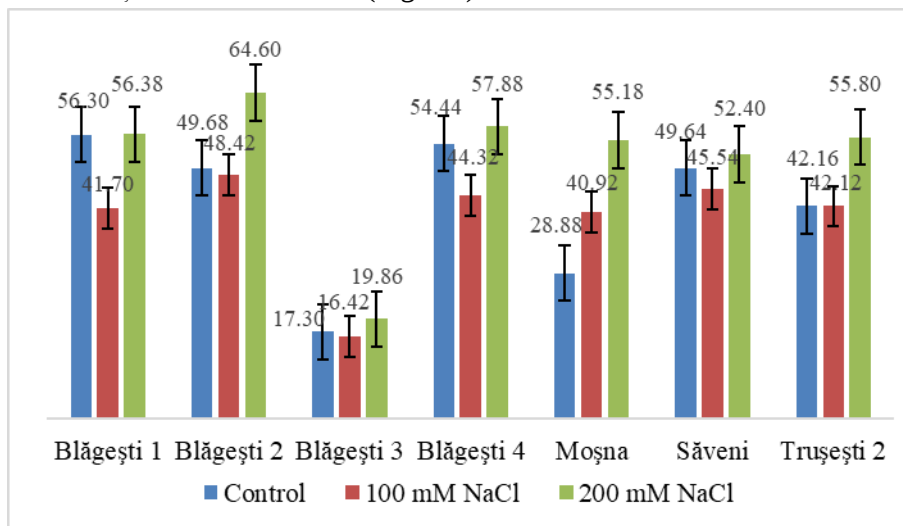


Fig. 4.9. Influența stresului salin asupra conținutului de apă legată (%), după 15 zile
Fig. 4.9. The influence of salt stress on bound water content (%), after 15 days

La sfârșitul tratamentului, valorile de la varianta tratată cu 200 mM NaCl au crescut semnificativ la populațiile locale Blăgești 2, Blăgești 3 și Trușești 2, față de varianta control, ceea ce demonstrează rezistența acestora la salinitate (Fig.4.10).

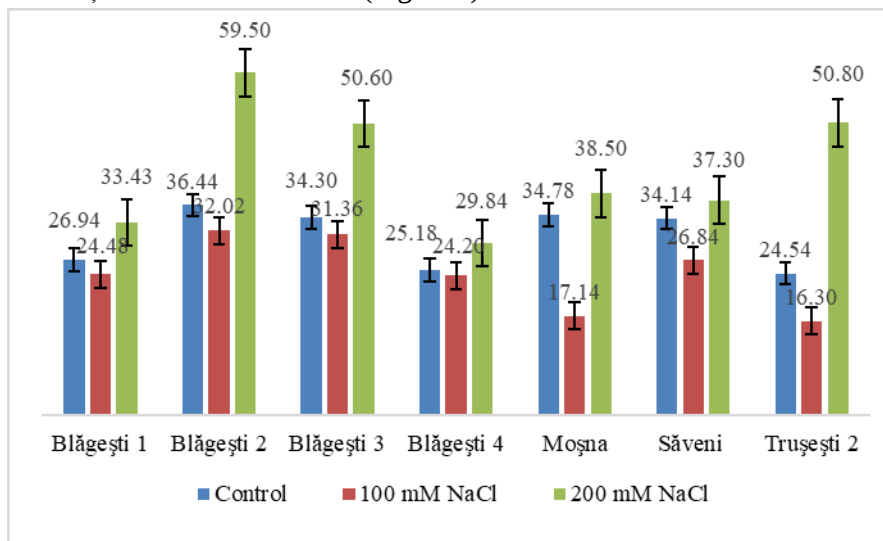


Figura 4.10. Influența stresului salin asupra conținutului de apă legată (%), după 30 zile
Figure 4.10. The influence of salt stress on bound water content (%), after 30 days

În cazul variantei control, valoarea minimă (24,54%) a aparținut populației Trușești 2, iar valoarea maximă de 36,44%, la Blăgești 2. Varianta tratată cu 100 mM NaCl a prezentat un minim (17,14%) pentru Moșna și un maxim (32,04%) pentru populația Blăgești 2. Odată cu aplicarea soluțiilor saline de 200 mM NaCl s-a observat o creștere a conținut de apă legată, atât față de varianta control, cât și de varianta tratată cu 100 mM NaCl. Astfel, valori maxime s-au înregistrat la Blăgești 2 (59,5%), Trușești 2 (59,50%) și Blăgești 3 (50,60%), iar rezultatele obținute demonstrează faptul că aceste trei populațiile locale au prezentat un grad ridicat de adaptare datorită cantității mari de apă legată, asimilată în condițiile unui stres salin de concentrație 200 mM NaCl (Fig.4.10).

Din analiza statistică s-a evidențiat că, după 15 zile, tratamentul cu concentrație salină nu a influențat conținutul de apă legată, dar după 30 zile influența a fost una foarte semnificativă, ceea ce indică o capacitate de adaptare ridicată a acestor populații locale, la condiții prelungite de stres salin (Tabelul 4.4).

Tabelul 4.4./ Table 4.4.

Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin asupra conținutul de apă legată/ The variance analysis of the bean local populations under stress with NaCl on the bound water content

➤ După 15 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația Locală	725.5302	6	120.9217	5.1627	0.0076	2.9961	ns
Concent.	24.56012	2	12.2800	0.5242	0.6049	3.8852	ns
Eroare	281.0661	12	23.4221				
Totală	1031.156	20					

➤ După 30 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația Locală	1844.634	6	307.439	7.6087	0.0015	2.9961	***
Concent.	1185.126	2	592.5632	14.6652	0.0005	3.8852	***
Eroare	484.8719	12	40.4059				
Totală	3514.632	20					

Anova Two-Factor: ^{ns} diferențe statistice nesemnificative ($p \geq 0,05$) între variante;

***diferențe statistice foarte semnificative ($p \leq 0,001$) între variante.

4.2.2. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare foliară

Salinitatea reduce accesibilitatea apei pentru plante prin creșterea concentrației și prin scăderea potențialului osmotice a soluției solului. Totodată, în tot acest timp, planta încearcă menținerea statusului hidric la parametri normali, prin concentrarea sucului vacuolar pentru o mai bună absorbție a apei în condițiile hipertonicității mediului extern. Astfel, plantele afectate de excesul salin suferă rar de ofilire (De Costa et al., 2007).

Factorii care controlează condițiile de stres modifică echilibrul normal și conduc la o serie de modificări morfologice, fiziologice, biochimice și moleculare în plante, care afectează în mod negativ creșterea și productivitatea acestora. Totuși, plantele au dezvoltat adaptări la condițiile de stres cu o serie de intervenții biochimice și fiziologice, care implică funcția multor gene asociate stresului.

Cercetările realizate de Petcu și colab. (2007) au arătat că plantele cu o mai bună rezistență la salinitate sunt caracterizate printr-o transpirație cuticulară și o viteză de deshidratare a frunzelor mai redusă.

Din aceste considerente, în cadrul acestui studiu s-a analizat ritmul deshidratării foliare la cele șapte populații locale de fasole, la intervale de 1, 2, 3, 4 și 24 de ore, atât după 15 zile, cât și după 30 de zile de la aplicarea tratamentului cu NaCl.

Conform determinărilor realizate, s-a putut observa că după 15 zile de tratament salin, la populația locală Blăgești 2 s-a evidențiat un ritm intens de deshidratare la toate variantele analizate (Fig. 4.11. a,b,c.). Dacă în prima oră de deshidratare această populație a prezentat valori procentuale ale conținutului total de apă cuprinse între 90,37% (control), 90,49% (100 mM NaCl) și 88,03% (200 mM NaCl), în 24 de ore s-a ajuns la valori cuprinse între 21,85% (control), 25,79% (100 mM NaCl) și 17,70% (200 mM NaCl), fapt ce indică o viteză de deshidratare a frunzelor mai redusă în condițiile stresului salin aplicat.

În schimb, cel mai scăzut ritm de deshidratare s-a înregistrat la populația locală Blăgești 3. Astfel, în prima oră de la deshidratare, valorile au oscilat între 94,44% (control), 89,25% (100 mM NaCl), 89,25% (200 mM NaCl), iar după 24 de ore, acest parametru a indicat valori cuprinse între 41,35% (control), 41,79% (100 mM NaCl) și 40,07% (200 mM NaCl). În urma celor obținute putem afirma că viteza de deshidratare foliară redusă la această populație locală a determinat o capacitate bună de adaptare la o concentrație ridicată de sare aplicată. O viteză de deshidratare mai redusă a avut loc și la populațiile locale Trușești 2 și Moșna, la toate cele trei variante luate în studiu, ceea ce indică o bună adaptare a acestor populații locale la stresul salin aplicat (Fig. 4.11. a,b,c.).

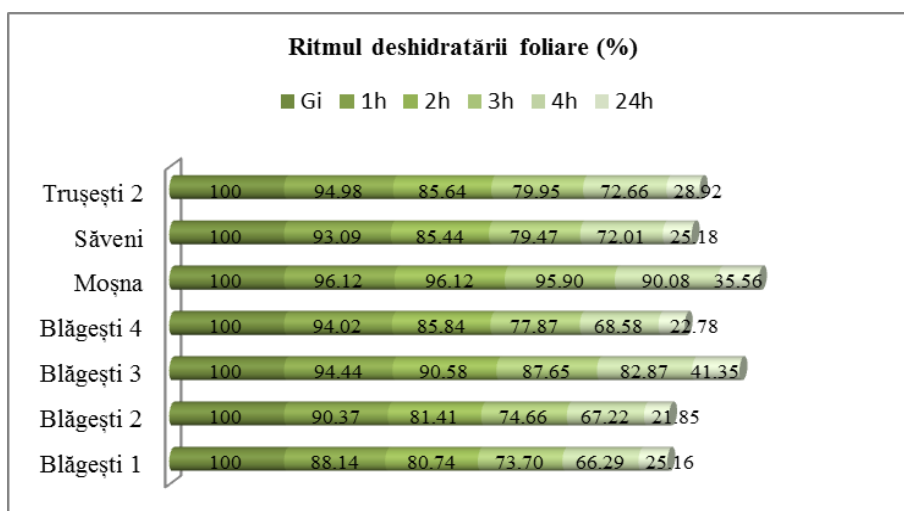


Fig. 4.11.a. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta control, după 15 zile

Fig. 4.11.a. The influence of salt stress on the dehydration rate of control, after 15 days

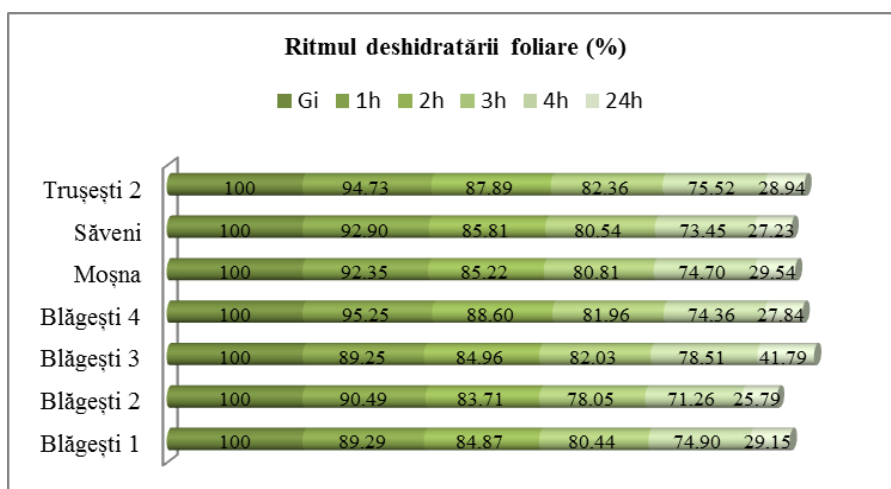


Fig. 4.11.b. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta 100 mM, după 15 zile

Fig. 4.11.b. The influence of salt stress on the dehydration rate of 100 mM variant, after 15 days

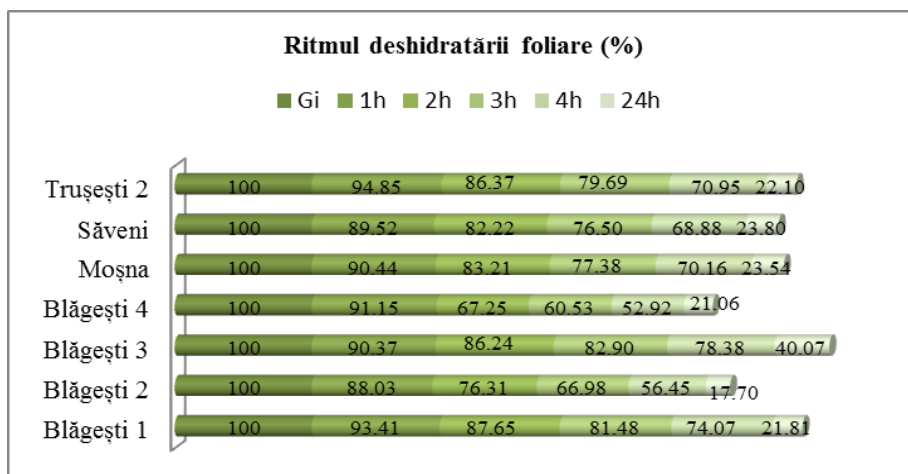


Fig. 4.11. c. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta 200 mM, după 15 zile

Fig. 4.11.c. The influence of salt stress on the dehydration rate of 200 mM variant, after 15 days

La sfârșitul tratamentului, ritmul de deshidratare cel mai scăzut s-a înregistrat tot la populația locală Blăgești 3, care în prima oră de deshidratare a prezentat un conținut total de apă aproximativ egal la toate cele trei variante analizate, respectiv: de 93,32% (control), 93,09% (100 mM NaCl) și 93,38% (200 mM NaCl). După 24 de ore, ritmul de deshidratare a prezentat următoarele valori: 50,90% (control), 52,61% (100 mM NaCl), 60,00% (200 mM NaCl), ceea ce ne face să concluzionăm că această populație locală este rezistentă la concentrațiile ridicate aplicate (Fig.4.12. a,b,c.).

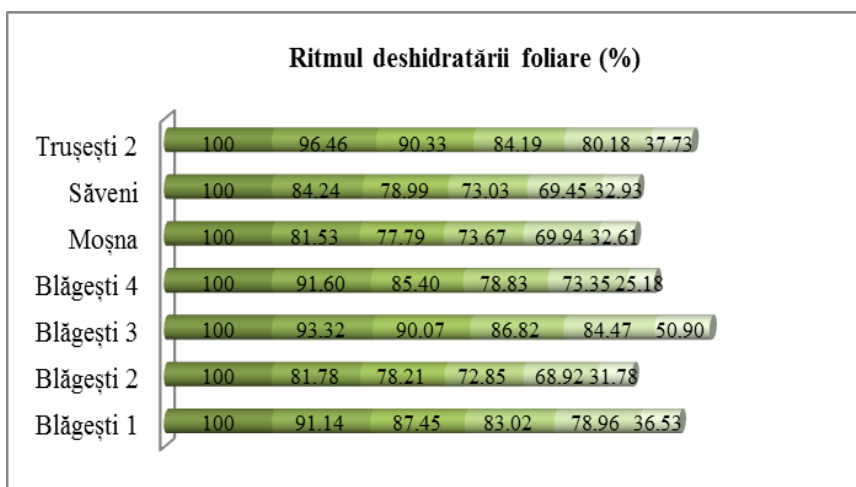


Fig. 4.12.a. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta control, după 30 zile

Fig. 4.12.a. The influence of salt stress on the dehydration rate of control variant, after 30 days

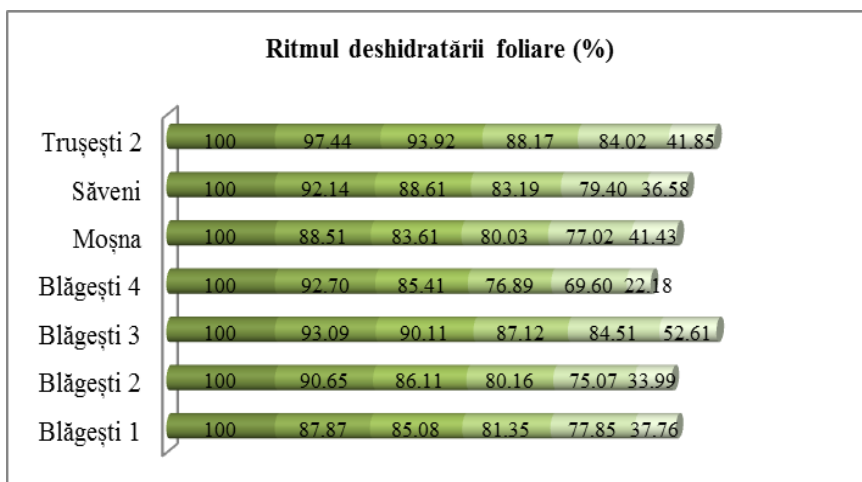


Fig. 4.12.b. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta 100 mM, după 30 zile

Fig. 4.12.b. The influence of salt stress on the dehydration rate of 100 mM variant, after 30 days

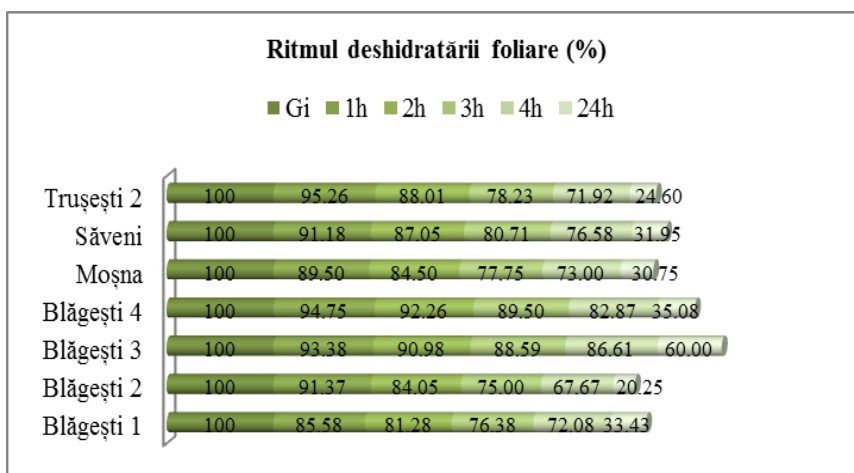


Figura 4.12.c. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta 200 mM, după 30 zile

Figura 4.12. c. The influence of salt stress on the dehydration rate of 200 variant, after 30 days

4.2.3. Influența stresului salin asupra conținutului de pigmenți clorofilieni din frunze

La plante, în condiții de stres salin, fotosinteza este cel mai important proces care este afectat la plante. Reducerea procesului de fotosinteză sub efectul salinității are loc nu numai datorită închiderii stomatelor, care duce la reducerea concentrației de CO_2 intercelular, cât și factorilor nonstomatici. Studiile arată că sărurile afectează pigmenții clorofilieni (Stepien and Klobus, 2006). Concentrațiile ridicate de NaCl

provoacă stres osmotic prin scăderea potențialului apei în interiorul celulelor și un stres ionic datorită inhibării proceselor metabolice (Di Martino et al., 2003).

Conform lui Khavari-Nejad and Mostofi (1998), în condiții de stres salin la nivelul frunzelor are loc agregarea cloroplastelor, iar membranele celulare devin rigide și distorsionate. Pessarakli (2011) spune că procesul de fotosinteză pentru un număr larg de specii de plante este inhibat de concentrația NaCl.

Pigmenții fotosintetici reprezintă unii dintre cei mai importanți factori interni, care în anumite cazuri, pot limita rata fotosintetică. Conținutul scăzut de clorofilă este probabil, un rezultat al deficienței minerale și scade odată cu creșterea salinității. Acumularea de ioni în frunze afectează în mod negativ conținutul de clorofile (Meloni et al., 2003). Reducerea cantității pigmentilor fotosintetici poate fi explicată prin inhibarea procesului de biosinteză sau prin degradarea accentuată a acestora (Galani, 2014). Conținutul de clorofilă la nivel foliar poate oferi informații asupra fotosintezei și implicit asupra productivității plantelor, astfel încât determinarea acestuia devine un instrument important pentru a arăta efectul stresului salin asupra plantelor (Garsia-Sanchez și colab., 2002). De evidențiat este faptul că, **clorofila a** a fost mai puțin sensibilă sau mai bine protejată împotriva stresului salin, comparativ cu **clorofila b** (Bartha, 2015).

Atunci când concentrația de săruri din sol crește, conținutul de **clorofilă a** și **b** scade în cazul plantelor sensibile la acest tip de stres abiotic (Parida and Das, 2005). Conform studiilor făcute de Abdel-Kader et al. (2008), scăderea conținutului de **clorofilă a** și **b** sub acțiunea stresului salin se datorează agregării cloroplastelor.

Determinarea conținutului pigmentilor clorofilieni reprezintă un instrument pentru a evalua efectul stresului salin asupra plantelor.

4.2.3.1. Determinarea conținutului total de clorofilă (CCI) cu ajutorul aparatului CCM 200 plus

Conținutul de pigmenți clorofilieni a fost determinat cu ajutorul aparatului CCM 200 plus, care folosește o metodă nedistructivă, ce se bazează pe determinarea indicelui concentrației de clorofilă (Jităreanu și colab., 2011). Indicele concentrației de clorofilă (CCI) este definit ca raportul dintre transmisia la 931 nm și cea de la 653 nm printr-o frunză. Acest indice s-a determinat la 15 zile și la 30 zile de la aplicarea tratamentelor saline.

Cercetările privind conținutul de clorofilă, după 15 zile de stres salin au evidențiat diferențe semnificative între populațiile locale studiate, valorile

acestui indice fiind cuprinse între 10,42 CCI (Blăgești 4) și 44,98 CCI (Blăgești 1). La aplicarea concentrației de 100 mM NaCl, comparativ cu matorul s-au observat valori inferioare pentru populațiile locale Săveni, Blăgești 3, Blăgești 2, Blăgești 1 și o creștere a indicelui conținutului de clorofilă pentru celelalte populații locale analizate. La varianta tratată cu 200 mM NaCl, conținutul acestui indice a fost superior pentru toate cele șapte populații luate în studiu; cea mai mare creștere a indicelui conținutului de clorofilă s-a constatat la Blăgești 1 (44,98 CCI), iar la Săveni s-a înregistrat cea mai mică creștere a acestui indice, respectiv (35,40 CCI) (Fig.4.13).

Creșterea conținutului de clorofilă, la variantele tratate, comparativ cu varianta control au indicat faptul că plantele se află în prima fază de manifestare a stresului salin, respectiv stresul osmotic.

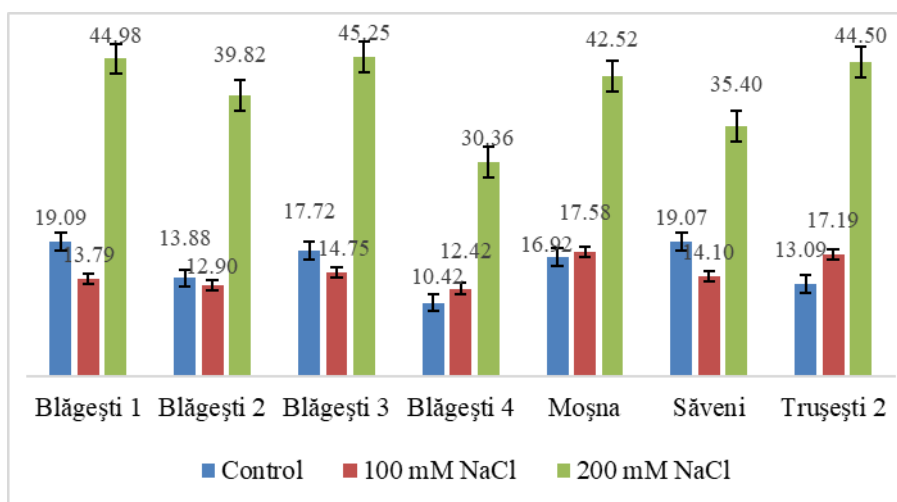


Figura 4.13. Influența stresului salin asupra indicelui conținutului de clorofilă, după 15 zile

Fig. 4.13. The influence of salt stress on the index chlorophyll content, after 15 days

Din datele prezentate în Fig.4.14 se poate constata faptul că la sfârșitul tratamentului, la varianta tratată cu 100 mM NaCl, față de varianta control, valorile indicelui conținutului de clorofilă din frunze au fost superioare pentru trei dintre populații (Blăgești 4, Trușești 2, Blăgești 2), acestea variind între 17,33 și 28,49 CCI. În schimb, la populațiile locale Moșna, Săveni, Blăgești 3 și Blăgești 1, valorile au fost inferioare și au oscilat între 13,71 și 21,58 CCI; rezultatele obținute în cadrul experienței relevă menținerea acestor populații în faza de stres osmotic.

La varianta tratată cu 200 mM NaCl, populațiile locale Trușești 2, Moșna, Blăgești 4, Blăgești 3 și Blăgești 2 au prezentat valori ridicate față de plantele control, ceea ce indică menținerea acestora în faza de stres osmotic,

care duce la o bună adaptare a celor cinci populații la un ritm fotosintetic intens și totodată la o acumulare de produși de asimilație, care în cantități suficiente dau posibilitatea plantelor de a supraviețui toată perioada de vegetație. În schimb, populațiile locale Săveni și Blăgești 1 au prezentat valori inferioare, în comparație cu varianta control; la acestea s-a declanșat cea de-a doua fază a stresului salin, respectiv toxicitate de ioni, care determină în final diverse perturbări la nivelul cloroplastelor.

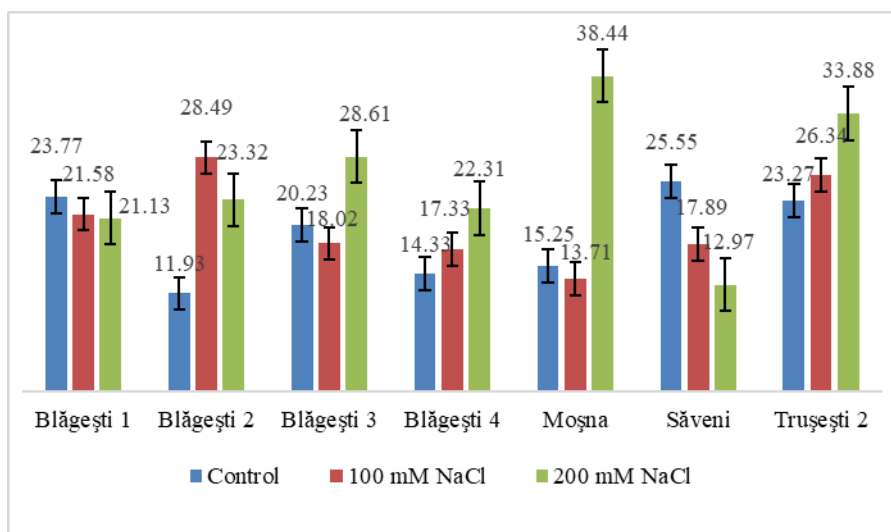


Fig. 4.14. Efectul stresului salin asupra indicelui conținutului de clorofilă, după 30 zile
Fig. 4.14. The influence of salt stress on the index chlorophyll content, after 30 days

Analiza statistică privind influența stresului salin asupra conținutului de pigmenți clorofilieni (Tabelul 4.5.) la populațiile locale de fasole luate în studiu, la 15 și 30 de zile de la aplicarea tratamentului, prezintă diferențe statistice semnificative, în ceea ce privește populația și concentrația aplicată, ceea ce ne indică că acest parametru este influențat de stresul salin, iar plantele luate în studiu prezintă o intensă reacție de adaptare la acest tip de stres.

Tabelul 4.5./ Table 4.5.

**Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului
asupra indicelui conținutului de clorofilă/ The variance analysis of the beans local
population under stress with NaCl on the index chlorophyll content**

➤ După 15 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	568.7727	6	94.7954	9.1980	0.0006	2.9961	*
Concent.	29.31946	2	14.6597	1.4224	0.2790	3.8852	ns
Eroare	123.6719	12	10.3060				
Totală	721.7641	20					

➤ După 30 zile

Sursa de variație	SP	G L	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	214.7833	5	42.9566	5.1020	0.0139	3.3258	*
Concent.	98.1882	2	49.0941	5.8309	0.0209	4.1028	*
Eroare	84.1955	10	8.4195				
Totală	397.167	17					

Anova Two-Factor: ^{ns}diferențe statistice nesemnificative ($p \geq 0,05$); *diferențe statistice semnificative ($p \leq 0,05$).

4.2.3.2. Determinarea conținutului de pigmenți clorofilieni prin metoda spectrofotometrică

Conținutul de pigmenți clorofilieni (*a* și *b*) s-a determinat și prin metoda spectrofotometrică, folosindu-se formule de calcul. În acest sens, după 15 zile de la aplicarea soluțiilor salin s-a evidențiat faptul că, în cazul variantei control, valorile conținutului de clorofilă *a* au oscilat de la 0,36 mg/g s.p. până la 0,42 mg/g s.p. Dintre populațiile supuse stresului salin cu 100 mM NaCl, doar Blăgești 2 a înregistrat o valoare mai mare (0,45 mg/g s.p.) în comparație cu varianta luată drept control, celelalte populații locale având valori mai mici cuprinse între 0,23 mg/g s.p. și 0,41 mg/g s.p.

În cazul variantei tratate cu soluție salină de 200 mM NaCl, patru din cele șapte populații locale luate în studiu au prezentat valori mai mari față de populațiile de la varianta control, acestea situându-se între 0,37 mg/g s.p. și 0,42 mg/g s.p. La celelalte populații conținutul de clorofilă *a* a înregistrat valori mai mici cuprinse între 0,32 mg/g s.p. (Blăgești 4) și 0,37 mg/g s.p. la Trușești 2 (Fig.4.15).

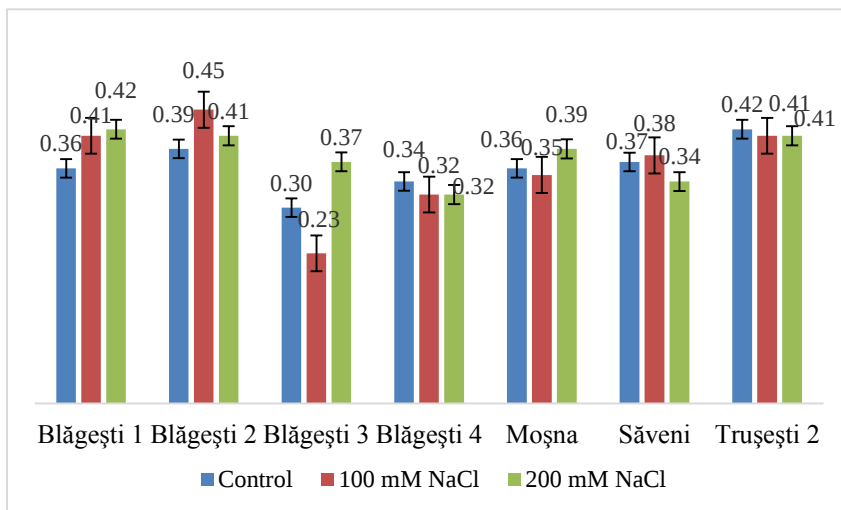


Fig. 4.15. Conținutul de clorofilă a, după 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline
Fig. 4.15. The chlorophyll a, content after 15 days the saline treatment

După 30 de zile de la aplicarea soluțiilor saline, trei populații locale (Blăgești 1, Blăgești 3, Trușești 2) de la varianta control au înregistrat valori mai mari decât cele supuse stresului salin, cuprinse între 0,26 mg/g s.p. și 0,39 mg/g s.p., iar patru populații (Blăgești 4, Blăgești 2, Moșna, Săveni) au prezentat valori mai mici cuprinse între 0,17 mg/g s.p. și 0,36 mg s.p.

Populațiile locale Blăgești 2, Blăgești 4 și Săveni au prezentat valori ridicate ale conținutului de clorofilă, atât la varianta tratată cu 100 mM cât și la cea cu 200 mM, comparativ cu controlul, ceea ce denotă că acestea prezintă un potențial destul de ridicat în ceea ce privește rezistența la salinitate, fapt ce le permite ulterior o bună adaptare la un ritm fotosintetic intens (Fig.4.16).

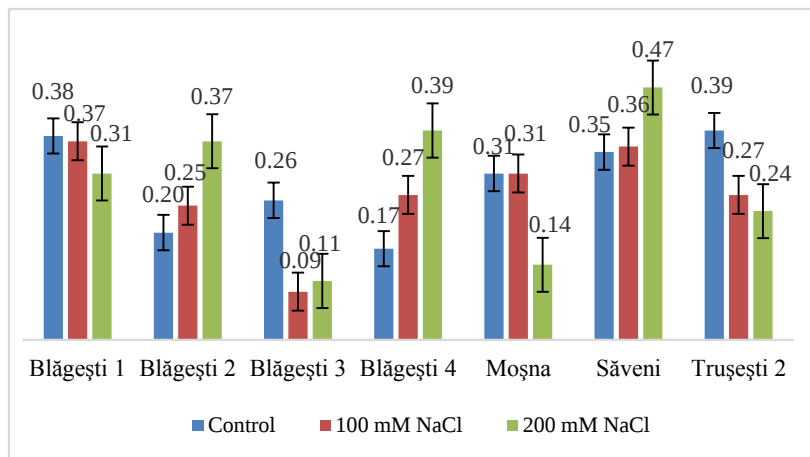


Fig. 4.16. Conținutul de clorofilă a, după 30 zile de la aplicarea tratamentelor saline
Fig. 4.16. The chlorophyll a, content after 30 days the saline treatment

Din analiza rezultatelor prezentate în Figura 4.17 se poate observa faptul că după 15 zile de la aplicarea tratamentului salin, valorile conținutului de clorofilă *b* la populațiile de la varianta control au înregistrat valori cuprinse între 0,16 mg/g s.p. și 0,22 mg/g s.p.

Dintre populațiile supuse stresului salin cu 100 mM NaCl, doar trei (Blăgești 3, Moșna, Trușești 2) au prezentat valori mai mici față de varianta control, care au variat între 0,13 mg/g s.p. și 0,21 mg/g s.p. La varianta tratată cu 200 mM, genotipurile Blăgești 2, Blăgești 3 și Moșna au avut valori mai ridicate față de varianta martor, care au oscilat între 0,15 mg/g s.p. și 0,21 mg/g s.p.

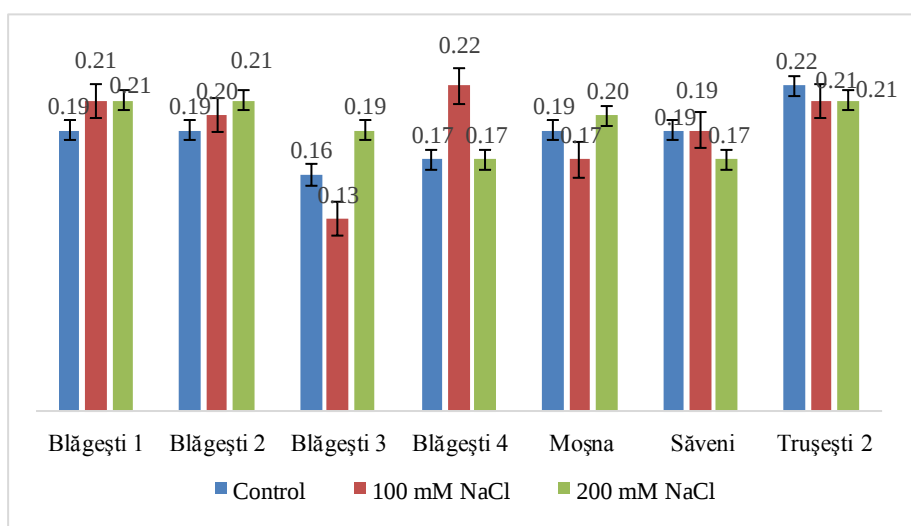


Fig. 4.17. Conținutul de clorofilă *b*, după 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline

Fig. 4.17. The chlorophyll *b*, content after 15 days the saline treatments

Analiza conținutului de clorofilă *b*, după 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline a evidențiat faptul că trei dintre populațiile variantei control (Blăgești 3, Săveni, Trușești 2) au prezentat valori egale (0,19 mg/g s.p.), iar celelalte patru populații locale au avut valori care au oscilat de la 0,08 mg/g s.p. până la 0,20 mg/g s.p. La varianta tratată cu 100 mM NaCl, trei populații au înregistrat valori mai mici, care au oscilat de la 0,08 mg/g s.p. la 0,18 mg/g s.p.; patru populații au înregistrat o concentrație ridicată, care a oscilat între 0,12-0,24 mg/g s.p. comparativ cu controlul (Blăgești 2, Blăgești 4, Moșna și Trușești 2).

La varianta 200 mM NaCl s-au evidențiat cinci populații locale cu valori mai mici decât lotul control, cuprinse între 0,05 mg/g s.p. și 0,16 mg/g s.p. (Blăgești 1, Blăgești 3, Moșna, Săveni și Trușești 2 (Fig.4.18)).

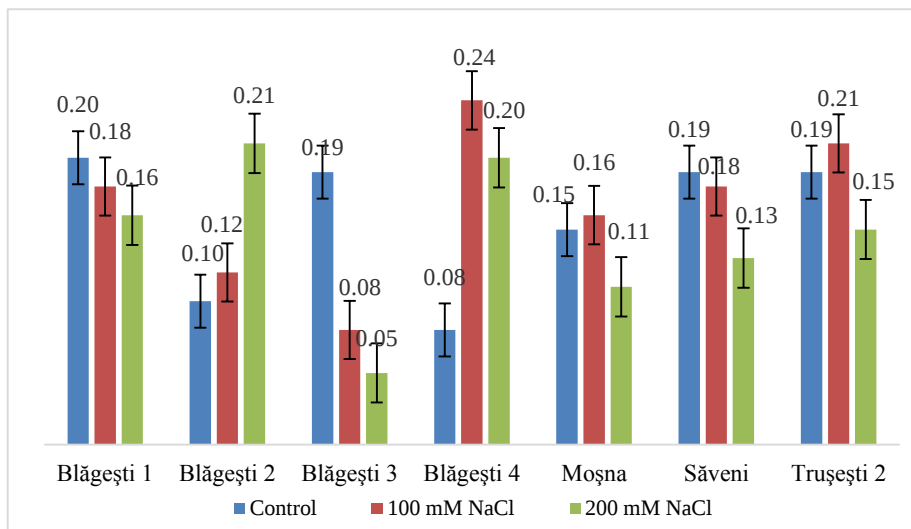


Fig. 4.18. Conținutul de clorofilă *b*, după 30 zile de la aplicarea tratamentelor saline

Fig. 4.18. The chlorophyll *b*, content after 30 days the saline treatments

Din rezultate prezentate se poate observa că după 15 zile de la aplicarea tratamentului salin, valorile conținutului de clorofilă *a* și *b* sunt superioare celor înregistrate după 30 de zile de la expunerea tratamentului salin, ceea ce indică faptul că populațiile locale luate în studiu se înscriu în modelul bifazic propus de Munns (1993). Astfel, durata trecerii de la prima fază de stres osmotic la cea de-a doua fază de toxicitate de ioni a avut loc în funcție de intensitatea stresului salin și de populația locală.

Rezultatele obținute confirmă datele din literatură conform cărora efectul toxic mai slab în plantele tratate cu NaCl este rezultatul, pe de o parte a inhibării mai slabe a potențialului de apă și a închiderilor stomatelor și, pe de altă parte, a concentrației scăzute de Na^+ în țesuturile plantelor tratate cu cloruri (Nevena and Kaymakanova, 2008). Inhibarea mai puternică a acestui parametru la doza mai mare de salinitate (100 mM) este rezultatul închiderii stomatelor, precum și a activității biochimice (Garsia-Sanches et al., 2002). Reducerea cantității pigmenților fotosintetici poate fi explicată prin inhibarea procesului de biosinteză sau prin degradarea accentuată a acestora. Și alte cercetări confirmă scăderea conținutului de clorofilă ca răspuns la stresul cauzat de salinitate (Tort and Turkyilmaz, 2004; Siler et al., 2007).

Analiza statistică privind rezultatele obținute în urma determinării conținutului de pigmenți clorofilieni (*a* și *b*) s-a realizat după modelul *testului t Student* utilizat pentru compararea mediei unei caracteristici la două populații. În Tabelul 4.6. sunt prezentate diferențele statistice între varianta control și variantele tratate cu soluții saline. Aceste rezultate indică faptul că între cele trei variante diferențele sunt nesemnificative, ceea ce

denotă valorile conținutului de clorofilă *a* și *b* de la varianta control sunt apropiate de cele de la variantele de 100 mM, respectiv 200 mM, iar acest lucru arată că la populațiile locale luate în studiu, soluțiile saline nu au influențat conținutul de pigmenți. Rezultatele obținute ne permit să concluzionăm că cele șapte populații locale studiate prezintă rezistență la salinitate.

Tabelul 4.6./ Table 4.6.

Diferențele statistice între varianta control și variantele tratate cu soluție salină de concentrație 100 mM și 200 mM, privind conținutul de pigmenți clorofilieni/
Statistical differences between version control and variants treated with saline concentration 100 mM and 200 mM on the content of chlorophyll pigments

Pigmenții clorofilieni	Populațiile locale	Interpretarea diferențelor T-test (2- tailed)		
			15 zile	30 zile
Clorofila <i>a</i>	7	Control vs. 100 mM	t = - 0.08 p = 0.46 ^{ns}	t = 0.56 p = 0.29 ^{ns}
		Control vs. 200 mM	t = -1.16 p = 0.14 ^{ns}	t = 0.06 p = 0.47 ^{ns}
		100 mM vs. 200 mM	t = 0.67 p = 0.26 ^{ns}	t = -0.37 p = 0.35 ^{ns}
Clorofila <i>b</i>	7	Control vs. 100 mM	t = -0.28 p = 0.39 ^{ns}	t = -0,33 p = 0.37 ^{ns}
		Control vs. 200 mM	t = -1.05 p = 0.16 ^{ns}	t = 0.36 p = 0.36 ^{ns}
		100 mM vs. 200 mM	t = -0.32 p = 0.37 ^{ns}	t = 1.17 p = 0.14 ^{ns}

T-test (2-tailed)- pentru fiecare indicator analizat, comparativ pe perioade analizate: ^{ns} diferențe statistice ne semnificative ($p \leq 0,05$) între probe.

4.2.4. Influența stresului salin asupra conductanței stomatale

Schimbul foliar de gaze se realizează prin mișcări stomatice. Acest aspect este crucial pentru procesul de achiziție a CO₂, care este legat direct de producția fotosintetică de biomasă, dar și de controlul transpirației în vederea menținerii echilibrului hidric (Bartha, 2015).

În cele mai multe condiții nefavorabile, deshidratarea este primul semnal care induce răspunsul plantei, în concordanță cu păstrarea status-ului apei în țesuturi. De altfel, diminuarea conductanței hidraulice a frunzelor de obicei este cauzată de micșorarea gradului de hidratare asociată cu reducerea conductanței stomatelor și, prin consecință, cu reducerea asimilării carbonului (Sperry et al., 2002; Johnson et al., 2009; Melenciu, 2010).

De asemenea, un rol important în reglarea schimbărilor conductanței stomatelor aparține semnalelor hidraulice parvenite din sistemul radicular, iar reacția stomatelor este o urmare a diminuării absorbției apei de către rădăcini (Christmann et al., 2007). Așadar, închiderea stomatelor reduce pierderea apei prin transpirație, dar inevitabil conduce și la diminuarea fotosintezei, ca urmare a micșorării accesului dioxidului de carbon la nivelul cloroplastelor (Tardieu and Simoneau, 1988; Șișcanu și Piscorscaia, 2001).

Cercetările anterioare au demonstrat că speciile *P. acutifolius* și *P. vulgaris*, aparținând genului *Phaseolus* pot fi clasificate ca tolerante la săruri datorită capacității lor de a stoca ioni de Na^+ în rădăcini și frunze, iar toleranța la săruri la ambele specii este asociată cu controlul stomatal mai bun prin ajustarea osmotică. Speciile genului *Phaseolus* se adaptează la concentrațiile mari de săruri prin scăderea potențialului osmotic tisular, în urma creșterii concentrației ionilor anorganici, în special a Cl^- , Na^+ și K^+ în frunze (Bayuelo-Jiménez et al., 2003).

Ca o reacție la componenta osmotică a stresului salin, pentru reducerea transpirației stomatele sunt parțial închise. Mișcările somatice sunt acelea care afectează și aprovizionarea cu CO_2 , și datorită acestui aspect trebuie stabilit un echilibru între reducerea transpirației și furnizarea de CO_2 . Deși, rolul rezistenței stomatale și a mezofilului la controlul rezistenței la difuzie a CO_2 nu a fost încă dovedit la speciile din genul *Phaseolus* tolerante la săruri, efectele dovedite ale modificărilor la *P. vulgaris* sensibile la salinitate sunt limitate de conductivitatea stomatală (Longstreth and Nobel, 1979).

La plantele terestre vasculare schimbul foliar de gaze se realizează prin mișcările stomatice. Acest lucru este crucial pentru procesul de achiziție a bioxidului de carbon, care este legat direct de producția fotosintetică de biomasă, cât și de controlul transpirației în vederea menținerii echilibrului hidric. Salinitatea a influențat negativ și rata transpirației, iar tendința a fost asemănătoare cu conductivitatea stomatică (Bartha, 2015).

Stresul salin afectează în mod negativ creșterea, ca urmare a închiderii stomatelor, care, la rândul său, perturbă fotosinteza, precum și mișcarea apei în cadrul plantei, ducând la un dezechilibru care va duce la o creștere redusă a plantelor.

În cazul cercetărilor de față, conductanța stomatică foliară la fasole a fost determinată cu ajutorul porometrului, pentru a măsura fluxul de vapori de apă între stomatele frunzelor și exterior, ceea ce este o indicație directă a aperturii, respectiv a conductanței stomatelor.

Conductanța stomatică foliară la 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline la varianta tratată cu 100 mM NaCl, comparativ cu varianta control, a avut valori descrescătoare la cinci dintre populațiile luate în studiu. Blăgești 2 a înregistrat cea mai mare conductanță stomatală

(24,40 mmol/m²s), iar populația Blăgești 3 a prezentat cea mai mică conductanță stomatică (15,12 mmol/m²s), fapt ce demonstrează o reducere a procesului de transpirație (Fig.4.19).

La varianta tratată cu 200 mM NaCl, conductanța stomatică a fost redusă la toate populațiile locale de fasole luate în studiu, excepție făcând populația Blăgești 4, la care s-a observat o conductanță stomatică de 32,49 mmol/m²s, fapt ce relevă că stomatele sunt parțial închise și are loc o reducere a transpirației plantelor.

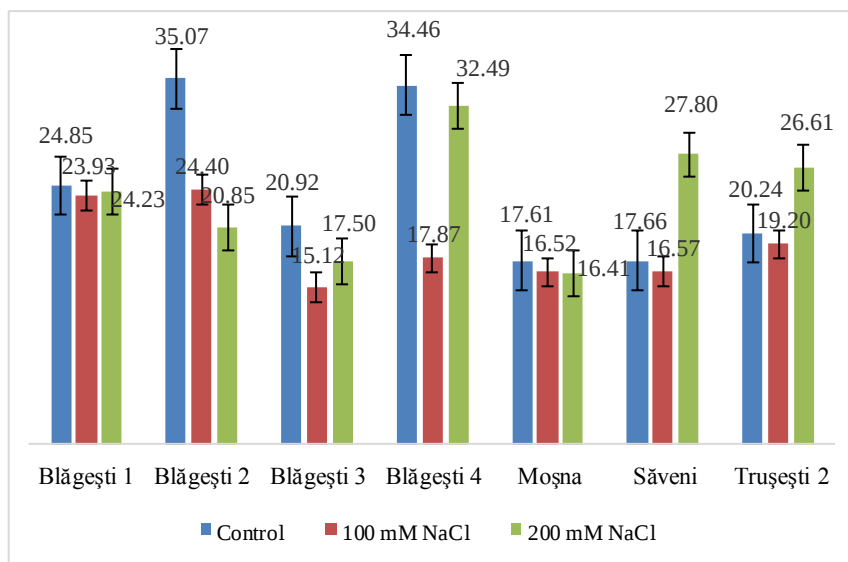


Fig. 4.19. Influența stresului salin asupra conductivității stomatice foliare, după 15 zile
Fig. 4.19. The influence of saline stress on the foliar stomatal conductance, after 15 days

La sfârșitul tratamentului, conductanța stomatică la varianta tratată cu 100 mM NaCl, a fost descrescătoare la toate populațiile luate în studiu, comparativ cu varianta control. Populația locală Blăgești 4 a prezentat cea mai mare conductanță stomatică (16,16 mmol/m²s), iar Săveni a înregistrat cea mai redusă valoare de 8,92 mmol/m²s, fapt ce indică o reducere a procesului de transpirație. Și la varianta tratată cu 200 mM NaCl, cea mai mare conductanță stomatică s-a înregistrat la aceeași populație Blăgești 4 (14,67 mmol/m²s), iar valoarea minimă o obținut-o populația Blăgești 1 (7,69 mmol/m²s) (Fig.4.20).

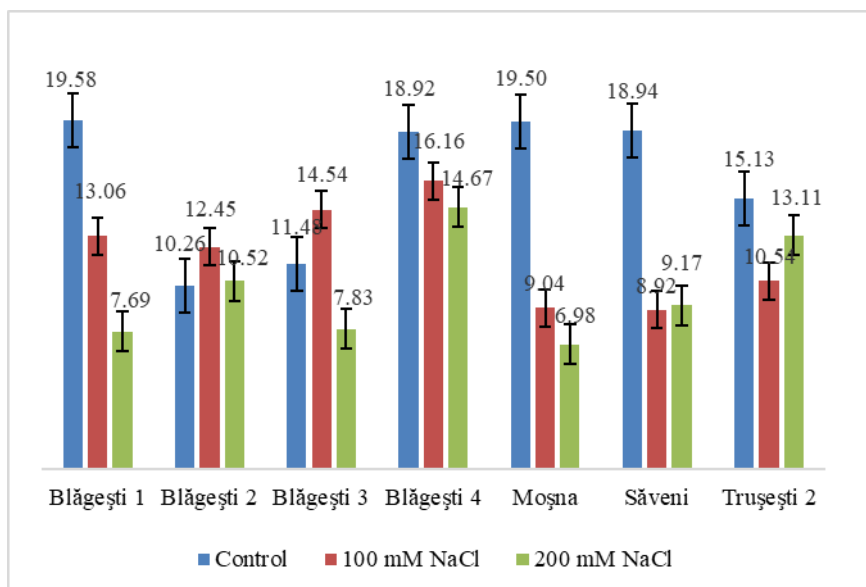


Fig. 4.20. Efectul stresului salin asupra conductivității stomatice foliare, după 30 zile
Fig. 4.20. The influence of saline stress on the foliar stomatal conductance, after 30 days

Ținând cont că mișcările stomatele sunt afectate de efectul osmotic al stresului salin, putem concluziona că populația locală Blăgești 4 prezintă o toleranță scăzută față de stresul osmotic, în comparație cu celelalte populații locale studiate.

4.2.5. Influența stresului salin asupra conținutului de prolină din frunze

Prolina (prescurtată Pro sau P) este un α -aminoacid alifatic și este produs din acidul glutamic. Prolina are un efect protector față de stresul salin, deoarece are un rol antioxidant (Jităreanu, 2007). În același timp, prolina este definită ca un indicator al toleranței la salinitate și totodată a adaptării plantelor la astfel de condiții de mediu (Ciobanu, 2011; Covașă, 2016).

Prolina crește potențialul osmotic celular pentru a menține un mediu intracelular stabil și protejează plantele de leziuni oxidative. În condiții de secetă și de salinitate, fasolea acumulează prolină (Chen et al., 2007; Kumar et al., 2010). De asemenea, s-a susținut că acumularea prolinei poate fi folosită ca parametru selectiv pentru toleranța la stresul salin la această specie (Ramajulu and Sudkakar, 2001).

Nivelurile ridicate de prolină permit plantelor să mențină potențialul scăzut pentru apă, favorizând preluarea apei suplimentare din mediul înconjurător, temporizând astfel efectul imediat al deficitului de apă din organism. De asemenea, prolina protejează macromoleculele împotriva

denaturării (Schobert and Tschesche, 1978), cât și aciditatea în celulă (Venkamp et. al, 1989) și acționează ca o sursă de azot pentru o creștere rapidă după stres. S-a raportat că prolina atenuează stresul indus de NaCl, prin creșterea activităților de oxigenază și carboxilază ale enzimei Rubisco (Sivakumar et al., 2000). În alte studii, s-a raportat că acumularea prolinei protejează plantele împotriva daunelor induse de radicalii liberi (Teixeira and Fidalgo, 2009). Din acest punct de vedere, aplicarea exogenă a prolinei promite cale alternativă și suplimentară la ingineria genetică pentru îmbunătățirea randamentului plantelor sub influența factorilor de mediu (Kahlaoui et al., 2014).

În plante, prolina este sintetizată fie din glutamat, fie din ornitină. S-a demonstrat că, în condiții de stres osmotic, predomină calea glutamatului. Activitatea crescută sau scăzută a enzimelor implicate în metabolismul prolinei ca răspuns la stres a fost demonstrată la o varietate largă de specii de cultură (Ramajulu and Sudkakar, 2001), de exemplu la linte (Misra and Saxena, 2009), tomate (Fujita et al., 2003), arahide (Girija et al., 2002) și floarea-soarelui (Manivannan et al., 2007). În plus, sinteza prolinei a fost propusă a fi o metodă de asimilare a excesului de amoniu, acționând ca un mod suplimentar de stocare a azotului (Brugière et al., 1999).

Prin mecanismele multiple de protecție și prin modificarea metabolismului celular, plantele se pot adapta și pot rezista deshidratării și stresului osmotic.

Prolina are multiple funcții în timpul stresului osmotic, incluzând stabilizarea structurilor și membranelor sub-celulare, stabilizarea proteinelor și menținerea funcțiilor celulare (Hossain et al., 2010). Acumularea de prolină îmbunătățește toleranța la stres fără a perturba structura celulară. Atunci când conținutul de apă din celulă scade, prolina și alte substanțe solubile compatibile pot acționa ca substituenți de apă pentru a stabiliza structura celulară prin interacțiuni hidrofile și legături de hidrogen. Sub stres osmotic sau de deshidratare, integritatea membranei trebuie menținută și proteinele protejate de denaturare. Prolina poate interacționa cu enzimele pentru a păstra structura proteinelor și activitățile enzimatice, dar joacă și un rol critic în protejarea activității fotosintetice sub stres (Hamilton and Heckathorn, 2001).

Szabados and Savouré (2010) au raportat o creștere a conținutului de prolină, care a sporit toleranța la stres. În plantele de fasole *Mungo*, prolina a îmbunătățit toleranța la săruri, prin menținerea stării de redox (Hossain et al., 2010). De asemenea, s-a sugerat o rată crescută de biosinteză a prolinei în cloroplaste, care în timpul stresului ajută la menținerea unui

raport NADPH/NADP⁺ scăzut și la reducerea fotoinhibiției și deteriorării aparatului fotosintetic (Hare and Cress, 1997).

Deși, multiplele funcții ale prolinei, în condiții de stres, au fost studiate timp de 45 de ani, informațiile referitoare la căile de semnalizare asociate cu metabolismul prolinei sunt foarte limitate. Prolina a fost considerată de mult timp un osmolit compatibil, iar studiile recente au evidențiat multiplele sale funcții în adaptarea la stres (Sharma and Dietz, 2006). În plus, s-a sugerat că, în condiții de stres, prolina acționează ca o sursă alternativă de energie, fiind o moleculă vitală de semnalizare, capabilă să accelereze activarea răspunsurilor multiple, care fac parte din procesul de adaptare (Maggio et al., 2002).

Szabados și Savouré (2010) au raportat că prolina poate acționa ca o moleculă de semnal, care modulează funcția mitocondrială, influențează proliferarea și moartea celulară. Pe lângă rolul său în sinteza proteinelor și toleranța la stres a plantelor, prolina joacă un rol în înflorire, creșterea și dezvoltarea plantelor, funcționând atât ca moleculă de semnal cât și ca metabolit (Mattioli et al., 2009). Hare and Cress (1997) sunt de părere că prolina influențează schimbul osmotic.

Au apărut numeroase cercetări despre o corelație între conținutul de prolină și rezistența plantelor la factorii de mediu nefavorabili. Acumularea prolinei în celule ajută prin faptul că le protejează împotriva numeroaselor efecte dăunătoare: radiații UV, salinitate, temperaturi joase și ridicate, stres hidric și osmotic (Kumar et al., 2010; Ali et al., 2013).

Salinitatea interferează cu sinteza proteinelor, fenomen evidențiat de inhibarea încorporării aminoacizilor în proteine. Această inhibiție este marcată de o creștere a concentrației aminoacizilor liberi, în special prolina. În studiile făcute de Petcu și colab., 2007, conținutul în prolină a fost relativ redus la *Medicago truncatula* și *Medicago sativa*, în condiții optime de creștere de 1,7-5,4 mg prolină/g s.p. și foarte ridicat la concentrația maximă de săruri de 156-441 mg prolină/g s.p.

Prolină (Pro) pare a fi un marker sigur al stresului la *Phaseolus*, dar corelația dintre acumularea Pro și toleranța la stres a rămas neclară. Nivelurile Pro libere au fost uneori raportate la soiurile de fasole mai tolerate la excesul de sare, decât în cele mai puțin tolerante (Cárdenas-Avila et al., 2006). Cu toate acestea, există și cercetări opuse cu niveluri relativ mai mari de Pro la cultivare mai sensibile: la *P. Vulgaris* (Jiménez-Bremont et al., 2006), precum și la *Glycine max* (Phang et al., 2008).

Rezultatele studiului prezent privind conținutul de prolină din frunzele plantelor de fasole sunt prezentate în Figura 4.21. Astfel, se poate observa că varianta control a înregistrat concentrația maximă de prolină la

populația Trușești 2 (3,70 nmol·mg s.p.), în timp ce concentrația minimă s-a înregistrat la Blăgești 1 (1,10 nmol·mg s.p.). În cazul variantei tratate cu 100 mM NaCl, față de varianta control, toate populațiile au înregistrat valori mai ridicate, cuprinse între 2,30 nmol·mg s.p. (Blăgești 3) și 5,50 nmol·mg s.p. (Săveni). În cadrul variantei tratată cu 200 mM NaCl, se poate observa că trei dintre populații au înregistrat valori mai mari, comparativ cu varianta control. Astfel, conținutul de prolină a fost de 4,70 nmol·mg s.p. (Trușești 2), 4,40 nmol·mg s.p. (Blăgești 4) și 4,40 nmol·mg s.p. (Săveni), iar pentru patru populații (Moșna, Săveni, Blăgești 2 și Blăgești 1) s-au înregistrat valori mai mici, cuprinse între 2,80 – 4,40 nmol·mg s.p.

Conținutul de prolină, determinat după 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline, denotă faptul că, odată cu creșterea concentrației saline, crește și concentrația prolinei în plante, la trei dintre populații. Așadar, se observă o creștere liniară, ce semnifică faptul că prolina are rol în mecanismul de adaptare al plantelor de fasole la stresul salin, ceea ce ne permite să concluzionăm faptul că, populațiile la care conținutul de prolină a fost mai ridicat încearcă, prin intermediul diferitelor mecanisme, să dobândească rezistență la dozele crescute de NaCl (Trușești 2, Blăgești 4, Blăgești 1). Acest lucru s-a semnalat și în lucrările realizate de Neelam and Ajay, (2005).

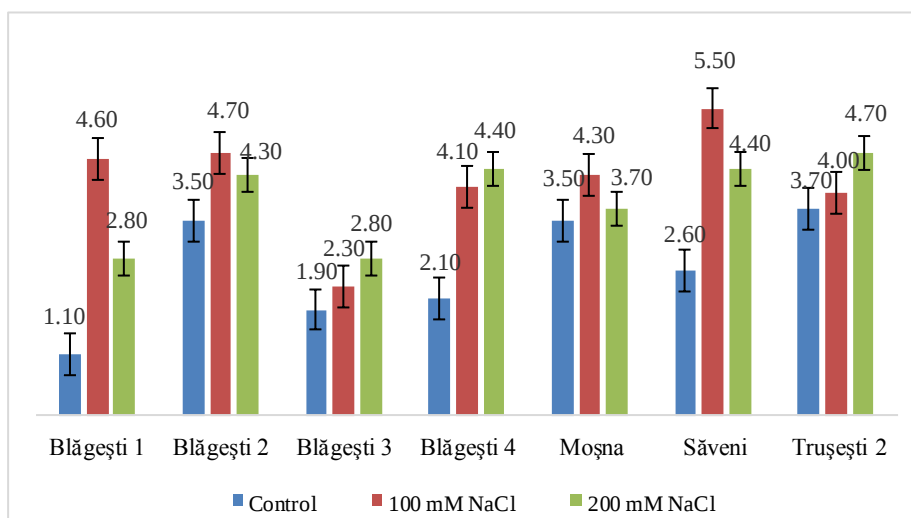


Fig. 4.21. Conținutul de prolină din frunzele de fasole supuse unui stres salin, după 30 de zile

Fig. 4.21. Proline content of bean leaves subjected to salt stress, after 30 days

În urma analizei varianței, s-a constatat că la populațiile de fasole supuse stresului salin, după 30 zile acumularea de prolină a fost influențată

statistic semnificativ de populație și distinct semnificativ de concentrația de NaCl aplicată (Tabelul 4.7.).

Tabelul 4.7./ Table 4.7.

Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin pe o perioadă de 30 de zile, cu privire la conținutul de prolină/ The variance analysis of the beans local population under stress with NaCl for a period of 30 days on the proline content

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația Locală	0.0951	6	0.0158	3.2696	0.0382	2.9961	*
Concent.	0.0974	2	0.0487	10.0454	0.0027	3.8852	**
Eroare	0.0582	12	0.0048				
Total	0.2508	20					

Anova Two-Factor: *diferențe statistice semnificative ($p \leq 0,05$); **diferențe statistice distinct semnificative ($p \leq 0,01$).

După *testul T*, între varianta control și tratamente, există diferențe statistice semnificative. În schimb, între varianta tratată cu soluție salină de 100 mM și 200 mM, nu există diferențe statistice (tabelul 4.8).

Tabelul 4.8./ Table 4.8.

Diferențe statistice între varianta control (I) și variantele tratate cu concentrație salină de 100 mM (II) respectiv 200 mM (III), în ceea ce privește conținutul de prolină/ Statistical differences between version control (I) and variants treated with saline concentration 100 mM (II) and 200 mm (III) regarding the content of proline

Variante comparate	t-stat	P two-tail	Semnificația
I-II	-3.3539	0.0153	*
I-III	-3.3539	0.0153	*
II-III	0.9959	0.3577	ns

t-Test Paired Two Sample for Means: ns diferențe statistice nesemnificative ($p \geq 0,05$) între variante; *diferențe statistice semnificative ($p \leq 0,05$) între variante.

4.2.6. Influența stresului salin asupra conținutului de NaCl din frunze

Salinitatea afectează creșterea și dezvoltarea plantelor prin citotoxicitatea cauzată de absorbția excesivă de ioni, cum ar fi sodiu (Na^+) și clor (Cl^-), și prin dezechilibru nutrițional (Isayenkov, 2012). Atât Na^+ cât și Cl^- ar trebui să li se acorde o atenție egală, deoarece ambele sunt toxice din punct de vedere metabolic pentru plante, dacă se acumulează în concentrații mari în citoplasmă (Xu et al., 2000).

➤ **Conținutul de Na^+ din frunzele de fasole**

Natriul reprezintă un microelement localizat în țesuturile vegetale; în plante se găsește și sub formă de combinațiilor anorganice și organice. Natriul este un element absorbit mai lent comparativ cu alți cationi, încât nivelul lui în plante are valori mici. Rolul fiziologic al sodiului se constată mai ales în reducerea transpirației. Acesta are ca funcție menținerea presiunii osmotice în celule. Insuficiența sodiului la plantele halofile se manifestă prin culoarea deschisă a frunzelor, aproape albă, prin apariția de pete necrotice. Simptomele carenței sunt vizibile la frunzele bătrâne. Carența de natriu determină cloroza datorită creșterii conținutului de nitriți în celule. Excesul apare pe terenurile saline cu concentrații mari de NaCl și determină reducerea concentrației potasiului (Șumălan, 2009; Covașă, 2016).

În studiul prezent, la 15 zile de la tratament, conținutul de Na^+ la cele șapte populații de fasole, evidențiază că odată cu creșterea concentrației saline crește și concentrația de Na^+ din frunze. La varianta control, valoarea maximă a conținutului de Na^+ a fost de 0,16 mg /100 mg s.u., care s-a înregistrat la populația Trușești 2, iar valoarea minimă de 0,08 mg/100 mg s.u. la Blăgești 1.

La varianta tratată cu 100 mM, valoarea maximă a fost determinată la populația locală Blăgești 4 (0,24 mg/100 mg s.u.), iar valoarea minimă de 0,08 mg/100 mg s.u. la populația Blăgești 1. Valoarea maximă observată în cazul variantei tratate cu 200 mM este mai mare, respectiv 0,33 mg/100 mg s.u. la Blăgești 4, în timp ce valoarea minimă s-a remarcat la populația Blăgești 2 (0,16 mg /100 mg s.u.) (Fig.4.22).

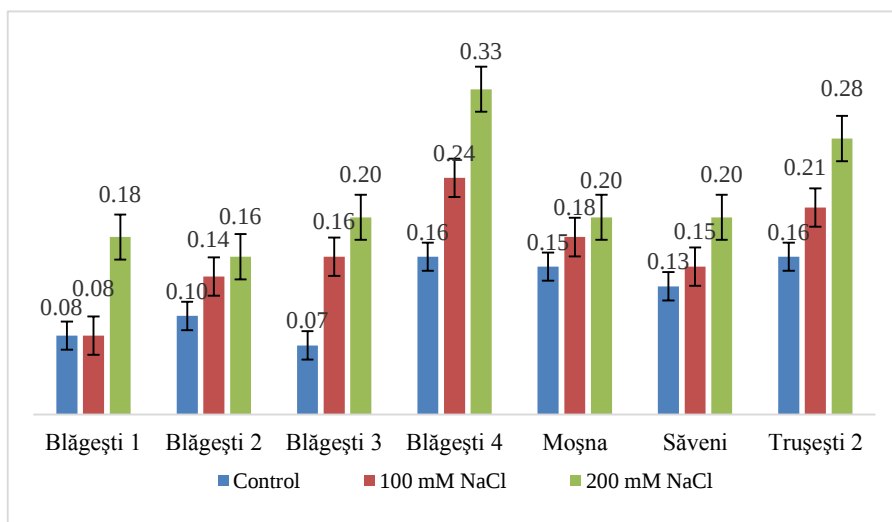


Fig. 4.22. Conținutul de Na^+ din frunzele de fasole supuse stresului salin, pe o perioadă de 15 zile

Fig. 4.22. The content of Na^+ on foliar beans under salinity stress, for a period of 15 days

La sfârșitul tratamentului, conținutul de Na^+ din frunze crește odată cu aplicarea concentrațiilor saline la toate populațiile analizate. La varianta control populația locală Blăgești 4 a acumulat un conținut maxim de Na^+ (0,28 mg/100 mg s.u.), iar populația Blăgești 1 un conținut minim de 0,15 mg/100 mg s.u. În cadrul variantei tratate cu 100 mM se remarcă aceleași populații, respectiv Blăgești 4 care a avut un conținut maxim de Na^+ (0,37 mg/100 mg s.u.) și Blăgești 1 cu un conținut minim de 0,17 mg/100 mg s.u. La 200 mM conținutul maxim de Na^+ s-a înregistrat la Trușești 2 (0,46 mg/100 mg s.u.), în timp ce valoarea minimă a fost la Blăgești 1 (0,25 mg/100 mg s.u.) (Fig. 4.23).

La o parte dintre populațiile locale studiate (Blăgești 1, Blăgești 3, Săveni), la nivel foliar s-au observat simptome de toxicitate, ceea ce indică că plantele luate în studiu nu sunt capabile să suporte concentrațiile ridicate de săruri (100 mM și 200 mM).

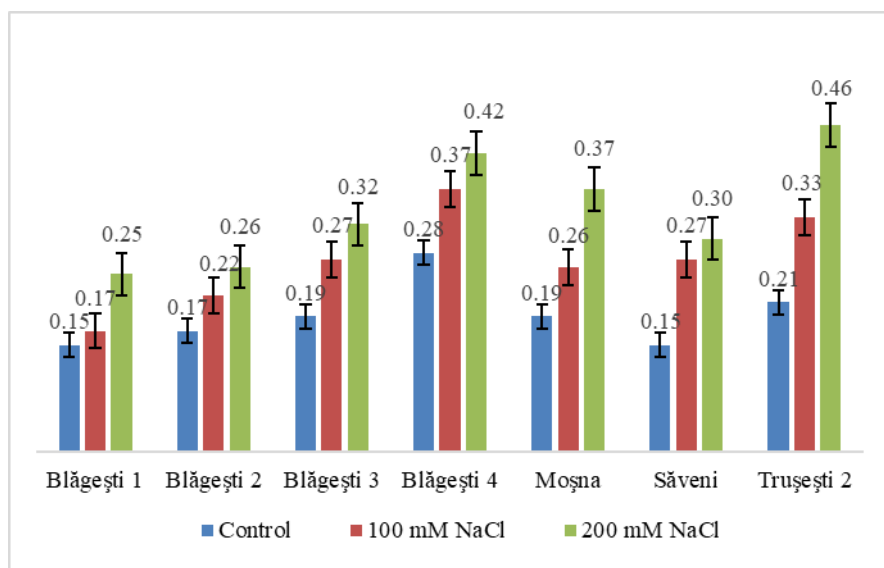


Fig. 4.23. Conținutul de Na^+ din frunzele de fasole supuse stresului salin pe perioadă de 30 zile

Fig. 4.23. The content of Na^+ on foliar beans under salinity stress, for a period of 30 days

➤ Conținutul de Cl^- din frunzele de fasole

În procesul de fotosinteză este implicat și clorul care are rolul de a îndepărta oxidanții dăunători sistemelor fotochimice și stimularea transportului de electroni. De asemenea, clorul reglează potențialul osmotic menținând nivelul hidric celular, asigurând deschiderea stomatelor, fiind și antitranspirant (Davidescu, 1988). În schimb, excesul acestui microelement

influențează negativ creșterea plantelor, deoarece determină degradarea metabolismului glucidic (Șumălan, 2009).

Plantele superioare iau acest microelement din sol prin sistemul radicular și din atmosferă în stare gazoasă, prin stomatele frunzelor. Insuficiența lui în nutriție determină cloroza frunzelor, ondularea marginilor frunzelor și inhibarea creșterii rădăcinilor, dar și dereglarea metabolismului plantelor. Astfel, are loc ofilirea plantelor, oprirea creșterii, ruperea cu ușurință a rădăcinilor care devin în general mici. La majoritatea plantelor frunzele prezintă pete clorotice, care mai târziu devin galbene. Carența apare mai întâi pe frunzele tinere.

La nivel celular, clorul reprezintă un component osmotice activ în vacuole, participând la reglarea schimburilor osmotice și a turgescenței celulare. În citoplasmă, clorul reglează activitatea unor enzime, stabilizează potențialul de membrană, reglează gradientul de pH intracelular. De asemenea, acesta este implicat în controlul transportului activ și pasiv prin membranele plasmactice. Ionul de clor este necesar ca micronutrient pentru creșterea optimă a plantelor, la o rată de numai 0,3-1 mg/g s.u. în cele mai multe plante. Influența ionului de clor asupra creșterii plantelor depinde de plantă (Tottingham, 1919).

Dependența agriculturii moderne de irigații și fertilizări chimice provoacă mai multă îngrijorare cu privire la toxicitatea clorului decât la nivelul deficienței de Cl^- (Marschner, 1986).

Analizând conținutul de Cl^- din frunze după 15 zile de tratament, la varianta control se evidențiază valori cuprinse între 0,14-0,33 mg/100 mg s.u. La varianta tratată cu NaCl în concentrație de 100 mM valorile sunt mai mari comparativ cu varianta control, astfel că maximul s-a obținut la populația Blăgești 4 (5,75 mg/100 mg s.u.), iar valoarea minimă la Blăgești 2 (2,17 mg/100 mg s.u.). Valorile obținute sunt semnificativ mai mari față de varianta control și în cazul populațiilor supuse unui stres salin de 200 mM, astfel că maximul atinge 10,95 mg/100 mg s.u. la populația locală Blăgești 1, iar minimul a fost de 3,27 mg/100 mg s.u. la Blăgești 2 (Fig. 4.24).

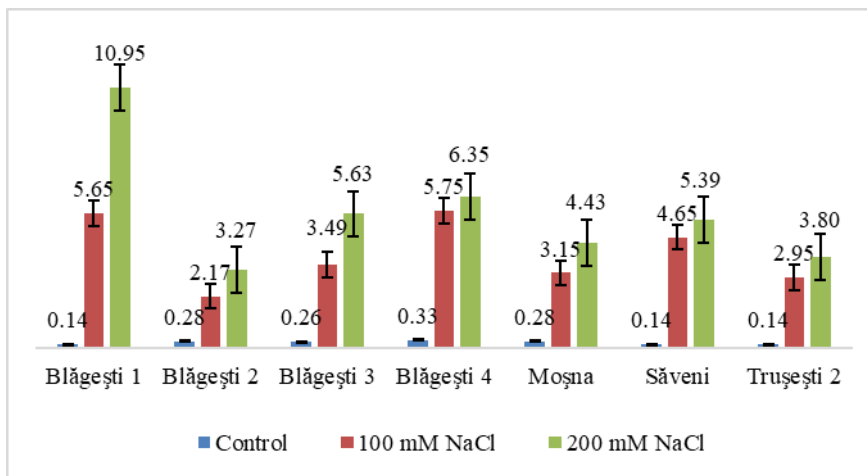


Fig. 4.24. Concentrația de Cl^- din frunzele de fasole supuse unui stres salin pe o perioadă de 15 de zile

Fig. 4.24. The content of Cl^- on foliar beans under salinity stress, for a period of 15 days

Datele obținute la sfârșitul tratamentului relevă faptul că, valorile înregistrate în cazul variantei control, au fost cuprinse între 0,15 mg/100 mg s.u. (Săveni) și 0,48 mg/100 mg s.u. (Blăgești 2). La varianta tratată cu 100 mM, maximul s-a obținut la populația Moșna (6,95 mg/100 mg s.u.), iar minimul la populația Blăgești 2 (5,25 mg/100 mg s.u.). La un stres salin de 200 mM, populația locală Blăgești 1 a prezentat un maxim de 12,10 mg/100 mg s.u. (Fig. 4.25), ceea ce denotă incapacitatea de a stoca ionii de Cl^- la nivel radicular.

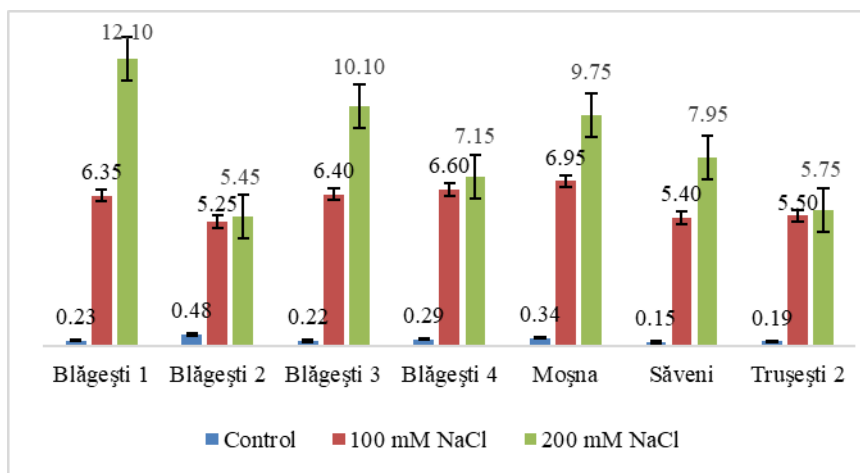


Fig. 4.25. Concentrația de Cl^- din frunzele de fasole supuse unui stres salin pe o perioadă de 30 de zile

Fig. 4.25. The content of Cl^- in the bean leaves under salinity stress, after of 30 days salt stres

La efectuarea *testului T* se observă că: între varianta control și varianta de concentrație 100 mM diferențele statistice sunt nesemnificative; între varianta control și cea de 200 mM diferențele statistice sunt foarte semnificative, iar între variantele tratate cu cele două soluții saline s-au înregistrat valori statistic semnificative (Tabelul 4.9).

Tabelul 4.9/ Table 4.9.

Diferențe statistice între varianta control (I) și variantele tratate cu soluții saline de NaCl în concentrație de 100 mM (II) respectiv 200 mM (III), în ceea ce privește valoarea conținutului de Cl⁻/ Statistical differences between variant control (I) and variants treated with saline concentration 100 mM (II) and 200 mM (III) regarding the content of Cl⁻

Variante comparate	t-stat	P two-tail	Semnificația
Control-100 mM (I)	-22.5725	2.4742	ns
Control- 200 mM (II)	-8.5817	0.000006	***
100 mM-200 mM (III)	-2.8778	0.014069	*

Test Paired Two Sample for Means: ^{ns} diferențe statistice nesemnificative ($p \leq 0,05$) între variante; *diferențe statistice semnificative ($p \leq 0,05$) între variante; ***diferențe statistice foarte semnificative ($p \leq 0,001$) între variante.

4.2.7. Influența stresului salin asupra conținutului de proteină brută din boabe

Conținutul de proteine poate fi afectat negativ sau pozitiv de stresul salin. Rezultatele anumitor studii (Tort and Turkyilmaz, 2004; Chen et al., 2007) demonstrează o scădere sau/și o creștere a conținutului de proteine la plantele tratate cu diferite concentrații ale sărurilor. Parida et al., (2005) au constatat o scădere a conținutului de proteine solubile din frunze, ca răspuns la salinitate. În alt studiu, Chao et al., (1999) au observat o creștere a conținutului de proteine la tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) ca răspuns la tratamentul cu sare. De asemenea, Tort and Turkyilmaz (2004) au înregistrat o creștere mare a conținutului de proteine atunci când s-a tratat planta de orz (*Hordeum vulgare* L.) cu 120 mM NaCl.

Studiile privind influența stresului salin asupra conținutului de proteină indică un efect pozitiv, dar există cercetători care au prezentat și rezultate contrare, care arată un efect negativ al stresului salin. De exemplu, Chen et al., (2007) au constatat că expunerea plantelor de *Vigna unguiculata* L., la vârsta de 14 zile și utilizând o concentrație de 75 mM NaCl a redus conținutul de proteine solubile în plantă. Astfel de rezultate au fost confirmate și de Cheruth et al., (2008), la

Catharnathus roseus L. și ale lui Khosravinejad et al., (2009) în urma experiențelor efectuate pe plantele de *Hordeum vulgare* L.

Sinteza proteinelor din plante este afectată sever datorită stresului salin și are ca rezultat o creștere anormală a plantelor și o producție scăzută a culturilor, fapt relatat de Hemantaranjan (2005), în volumul "*Advances in plant Physiology*". În cadrul acestui volum se află mai multe studii, printre care și cel realizat de Dhingra și Sharma (1993), care pe trei cultivare de fasole verde (*Phaseolus vulgaris* L.) au arătat că stresul salin a provocat acumularea de amoniu, nitrați și aminoacizi liberi în plante, în timp ce sinteza de proteine a fost redusă. Totodată, condițiile de salinizare au condus în cazul culturii de *Vigna radiata* L. Wilezek la o scădere semnificativă a proteinelor și a aminoacizilor liberi precum și a prolinei, cu o creștere concomitentă a acestora, în semințele netratate cultivate în condiții non-saline.

În volumul, "*Environmental Physiology*", Hemantaranjan (2007) prezintă alte studii, cu referire la influența stresului asupra conținutului de prolină la diverse plante. Dhanker and Matta (1992), citat de Hemantaranjan (2007) au raportat că nivelurile de salinitate de $7,3 \text{ dSm}^{-1}$ la patru variante de năut au determinat o reducere a conținutului de proteine din semințe, cu specificația că au fost afectate diferit.

Abd El-Samad et al., (1997) au arătat că toleranța relativă la săruri a plantelor de *Glycine max* se datorează acumulării de proteine solubile și aminoacizi, iar condițiile de salinizare au condus la scăderea conținutului de proteine cu o creștere concomitentă a activității proteazelor în rădăcină.

În cercetările prezente, la varianta tratată cu 100 mM, proteina brută s-a diminuat cu mult față de varianta control. Evidențiem faptul că populațiile Blăgești 4 (48,19 %), Blăgești 1 (39,36 %) și Trușești 2 (37%), au prezentat o diminuare a conținutului de proteină brută destul de ridicată la varianta tratată cu 100 mM. În schimb, la varianta de 200 mM, la patru dintre populații s-a înregistrat o diminuare a conținutului de proteină brută de 48,72% (Blăgești 1), 33,81% (Blăgești 3), 54,21% (Moșna) și 30% (Săveni) (Fig. 4.26).

Conținutul de proteină a fost afectat ca urmare a dozelor aplicate, în cazul a patru populații studiate, rezultatele obținute fiind în concordanță cu studiile de specialitate realizate de Parida et al., (2002), Chen et al., (2007), Cheruth et al., (2008). Astfel, stresul salin a provocat acumularea de anioni, nitrați și aminoacizi liberi, care a determinat o sinteză redusă a proteinelor, ce duce în final la o creștere anormală a plantelor și la un randament scăzut al plantelor.

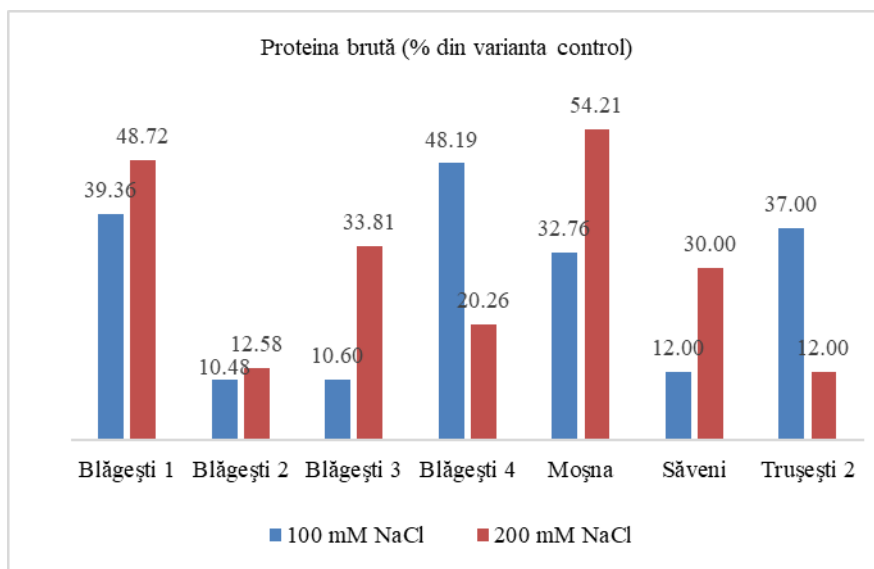


Fig. 4.26. Diminuarea procentuală a proteinei brute la populațiile locale de fasole tratate cu soluție salină față de varianta control (%)

Fig.4.26. The percent decrease of the protein to local populations of beans treated with saline solution compared to the control (%)

În urma efectuării analizei varianței, la populațiile de fasole supuse la stres salin timp de 30 zile, se constată că, conținutul de proteină brută nu a fost influențat de populație, diferențele fiind ne semnificative statistic (Tabelul 4.10).

Tabelul 4.10./ Table 4.10.

Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului cu NaCl pe o perioadă de 30 de zile, cu privire la conținutul în proteină brută/ The variance analysis to local populations of beans under stress with NaCl, for a period of 30 days on the protein content

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	0.1197	6	0.0199	1.2118	0.3645	2.9961	ns
Concent.	2.3747	2	1.1873	72.0801	0.5432	3.8852	***
Eroare	0.1976	12	0.0164				
Total	2.6922	20					

Anova Two- Factor: ^{ns} diferențe statistice ne semnificative ($p \leq 0,05$); ***diferențe statistice foarte semnificative ($p \leq 0,001$);

4.2.8. Corelații între diferiți parametri analizați

În natură, fenomenele se regăsesc în contact cu mediul înconjurător. De aceea, în aplicațiile practice suntem interesați nu numai de prezența și de semnificația corelației, ci și de măsura în care aceasta se manifestă în sine; acest grad este apreciat prin calcule statistice. În acest sens, a fost introdus coeficientul de corelare liniară Bravais-Pearson pentru a evalua corelația dintre două mărimi (Oancea, 2007).

❖ **Determinarea coeficientului de corelație între conținutul de Cl⁻ și producție**

Corelația dintre **conținutul de Cl⁻ și producția medie/plantă** după 30 de zile de la expunerea la stresul salin indică un grad de asociere acceptabil, care se încadrează în datele din literatura de specialitate (Fig. 4.27).

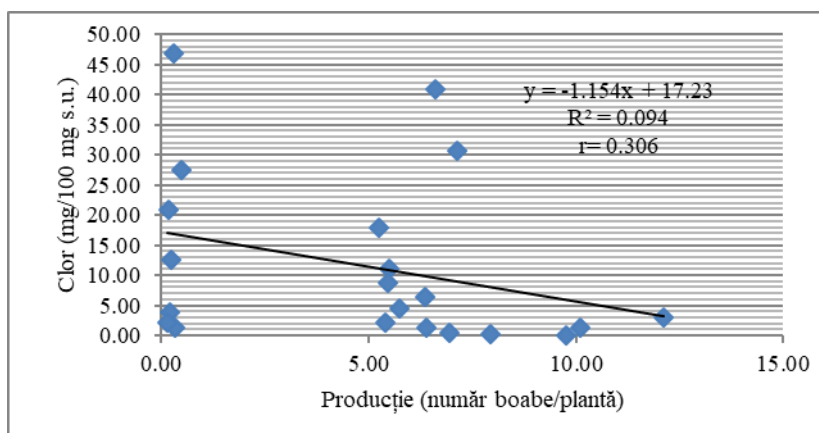


Fig. 4.27. Corelația dintre conținutul de Cl⁻ și producția plantelor, după 30 de zile de expunere la stresul salin

Fig. 4.27. The correlation between content Cl⁻ and plant production, after 30 days of exposure to salt stress

Corelația dintre **conținutul de Cl⁻ și greutatea medie a boabelor/păstaie** după 30 de zile de la expunerea la stresul salin indică de asemenea un grad de asociere acceptabil (Fig. 4.28).

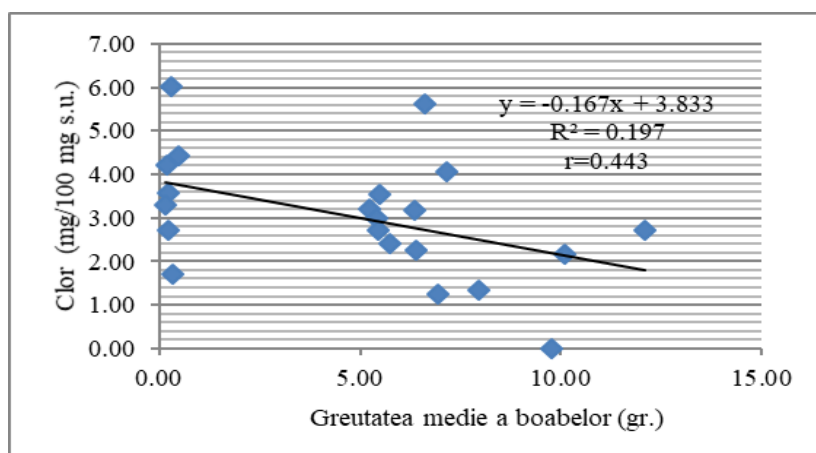


Fig. 4.28. Corelația dintre conținutul de Cl⁻ și greutatea boabelor/păstaie, după 30 de zile de expunere la stresul salin

Fig. 4.28. The correlation of Cl⁻ and weight grain /pod, after 30 day sof exposure to salt stress

CAPITOLUL 5. SELECTAREA UNOR POPULAȚII LOCALE DE FASOLE REZISTENTE LA STRES SALIN

CHAPTER 5. SELECTION OF LOCAL BEANS POPULATION RESISTANT TO SALT STRESS

În anul al doilea de experimentare (2017-2018), s-a reluat studiul la toate cele șapte populații locale de fasole, motivația fiind aceea că s-a dorit reevaluarea materialului colectat și inventarierea proprietăților ameliorative a acestora, în scopul identificării și înmulțirii acelor genotipuri cu caractere și însușiri relevante, care în final să permită obținerea de soiuri noi.

În urma acestor studii se poate face o inventariere a proprietăților ameliorative pentru materialul din colecție, deoarece în domeniul ameliorării plantelor este obligatoriu ca materialul inițial să prezinte o variabilitate suficient de mare în scopul identificării și înmulțirii acelor organisme cu caractere și însușiri noi care în final să poată permite în mod real obținerea de soiuri noi. Variabilitatea este dată de totalitatea diferențierilor privind caracterele și însușirile indivizilor dintr-o anumită populație. Caracterele sunt reprezentate de totalitatea particularităților morfologice, fiziologice, biochimice, și pot fi grupate în funcție de parametrii utilizați pentru exprimarea lor în caractere calitative și cantitative, mai ales că un genotipul reprezintă totalitatea genelor (zestrea ereditară) a unui individ provenite de la părinți sau unele apărute în urma mutațiilor naturale sau induse.

În acest ultim capitol sunt prezentate rezultatele experimentale cu privire la excesul salin asupra unor procese fiziologice și biochimice la populațiile locale selectate, respectiv: suprafața foliară, ritmul de deshidratare foliară, conținutului de pigmenți fotosintetici, conductanța stomatelor, conținutul de Cl^- din frunze, conținutul de prolină din frunze, plus elemente legate de producție.

5.1. Rezultate experimentale privind efectele excesului salin asupra creșterii și dezvoltării plantelor de fasole

În plante, creșterea este vizibilă, iar dezvoltarea plantelor este de fapt o sumă de două procese: creștere și diferențiere. Salinitatea afectează plantele în diferite moduri, cum ar fi: efectele osmotice, toxicitatea ionică specifică și/sau tulburările nutriționale (Lauchli and Epstein, 1990). Aceste modificări depind de mulți factori care includ: specia, genotipul, vârsta

plantei, puterea ionică și compoziția soluției de salinizare, precum și organul în cauză.

Munns (2002), spune că după salinizare celulele se deshidratează și se micșorează, dar își recuperează volumul original mai târziu. În ciuda acestei reînnoiri, alungirea celulară și, într-o măsură mai mică, diviziunea celulară sunt reduse, ceea ce duce la scăderea ratei creșterii frunzelor și rădăcinilor. În următoarele zile, reducerea diviziunii celulare și a alungirii se traduce printr-o dimensiune mai mică a frunzei. Plantele care sunt grav afectate suferă adesea vătămări vizibile datorate excesului de săruri. După săptămâni, dezvoltarea plantelor este afectată, iar după luni, se observă diferențe clare cu privire la aspectul plantelor.

5.1.1. Influența stresului salin asupra suprafeței foliare

Conform datelor obținute în primul an de experimentare suprafața foliară a fost influențată negativ de concentrațiile saline aplicate. Rezultatele din cel de-al doilea an de experiență arată că valorile acestui parametru au variat în funcție de populație locală și de concentrația sărurilor aplicată.

În Figura 5.1. se observă că după 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline apar diferențe între populațiile tratate cu o concentrație de 100 mM și cele tratate cu 200 mM, în comparație cu varianta control.

Aplicarea soluției saline de concentrație 100 mM a determinat valori care au oscilat între 243 cm² (Săveni) și 431 cm² (Blăgești 3 și Trușești 2), fiind mai scăzute în comparație cu lotul control. Odată cu aplicarea tratamentului cu 200 mM, valorile acestui parametru au fost cuprinse între 234 cm² (Săveni) și 402 cm² (Blăgești 3).

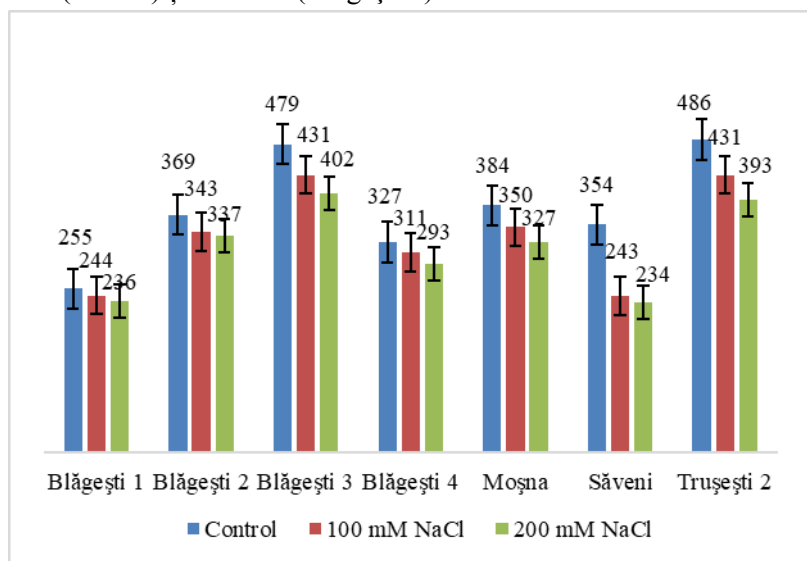


Fig. 5.1. Influența stresului salin asupra creșterii foliare, după 15 zile
Fig. 5.1. The influence of salt stress on foliar growth, after 15 day

Analizând valorile suprafeței foliare după 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline constatăm o scădere a acestora la variantele tratate comparativ cu martorul (Fig.5.2). În acest caz, valorile au oscilat între 264 cm² (Blăgești 1) și 492 cm² (Trușești 2) în cazul variantei control; între 241 cm² (Blăgești 1) și 448 cm² (Trușești 2) în cazul variantei tratată cu 100 mM și respectiv între 234 cm² (Blăgești 1) și 410 cm² (Blăgești 3 și Trușești 2) pentru frunzele de fasole, din cadrul variantei tratată cu 200 mM. Din analiza acestui parametru remarcăm faptul că populațiile Blăgești 2, Moșna, Blăgești 3 și Trușești 2 au prezentat valori ale suprafeței foliare mai ridicate, ceea ce indică că acestea pot prezenta o mai bună rezistență la săruri față de restul populațiilor experimentate.

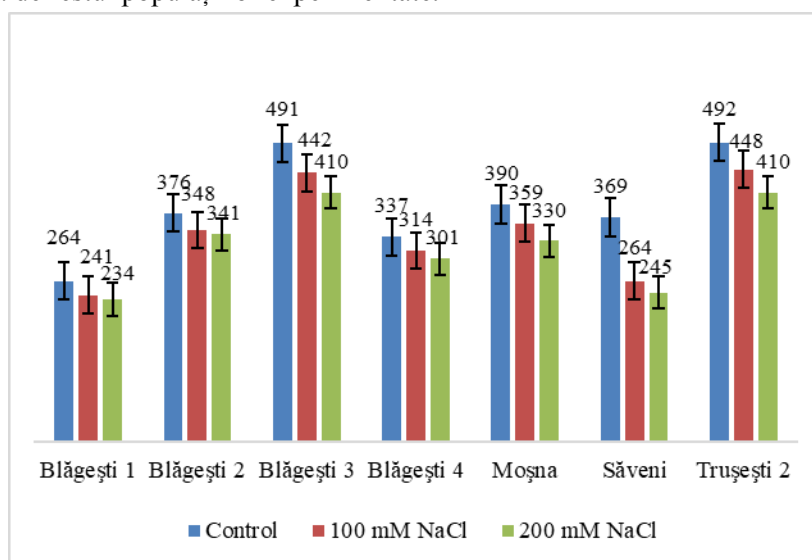


Fig. 5.2. Influența stresului salin asupra creșterii foliare, după 30 zile

Fig. 5.2. The influence of salt stress on foliar growth, after 30 days

Un răspuns imediat al plantelor la salinitate ridicată este o scădere a suprafeței foliare. Există un model diferențial de acumulare și/sau distribuție a Na⁺ și Cl⁻ în plante (Zhao et al., 2002) și efectele lor asupra creșterii frunzelor. Cu toate acestea, acumularea și distribuția Na⁺ și Cl⁻ în plantele tratate cu săruri pot fi dependente de genotip. Unele halofite pot supraviețui chiar dacă acumulează Na⁺ până la 50% din greutatea lor uscată în lăstari. Stresul salin inhibă creșterea plantelor prin perturbarea echilibrului osmotic și ionic celular, iar creșterea biomasei este direct legată de productivitatea plantelor de cultură. În alt studiu, creșterea concentrației de NaCl în soluția nutritivă a redus semnificativ biomasa părților vegetative supraterrane. La concentrații mari de săruri, se observă plasmoliza osmotică pe întreaga suprafață a frunzei expuse (Jungkland et al., 2003).

În urma efectuării analizei varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin, după 15 zile de la tratament se constată diferențe statistice foarte semnificative între populațiile de la varianta control și cele de la varianta tratată cu 100 mM și diferențe statistice semnificative între varianta control și cea tratată cu 200 mM. La 30 zile de la administrarea tratamentului salin se evidențiază tot diferențe statistice nesemnificative, în ceea ce privește suprafața foliară între varianta control și varianta tratată cu 200 mM. Pe de altă parte, atât după 15 zile cât și după 30 zile de la aplicarea tratamentelor salin între populațiile de la varianta tratată cu 100 mM și cele din varianta tratată cu 200 mM diferențele statistice sunt nesemnificative, ceea ce ne permite să afirmăm că toxicitatea cu NaCl se manifestă deja începând de la 100 mM; excesul salin în creștere, de la 200 mM nu a avut efecte semnificative asupra plantelor (Tabelul 5.1).

Tabelul 5.1./ Table 5.1.

Analiza varianței la populațiile de fasole supuse stresului cu NaCl pe o perioadă de 15 respectiv 30 de zile, cu privire la suprafața foliară/ Analysis of the local population variance at bean under stress with NaCl over a period of 15 or 30 days on the foliar growth

	Control/100 mM		Control/200 mM		100 mM/200 mM	
	15 zile	30 zile	15 zile	30 zile	15 zile	30 zile
T Stat	5.05	1.30	2.48	1.82	0.79	0.183
P	***0.001	ns 0.12	*0.02	ns 0.06	ns 0.23	ns 0.43
(T<=t)						
T critic	2.0150	2.0150	2.0150	2.0150	2.0150	2.0150

Student's TTEST (Paired Two Sample for Means): ns diferențe statistic nesemnificative ($p \geq 0,05$) între variante; *diferențe statistic semnificative ($p \leq 0,05$) între variante; ***diferențe statistice foarte semnificative ($p \leq 0,001$) între variante.

5.1.2. Influența stresului salin asupra procesului de fructificare

Evaluarea influenței stresului salin asupra producției vegetale este un aspect foarte important în determinarea modului în care salinitatea afectează productivitatea și de aceea, procesul de fructificare a fost studiat pe baza determinărilor a doi indici, numărul mediu de boabe/plantă și greutatea medie a boabelor/păstăie.

Analizând numărul mediu de boabe/plantă și greutatea medie a boabelor/păstăie, s-a observat că, în comparație cu varianta control, pentru toate populațiile locale tratate cu 100 mM și 200 mM NaCl, acești parametri au scăzut considerabil.

La varianta tratată cu 100 mM cele mai reduse pierderi de producție au fost înregistrate la populația Săveni, care în urma tratamentului aplicat a înregistrat o producție de 78,12% din cea a martorului. Această populație este urmată de Trușești 2 și Blăgești 4, care au înregistrat o producție de

69,56% și 67,00% din varianta control. În urma tratamentului cu 200 mM, cele mai reduse pierderi au fost la Săveni, care a înregistrat o producție de 60,00%. În schimb, cele mai mici producții s-a observat la populațiile Blăgești 3 (32,18% din varianta control) și Blăgești 2 (36,20%) din varianta control (Fig.5.3).

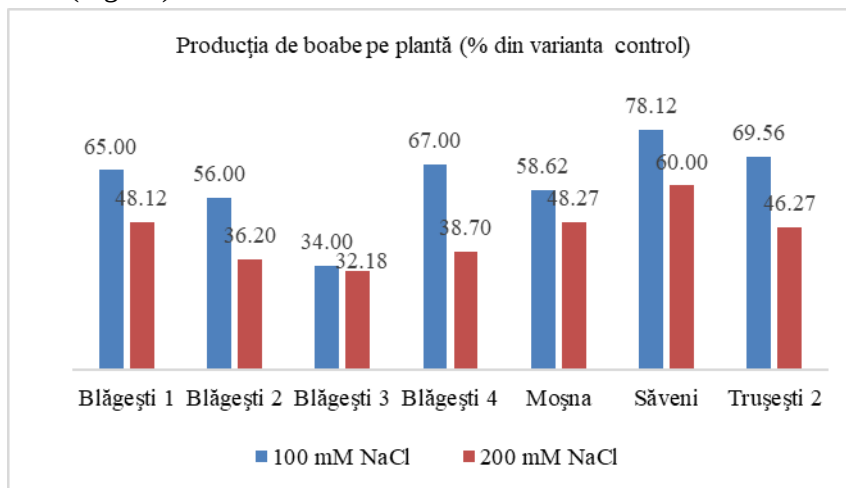


Fig. 5.3. Efectul stresului salin asupra producției

Fig. 5.3. The influence of salt stress on production

În ceea ce privește greutatea medie a boabelor/păstaie (%), în anul al doilea de studiu, concentrațiile de 100 mM și 200 mM NaCl au influențat negativ greutatea boabelor de fasole, în cazul celor șapte populațiile locale studiate și a oscilat între 23,05% (Moșna) și 72,11% (Săveni) din cea a matorului (Fig.5.4).

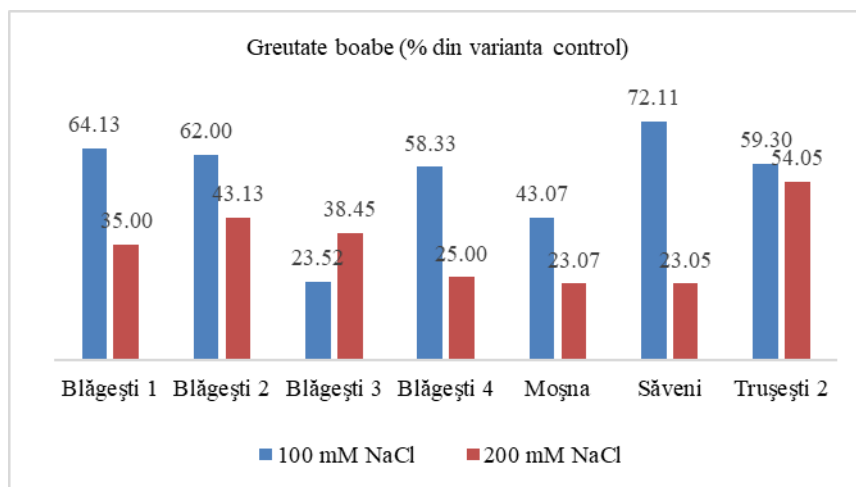


Fig. 5.4. Efectul stresului salin asupra greutății boabelor

Fig. 5.4. The influence of salt stress on weight of grains

Rezultatele obținute sunt în deplină concordanță cu datele prezentate în literatură de Giannakoula and Ilias (2013) și Covașă (2016), conform cărora, concentrațiile ridicate de NaCl au influență negativă asupra producției.

5.2. Rezultate experimentale privind efectele excesului salin asupra unor procese biochimice și fiziologice la populațiile locale de fasole studiate

Principalele cauze care duc la o scădere de până la 70% a producției agricole sunt factorii de stres abiotic precum: salinitatea, seceta și temperaturile ridicate sau scăzute. Totodată, organismele vii sunt incapabile să controleze factorii de mediu, astfel că majoritatea, au dezvoltat mecanisme de evitare sau de adaptare la aceste tipuri de stres (Ciuzan, 2013).

În acest sens, adaptarea la stresul salin a diferitelor plante de cultură este intens studiată în zilele noastre, în încercarea de a se identifica cei mai importanți indicatori care dau acea rezistență la stresul salin.

5.2.1. Influența stresului salin asupra conținutului de apă la nivel foliar

Toate procesele fiziologice care au loc în plante, decurg normal doar în cazul asigurării optime cu apă. Apa este un component structural activ al celulei și facilitează interacțiunea dintre molecule, servește în calitate de substrat în procesul de fotosinteză, participă la respirație și la diverse procese hidrolitice și sintetice. De aceea, cunoașterea conținutului de apă din frunze permite determinarea particularităților ecofiziologice ale plantelor, elucidarea mecanismelor de adaptare la factorii de mediu.

Totodată, conținutul și starea apei în celule și țesuturi determină rezistența plantelor la factorii nefavorabili din mediul ambient, intensitatea proceselor de creștere și a productivității. Acest conținut în plante variază în funcție de particularitățile genetice, vârstă, regimul de apă, nutriție minerală, anotimp și fotoperioade etc (Duca și colab., 2001).

❖ Efectul stresului salin asupra conținutului de apă totală

În anul al doilea de studiu, după 15 zile de la aplicarea tratamentului salin față de varianta control, toate populațiile au înregistrat un conținut mai scăzut de apă totală, în cazul administrării soluției saline de 200 mM (Fig.5.5). La varianta control se evidențiază populația locală Moșna, care a avut cel mai mare conținut de apă totală (92,78%). La aplicarea concentrației saline de 100 mM, conținutul maxim de 88,81% s-a obținut la populația Blăgești 1, iar conținutul minim (59,32%) la Trușești 2. Concentrația de

200 mM a dus la acumularea unui conținut maxim (85,87%) de apă totală la populația Blăgești 1 și un conținut minim (44,02%) la populația Trușești 2.

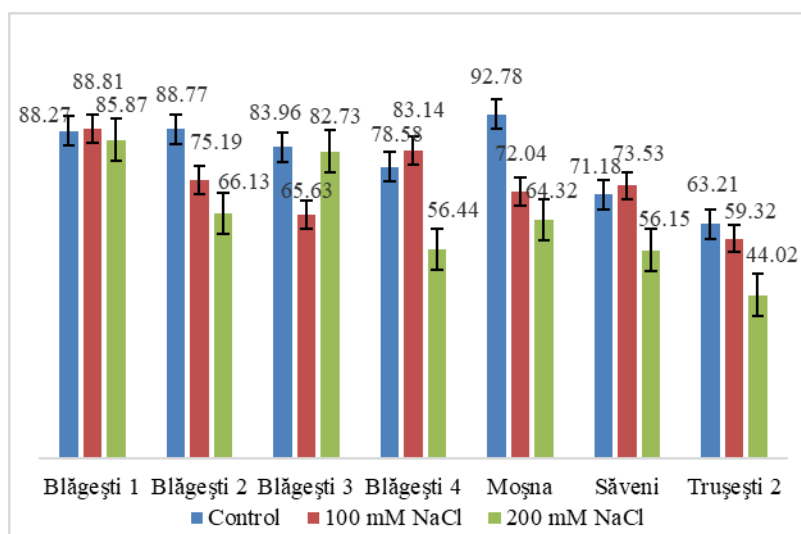


Fig. 5.5. Influența stresului salin asupra conținutului total de apă (%), după 15 zile

Fig. 5.5. The influence of salt stress on total water content (%), after 15 days

După 30 de zile de la aplicarea tratamentului salin s-a observat o ușoară creștere a conținutului total de apă pentru majoritatea populațiilor locale din cadrul celor trei variante, valorile acestui parametru oscilând între 69,14% și 92,72%. Conform rezultatelor obținute, putem specifica că la sfârșitul tratamentului salin, conținutul de apă totală se menține apropiat de cel al variantei control, ceea ce indică faptul că aceste populații locale s-au adaptat stresului osmotic, în tot acest timp (Fig.5.6).

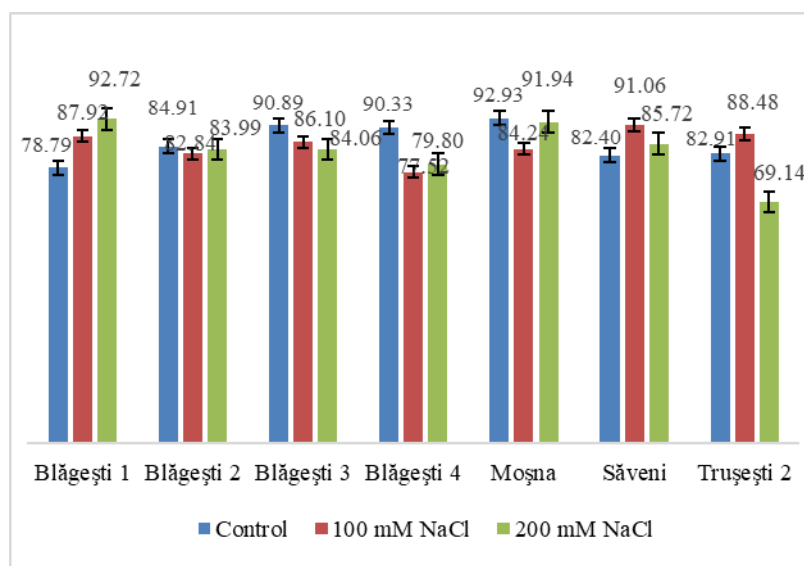


Fig. 5.6. Influența stresului salin asupra conținutului total de apă (%), după 30 zile
 Fig. 5.6. The influence of salt stress on total water content (%), after 30 days

Analiza statistică relevă faptul că după 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline, populațiile locale și concentrațiile utilizate nu au influențat statistic conținutul de apă totală. La sfârșitul tratamentului influența celor doi factori asupra conținutului total de apă prezintă diferențe statistice semnificative (Tabelul 5.2).

Tabelul 5.2./ Table 5.2.

Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin cu NaCl
 asupra conținutului total de apă/ The variance analysis to local populations of beans
 under stress with NaCl on total water content

➤ După 15 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	1802.82	6	300.4700	4.4298	0.0136	2.9961	*
Concent.	885.4674	2	442.7337	6.5272	0.0120	3.8852	*
Eroare	813.9404	12	67.8283				
Totală	3502.228	20					

➤ După 30 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	181.6259	6	30.2709	0.7515	0.6201	2.9961	ns
Concent.	18.6070	2	9.3035	0.2309	0.7972	3.8852	ns
Eroare	483.3325	12	40.2777				
Totală	683.5655	20					

Anova Two-Factor: ^{ns} diferențe statistice nesemnificative ($p \geq 0,05$) între variante;

*diferențe statistice semnificative ($p \leq 0,05$) între variante.

❖ Efectul stresului salin asupra conținutului de apă liberă

În urma determinării conținutului de apă liberă în frunze, după 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline, s-a observat faptul că, comparând variantele între ele, are loc o ușoară scădere a procentului de apă liberă în cazul aplicării soluției saline de 100 mM și 200 mM, pentru toate populațiile. La varianta 100 mM valoarea maximă a conținutului de apă liberă a fost de 61,04% la populația Blăgești 4, iar valoarea minimă de 34,89% la populația locală Trușești 2. În cazul variantei de 200 mM, valoarea minimă (29,01%) aparține populației Trușești 2, iar valoarea maximă (52,17%) populației Blăgești 1 (Fig.5.7).

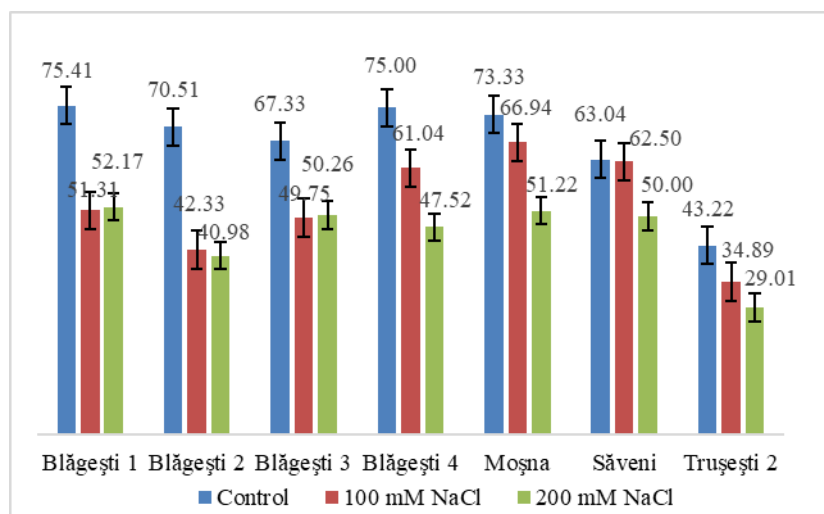


Fig. 5.7. Influența stresului salin asupra conținutului de apă liberă (%), după 15 zile
Fig. 5.7. The influence of saline stress on free water content (%), after 15 days

După 30 zile de la aplicarea tratamentelor saline, analiza conținutului de apă liberă prezentată în Figura 5.8 scoate în evidență un conținut mai redus, față de varianta control pentru patru populații (Blăgești 1, Blăgești 3, Săveni și Trușești 2), la varianta tratată cu 100 mM;

în cazul variantei tratate cu 200 mM, conținutul de apă liberă a fost mai redus la patru populații din cele șapte studiate (Blăgești 2, Blăgești 4, Săveni și Trușești 2). Astfel, reducerea conținutului de apă liberă, determină o capacitate biologică de toleranță ridicată a plantelor la condițiile de stres abiotic.

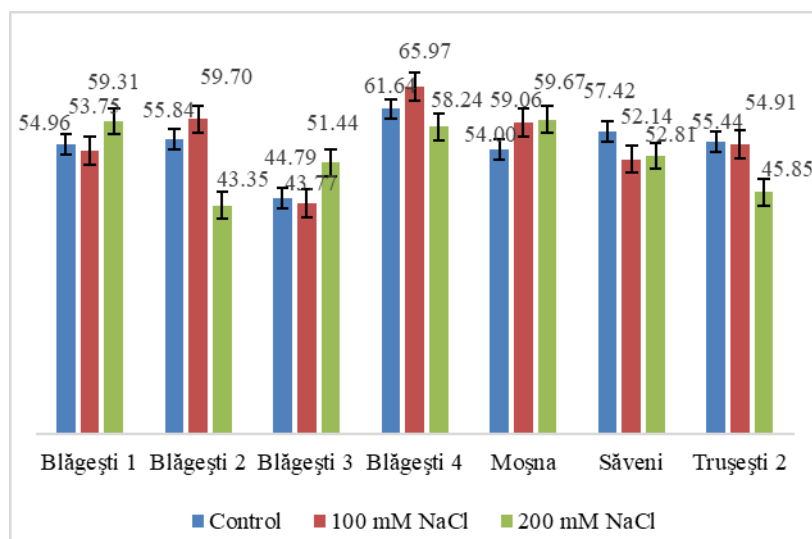


Fig. 5.8. Influența stresului salin asupra conținutului de apă liberă (%), după 30 zile

Fig. 5.8. The influence of saline stress on free water content (%), after 30 days

Analiza statistică evidențiază diferențe statistice foarte semnificative în ceea ce privește influența celor doi factori asupra conținutului de apă liberă la 15 zile și 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline (Tabelul 5.3).

Tabelul 5.3./ Table 5.3.

Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin cu NaCl asupra conținutului de apă liberă/ The variance analysis to local populations of beans under stress with NaCl on the free water content

➤ După 15 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populații a locală	1609.897	6	268.316	8.5274	0.000923	2.996	***
Concent.	1599.887	2	799.943	25.4233	0.000048	3.885	***
Eroare	377.5796	12	31.4649				
Totală	3587.364	20					

➤ După 30 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	1609.897	6	268.3162	8.5274	0.00092	2.9961	***
Concent.	1599.887	2	799.9435	25.4233	0.00004	3.8852	***
Eroare	377.5796	12	31.4649				
Totală	3587.364	20					

Anova Two-Factor: ***diferențe statistice foarte semnificative ($p \leq 0,001$) între variante.

❖ Efectul stresului salin asupra conținutului de apă legată

După 15 zile sub influența NaCl s-a observat valori mai ridicate față de varianta control la patru populațiile locale studiate, respectiv: Blăgești 1 (33,70%), Blăgești 2 (42,79%), Blăgești 3 (32,47) și Blăgești 4 (8,92%), în cazul administrării unei concentrații de 200 mM NaCl (Fig.5.9).

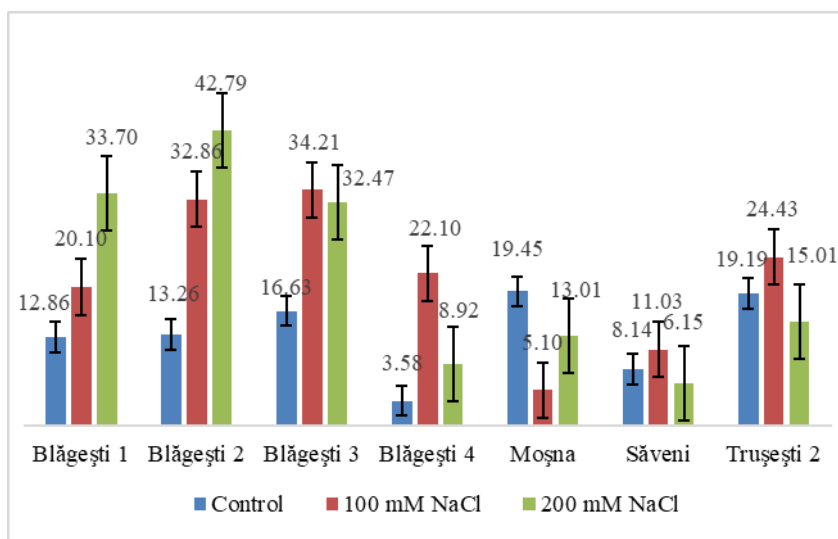


Fig. 5.9. Influența stresului salin asupra conținutului de apă legată (%), după 15 zile

Fig. 5.9. The influence of salt stress on bound water content (%), after 15 days

La sfârșitul tratamentului, valorile obținute la varianta tratată cu 200 mM NaCl au fost semnificativ mai ridicate față de varianta control, la trei dintre populațiile locale studiate: Blăgești 1 (33,41%), Blăgești 2 (40,64%), Săveni (34,91%) (Fig. 5.10), ceea ce demonstrează rezistența acestora la salinitate.

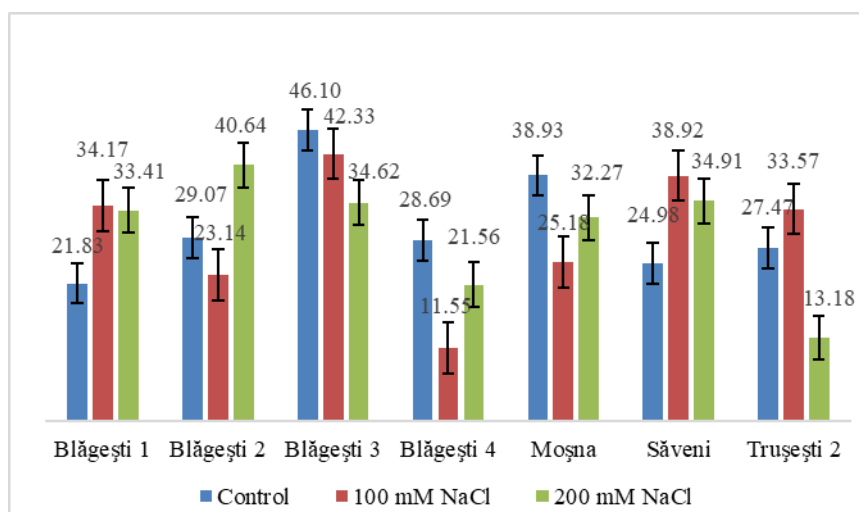


Fig. 5.10. Influența stresului salin asupra conținutului de apă legată (%), după 30 zile

Fig. 5.10. The influence of salt stress on bound water content (%), after 30 days

Din analiza statistică s-a evidențiat că, după 15 zile, tratamentul cu concentrație salină nu a influențat conținutul de apă legată, dar după 30 zile influența a fost una foarte semnificativă, ceea ce indică o capacitate de adaptare ridicată a acestor populații locale, la condiții prelungite de stres salin (Tabelul 5.4).

Tabelul 5.4./ Table 5.4.

Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin asupra conținutul de apă legată/ The variance analysis of the bean local populations under stress with NaCl, on the bound water content

➤ După 15 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	1609.897	6	268.3162	8.5274	0.00092	2.9961	***
Concent.	1599.887	2	799.9435	25.4233	0.00004	3.8852	***
Eroare	377.5796	12	31.4649				
Totală	3587.364	20					

➤ După 30 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	752.4230	6	125.4038	1.70598	0.2028	2.9961	ns
Concent.	5.35178	2	2.67589	0.03640	0.9643	3.8852	ns
Eroare	882.0997	12	73.50831				
Totală	1639.874	20					

Anova Two-Factor: ^{ns} diferențe statistice nesemnificative ($p \geq 0,05$) între variante; ***diferențe statistice foarte semnificative ($p \leq 0,001$) între variante.

5.2.2. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare a frunzelor

Ritmul de deshidratare reprezintă un indicator specific al intensității procesului de transpirație (Covașă, 2016), deoarece semnifică cantitatea de apă eliminată în unitatea de timp. Se exprimă în mg/oră/dm² și g/oră/g (Toma și Jităreanu, 2007).

În urma determinărilor efectuate în anul al doilea de studiu, s-a putut constata că, după 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline, la populațiile locale Moșna și Blăgești 1 s-a evidențiat cel mai intens ritm de deshidratare, la toate cele trei variante analizate, fapt ce relevă o incapacitate de adaptare la stres salin (Fig. 5.11. a.b.c.).

Dacă în prima oră de dehidratare aceste populații locale prezintă valori ale conținutului total de apă cuprinse între 91,11% și 90,50% față de varianta control, în schimb la varianta tratată cu 100 mM valorile oscilează între 93,22% și 94,21%; după 24 de ore s-a ajuns la valori cuprinse între 26,67% și 24,58% pentru varianta control și între 33,05% și 48,65% pentru cea tratată cu 100 mM. La administrarea tratamentului salin cu 200 mM, ritmul de deshidratare a fost mai redus cu mult față de aplicarea tratamentului cu 100 mM. În acest caz se observă o reducere a vitezei de deshidratare a frunzelor în condițiile unui stres salin ridicat. Comparând ritmul de deshidratare înregistrat după 24 de ore cu varianta control, se constată că valorile procentuale indică o viteză de deshidratare mai redusă, care ar putea demonstra o bună adaptare.

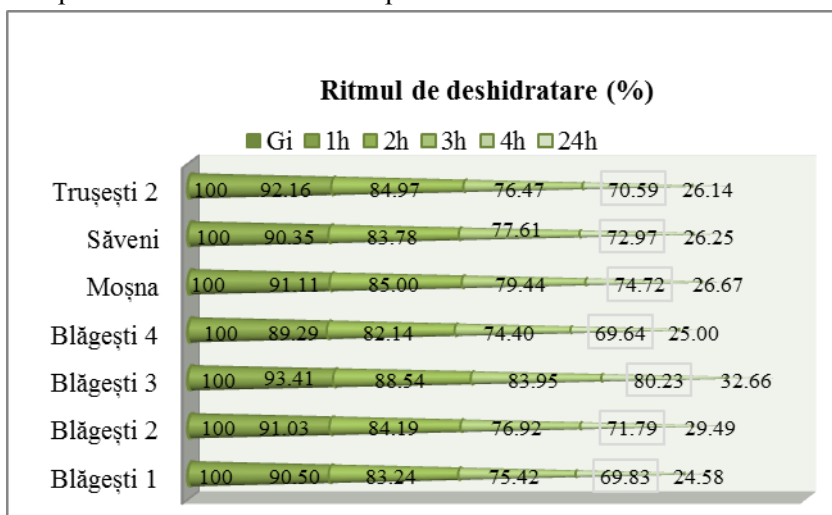


Fig. 5.11.a. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta control, după 15 zile

Fig. 5.11.a. The influence of salt stress on the dehydration rate of control, after 15 days

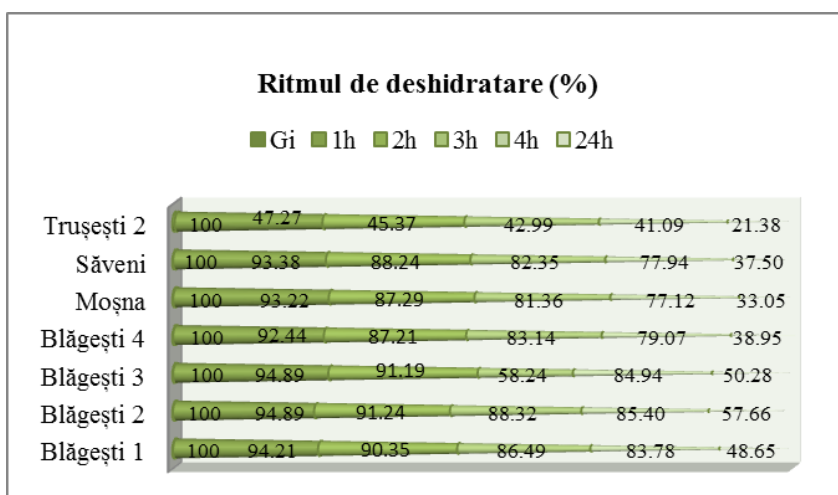


Fig. 5.11.b. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta 100 mM, după 15 zile

Fig. 5.11.b. The influence of salt stress on the dehydration rate of 100 mM variant, after 15 days

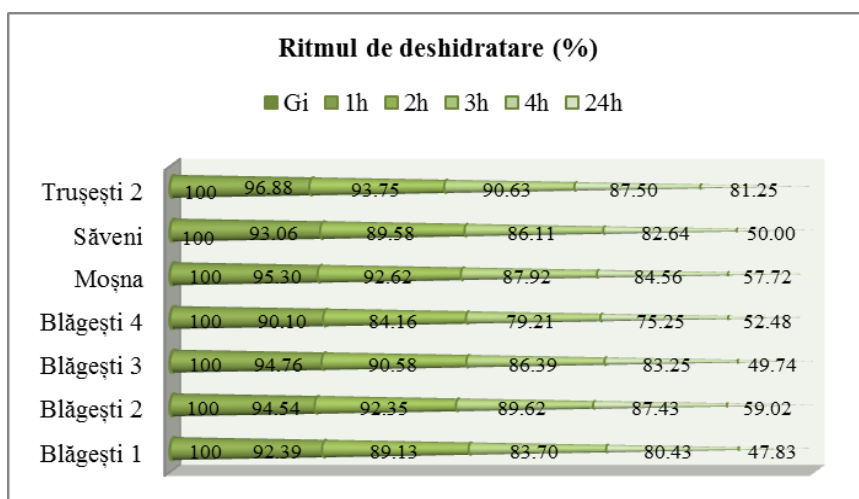


Fig. 5.11.c. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta 200 mM, după 15 zile

Fig. 5.11.c. The influence of salt stress on the dehydration rate of 200 mM variant, after 15 days

La sfârșitul tratamentului, analiza ritmului de deshidratare scoate în evidență o scădere a acestuia la toate populațiile, comparativ cu valorile care s-au obținut la 15 zile, în cazul celor trei variante experimentale (control, 100 mM și 200 mM). Conform studiilor de specialitate realizate de Covașă (2016) valorile obținute sunt normale, deoarece plantele luate în studiu s-au aflat la sfârșitul perioadei de vegetație. Astfel, parametru analizat a înregistrat valori apropiate de lotul control, iar acest lucru indică o viteză de deshidratare redusă, care se manifestă odată cu aplicarea dozei de

200 mM NaCl pentru toate populațiile locale de fasole luate în analiză (Fig. 5.12. a.b.c.). Astfel, putem afirma că plantele supuse dozelor de NaCl, dar și unui deficit hidric, prezintă mecanisme de toleranță și s-au adaptat prin îngroșarea stratului de cuticulă, pentru a reține apa și a reduce în cele din urmă transpirația.

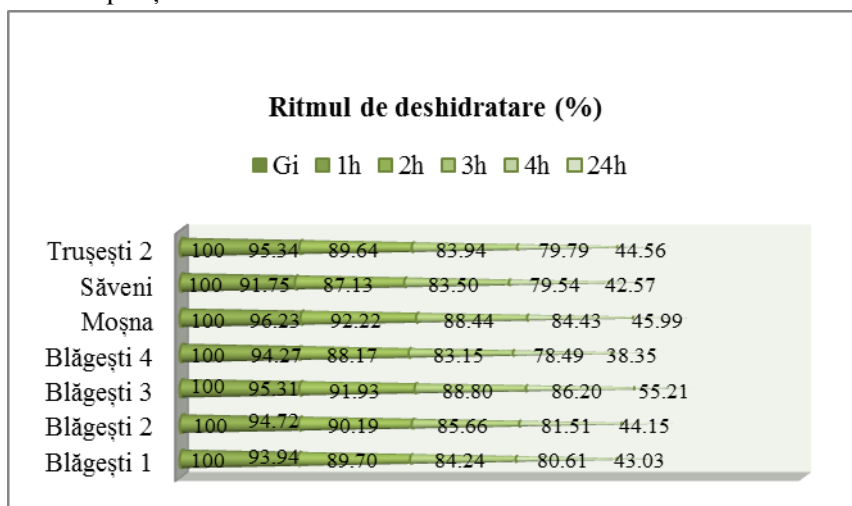


Fig. 5.12.a. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta control, după 30 zile

Fig. 5.12.a. The influence of salt stress on the dehydration rate of control variant, after 30 days

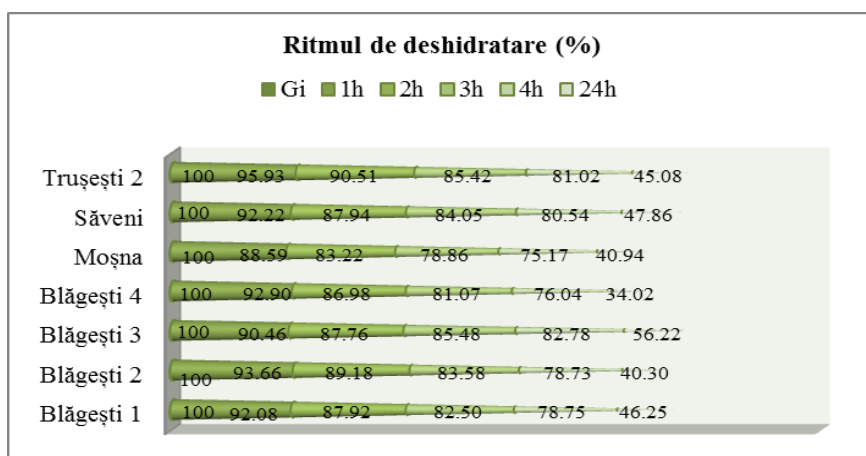


Fig. 5.12.b. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta 100 mM NaCl, după 30 zile

Fig. 5.12.b. The influence of salt stress on the dehydration rate of 100 mM variant, after 30 days

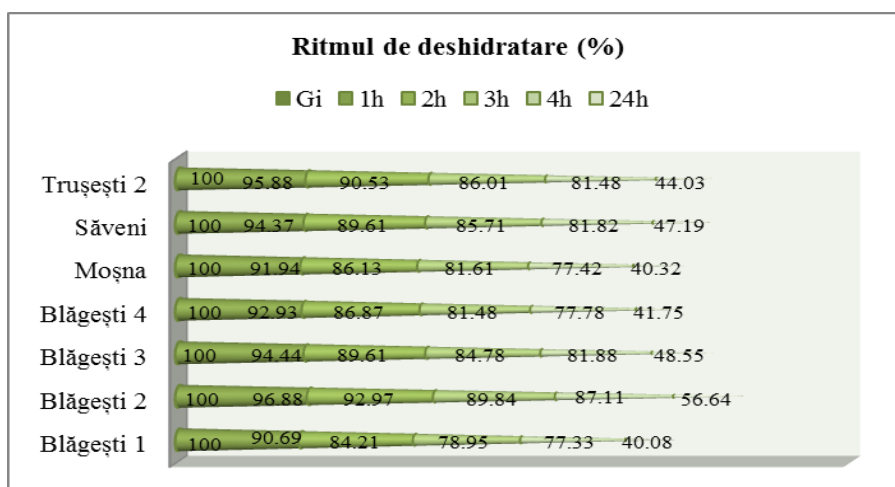


Fig. 5.12.c. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta 200 mM NaCl, după 30 zile

Fig. 5.12.c. The influence of salt stress on the dehydration rate of 200 mM variant, after 30 days

5.2.3. Influența stresului salin asupra conținutului de pigmenți clorofilieni

5.2.3.1. Determinarea conținutului total de clorofilă (CCI) cu ajutorul aparatului CCM 200 plus

În anul 2018, după 15 zile de stres salin s-au evidențiat diferențe semnificative la populațiile locale luate în studiu, valorile acestui indice oscilând de la 14,20 până la 33,52 CCI. În cazul expunerii plantelor de fasole la concentrația de 100 mM NaCl, în comparație cu varianta control, s-au obținut valori inferioare pentru populațiile Blăgești 1, Trușești 2, Săveni și Moșna și o creștere a indicelui conținutului de clorofilă pentru celelalte trei populații (Blăgești 2 și Blăgești 3, Blăgești 4). În schimb, în cazul aplicării tratamentului cu 200 mM, conținutul de clorofilă a fost superior doar pentru o singură populație luată în studiu și inferior pentru celelalte șase populații; cea mai mare creștere a indicelui conținutului de clorofilă s-a constatat la Blăgești 3 (27,78 CCI), iar Trușești 2 a înregistrat cea mai mică creștere (16,26 CCI) (Fig. 5.13). Rezultatele obținute demonstrează o sporire a acestui indice la plantele expuse salinității, ceea ce indică faptul că populațiile locale care au prezentat un indice ridicat s-au aflat în prima fază de manifestare a stresului salin (Munns, 2008).

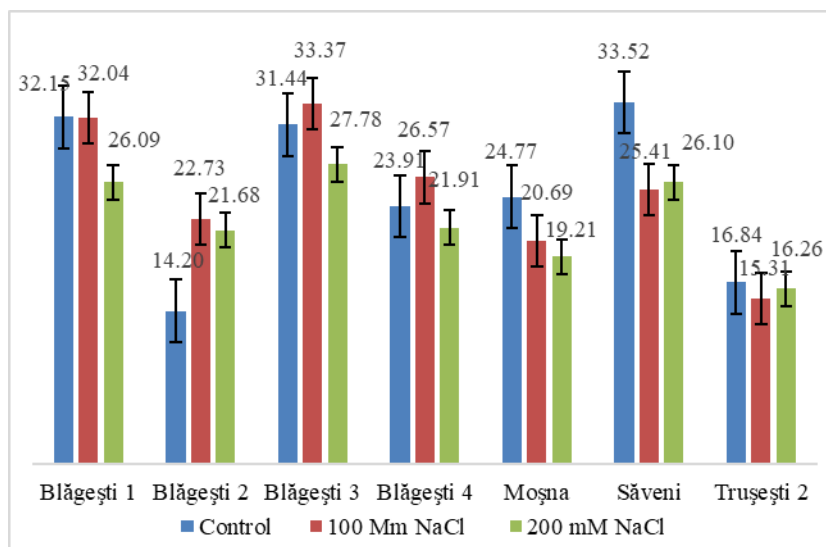


Fig. 5.13. Influența stresului salin asupra indicelui conținutului de clorofilă, după 15 zile
Fig. 5.13. The influence of salt stress on the index chlorophyll content, after 15 days

Din datele prezentate în Figura 5.14 se poate observa faptul că după 30 de zile, conținutul de clorofilă din frunze prezintă valori care la majoritatea populațiilor de fasole, în cazul expunerii la 100 mM NaCl, este inferior pentru toate populațiile luate în studiu, acestea fiind cuprinse între 12,35 și 22,21 CCI, ceea ce indică trecerea acestor populații la cea de-a doua fază a stresului salin, cea de stres ionic.

În cazul expunerii la 200 mM NaCl, populațiile Blăgești 2, Blăgești 3, Blăgești 4 și Trușești 2 au prezentat valori superioare față de plantele luate ca martor, ceea ce denotă menținerea acestor populații în faza de stres osmotic; de altfel, aceste valori ridicate indică o bună adaptare la un ritm fotosintetic intens, ceea ce le poate permite acestora o acumulare de produși de asimilație în cantități suficiente de a supraviețui o lungă perioadă de vegetație (Munns and Tester, 2008; Covașă, 2016). La sfârșitul tratamentului salin la o parte din populațiile locale (Blăgești 1, Blăgești 3 și Săveni) s-a observat simptome specifice stresului ionic (cloroză și necroză).

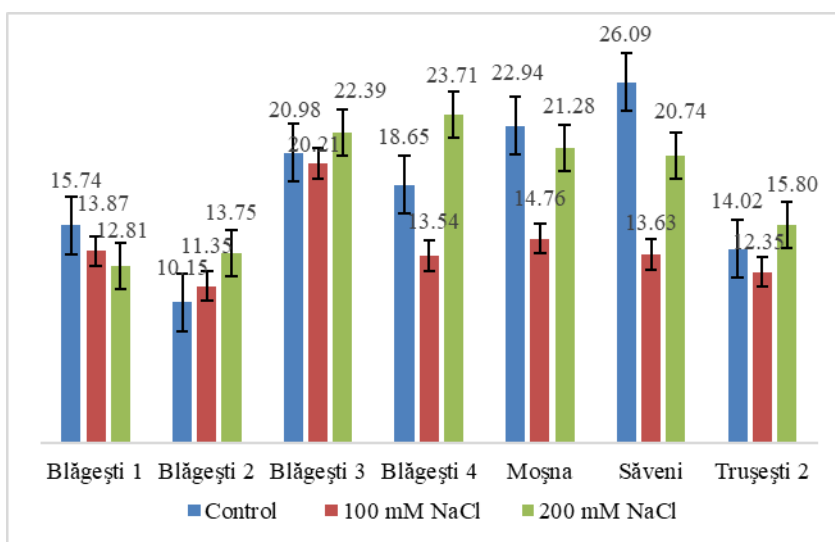


Fig. 5.14. Influența stresului salin asupra indicelui conținutului de clorofilă, după 30 zile
Fig. 5.14. The influence of salt stress on the index chlorophyll content, after 30 days

Analiza statistică privind influența stresului salin asupra conținutului de pigmenți clorofilieni (Tabelul 5.5) la populațiile locale de fasole luate în studiu, prezintă atât diferențe statistice semnificative între populațiile din cadrul acelorași variante, cât și între populațiile din cadrul variantelor diferite, ceea ce ne indică că acest parametru este influențat semnificativ de stresul salin, dar o parte din populațiile luate în studiu manifestă o intensă reacție de adaptare la acest stres abiotic.

Tabelul 5.5./ Table 5.5.

Analiza varianței la populațiile de fasole supuse stresului asupra indicelui conținutului de clorofilă/ The variance analysis of the beans local population under stress with NaCl on the index chlorophyll content

➤ După 15 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	568.7727	6	94.7954	9.1980	0.0006	2.9961	*
Concent.	29.3194	2	14.6597	1.4224	0.2790	3.8852	ns
Eroare	123.6719	12	10.3060				
Totală	721.7641	20					

➤ După 30 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	214.7833	5	42.9566	5.1020	0.0139	3.3258	*
Concent.	98.1882	2	49.0941	5.8309	0.0209	4.1028	*
Eroare	84.1955	10	8.41955				
Totală	397.1670	17					

Anova Two-Factor: ^{ns} diferențe statistice nesemnificative ($p \geq 0,05$); *diferențe statistice semnificative ($p \leq 0,05$).

5.2.3.2. Determinarea conținutului de pigmenți clorofilieni prin metoda spectrofotometrică

Degradarea clorofilei în condiții de stres ecologic are loc ca urmare a creșterii activității clorofilazei (Taiz and Zeiger, 1998). Reducerea conținutului total de clorofilă este o indicație tipică oxidării pigmenților și a degradării clorofilelor (Anjum et al, 2011) și determină o scădere a capacității de captare a luminii (Abaaszadeh et al., 2007).

Cercetările realizate de Garsia-Sanchez et al., (2002) au demonstrat o scădere a conținutului de pigmenți clorofilieni, la plantele cultivate în condiții saline; acest lucru poate fi atribuit atât degradării crescute a clorofilei, cât și prin faptul că a fost inhibată sinteza substanțelor organice. Scăderea conținutului de clorofilă la plantele supuse stresului a fost considerată ca fiind un simptom tipic al stresului oxidativ (Smirnoff, 1996) și a fost atribuită inhibării sintezei clorofilei, împreună cu activarea degradării acesteia, prin activitatea catalitică a enzimelor (Santos, 2004).

Rezultatele obținute în acest studiu au indicat scăderi semnificative ale concentrației clorofilei *a* și a clorofilei *b* la unele populații locale, fiind în concordanță cu rezultatele anterioare ale lui Turan et al., (2007) obținute la *Phaseolus vulgaris* L. și ale lui Taffouo et al., (2010) la *Vigna subterranean* L.

În urma cercetărilor efectuate, analiza spectrofotometrică realizată la 15 zile de la aplicarea soluțiilor saline, evidențiază faptul că, în cazul variantei control, valorile conținutului de clorofilă *a* au oscilat de la 0,09 mg/g s.p. până la 0,20 mg/g s.p. Dintre populațiile tratate cu soluție salină de 100 mM NaCl, cinci dintre acestea (Săveni, Trușești 2, Blăgești 3, Blăgești 2, Blăgești 1) au înregistrat valori mai ridicate, care au variat între 0,16 mg/g s.p. și 0,25 mg/g s.p., în comparație cu varianta control, iar celelalte două (Blăgești 4 și Moșna) au avut valori mai mici, cuprinse între 0,12 mg/g s.p. și 0,16 mg/g s.p. În cazul populațiilor tratate cu soluție salină

de 200 mM NaCl, cinci din cele șapte populații luate în studiu au prezentat valori mai mari (Săveni, Trușești 2, Blăgești 4, Blăgești 2 și Blăgești 1), comparativ cu varianta control, acestea fiind cuprinse între 0,16 mg/g s.p. și 0,26 mg/g s.p.; în timp ce la celelalte, conținutul de clorofilă *a* a oscilat, înregistrând valori mai mici cuprinse între 0,12 mg/g s.p. (Moșna) și 0,15 mg/g s.p. la Blăgești 3 (Fig.5.15).

Aplicarea tratamentului salin de 200 mM a determinat valori superioare ale conținutului de clorofilă *a* cuprinse între 0,16 mg/g s.p. și 0,26 mg/g s.p., pentru cinci din cele șapte populații locale, ceea ce ne permite să afirmăm faptul că în momentul recoltării probelor, plantele se aflau în prima fază de manifestare a stresului și anume în faza osmotică. Este bine cunoscut faptul în prima fază de stres, după Munns (1993) sau respectiv a doua fază, după Schubert et al., (2009), cea de stres osmotic, plantele expuse la salinitate prezintă creștere redusă, frunze mici, cu conținut mare de clorofilă, ca urmare a perturbării extensiei celulare, pe fondul biosintezei celulare (Mengel et al., 2017).

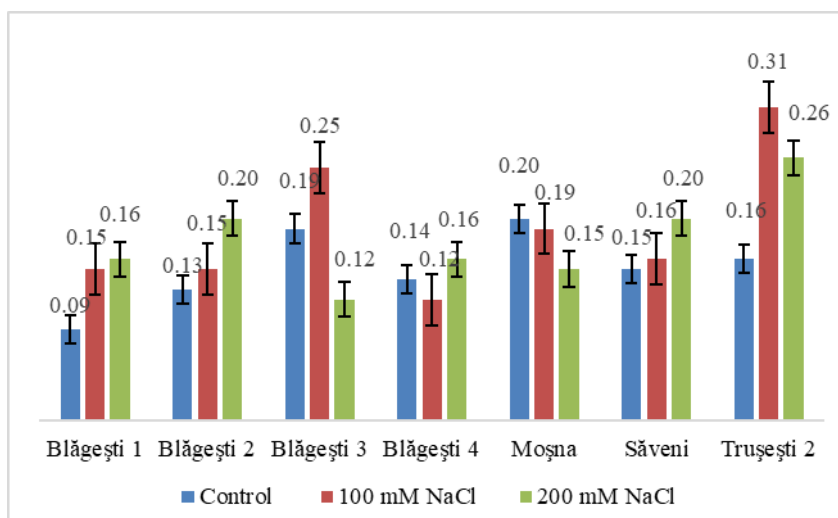


Fig. 5.15. Conținutul de clorofilă *a*, după 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline

Fig. 5.15. The chlorophyll *a* content, after 15 day the saline treatments

După 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline, în cazul variantei tratate cu 100 mM NaCl, comparativ cu varianta control, trei populații (Săveni, Blăgești 3, Blăgești 1) au înregistrat valori mai mici cuprinse între 0,13 mg/g s.p. și 0,18 mg/g s.p., iar patru populații (Moșna, Trușești 2, Blăgești 2, Blăgești 4) au avut valori mai ridicate, variind între 0,19 mg/g s.p. și 0,25 mg/g s.p. Dintre populațiile locale tratate cu 200 mM NaCl, comparativ cu varianta control, cinci dintre ele au prezentat valori ridicate, variind de la 0,20 mg/g s.p. până la 0,33 mg/g s.p., ceea ce

indică că acestea prezintă un potențial mai ridicat cu privire la rezistența la stresul salin aplicat. Putem concluziona faptul că populațiile locale care manifestă o intensitate fotosintetică ridicată, prezintă totodată și un potențial de adaptare ridicat în ceea ce privește rezistența la stresul salin aplicat (Fig.5.16).

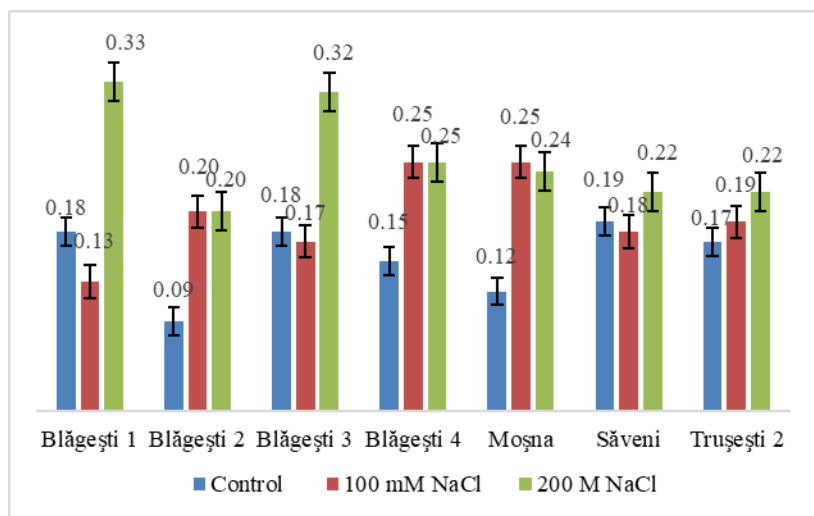


Fig. 5.16. Conținutul de clorofilă *a*, după 30 zile de la aplicarea tratamentelor saline
 Fig. 5.16. The chlorophyll *a* content, after 30 day the saline treatments

Din analiza rezultatelor prezentate în Figura 5.17. se poate observa faptul că după 15 zile de la aplicarea tratamentului salin, valorile conținutului de clorofilă *b* la populațiile de la varianta control au înregistrat valori cuprinse între 0,07 mg/g s.p. și 0,11 mg/g s.p. Dintre cele supuse stresului salin cu 100 mM NaCl, Moșna, Blăgești 2 și Blăgești 4 au prezentat valori foarte scăzute, cuprinse între 0,06 mg/g s.p. și 0,09 mg/g s.p., comparativ cu varianta control, iar trei populații au avut valori mai mari, între 0,08 mg/g s.p. și 0,17 mg/g s.p., comparativ tot cu varianta control. Trei populații tratate cu soluție de 200 mM NaCl, respectiv Săveni, Blăgești 4 și Blăgești 1 au prezentat valori ridicate, comparativ cu lotul control, cuprinse între 0,08-0,10 mg/g s.p., iar alte trei populații locale au obținut valori de 0,08 mg/g s.p. Astfel, după 15 zile de tratament cu soluție salină se remarcă populația locală Trușești 2, cu valori maxime ale conținutului de clorofilă *b*, în special la varianta tratată cu 100 mM (0,17 mg/g s.p.), dar și un maxim la 200 mM de 0,11 mg/g s.p., comparativ cu celelalte populații.

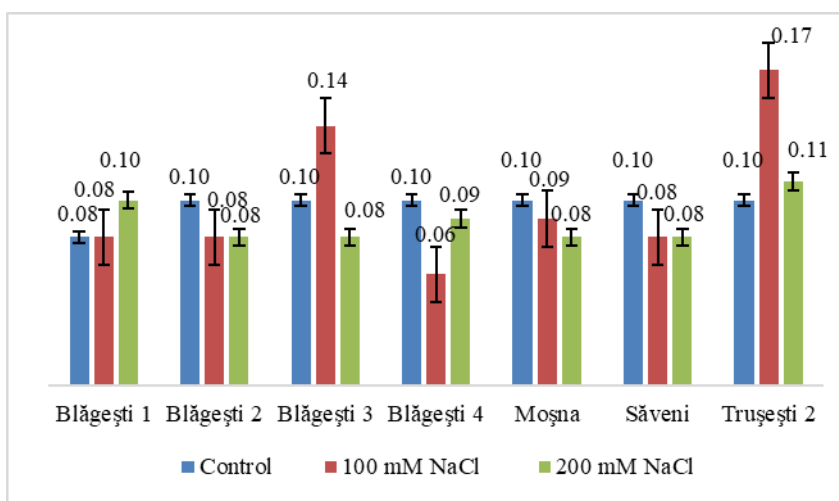


Fig. 5.17. Conținutul de clorofilă *b*, după 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline

Fig. 5.17. The chlorophyll *b* content, after 15 day the saline treatments

Analiza conținutului de clorofilă *b*, după 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline, evidențiază că populațiile locale au prezentat valori cuprinse între 0,05 mg/g s.p. și 0,17 mg/g s.p. Astfel, după 30 de zile de tratament cu soluție salină, la varianta 100 mM se remarcă populația Blăgești 3, cu un conținut maxim de clorofilă *b* (0,22 mg/g s.p.) urmată de Blăgești 4 (0,19 mg/g s.p.), Moșna și Trușești 2 (0,17 mg/g s.p.). Varianta tratată cu soluție salină de 200 mM NaCl prezintă cinci populații locale cu valori mai mari decât lotul control, cuprinse între 0,18 mg/g s.p. și 0,22 mg/g s.p. (Fig.5.18).

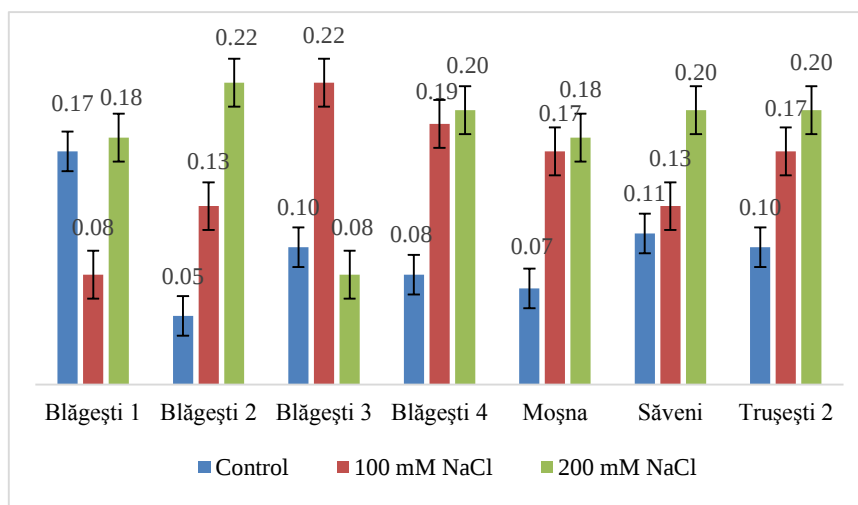


Fig. 5.18. Conținutul de clorofilă *b* după 30 zile de la aplicarea tratamentelor saline

Fig. 5.18. The chlorophyll *b* content, after 30 day the saline treatments

Din analiza rezultatelor prezentate anterior se poate observa faptul că după 15 zile de la aplicarea tratamentului salin, la o parte din populațiile locale, valorile conținutului de clorofilă *a* și *b* au fost inferioare celor înregistrate după 30 de zile de la expunerea la stresul salin, ceea ce indică că aceste populații locale se înscriu în modelul bifazic propus de Munns (1993). Astfel, durata trecerii de la prima fază de stres osmotic la cea de-a doua fază de toxicitate de ioni se manifestă în funcție de intensitatea concentrației saline aplicate și de populația locală cultivată (Covașă, 2016).

Ashraf (1994) este de părere că reducerea conținutului de clorofilă sub influența stresului salin este de așteptat. Acest aspect este raportat și de Iqbal et al., (2006) care confirmă că scăderea este una semnificativă în cazul populațiilor sensibile.

Analiza statistică privind rezultatele obținute în urma determinării conținutului de pigmenți fotosintetici s-a realizat cu ajutorul *testului T Student* utilizat pentru compararea mediei unei caracteristici la două populații. În Tabelul 5.6. se pot observa diferențele statistice ne semnificative între varianta control și variantele tratate cu soluții saline, în cazul celor două determinări efectuate, dar și diferențe statistice foarte semnificative între varianta control și varianta tratată cu 200 mM, la sfârșitul tratamentului.

În primul caz, valorile conținutului de clorofilă *a* și *b* de la varianta control au fost apropiate de cele de la variantele tratate cu soluție salină de 100 mM respectiv 200 mM, iar acest lucru demonstrează diferențe statistice ne semnificative asupra conținutului de pigmenți clorofilieni, doar la 15 zile de la tratament.

Tabelul 5.6./ Table 5.6.

Diferențe statistice între varianta control și variantele tratate cu concentrație salină de 100 mM, respectiv 200 mM, în ceea ce privește conținutul de clorofilă *a* și clorofilă *b*/ Statistical differences between version control and variants treated with saline concentration 100 mM and 200 mM regarding the content of chlorophyll *a* and *b*

Pigmenții clorofilieni	Populațiile locale	Interpretarea diferențelor		
		Testul <i>t</i>		
		15 zile	30 zile	
Clorofila <i>a</i>	7	Control vs. 100 mM	$t = -1.75$ $p = 0.12^{ns}$	$t = -1.54$ $p = 0.17^{ns}$
		Control vs. 200 mM	$t = -1.11$ $p = 0.30^{ns}$	$t = -7.26$ $p = 0.0003^{***}$

		100 mM vs. 200 mM	t = 0.46 p = 0.66 ^{ns}	t = -2.11 p = 0.07 ^{ns}
Clorofila b	7	Control vs. 100 mM	t = -0.73 p = 0.48 ^{ns}	t = -2,11 p = 0.07 ^{ns}
		Control vs. 200 mM	t = 0.36 p = 0.72 ^{ns}	t = -0.33 p = 0.01 ^{**}
		100 mM vs. 200 mM	t = 0.84 p = 0.43 ^{ns}	t = -0.79 p = 0.45 ^{ns}

T-test (2-tailed) pentru fiecare indicator analizat, comparativ pe perioade analizate: ^{ns}diferențe statistice nesemnificative ($p \geq 0,05$) între probe; ^{**}diferențe statistice distinct semnificative ($p \leq 0,01$) între probe; ^{***}diferențe statistice foarte semnificative ($p \leq 0,001$) între probe.

5.2.4. Influența stresului salin asupra conductanței stomatale

Cercetările recente au confirmat că închiderea stomatelor la începutul expunerii la salinitate poate contribui la scăderea fluxului de ioni toxici în procesul de transpirație (Kerstiens et al., 2002).

Koyro (2006) sugerează că reducerea conductivității stomatale reprezintă un mecanism adaptiv pentru a face față sării excesive, reducând încărcătura de sare a frunzelor și contribuind la creșterea longevității prin menținerea sărurilor la niveluri subtoxice mai mult timp decât s-ar întâmpla dacă nu s-ar diminua ratele de transpirație.

În anul 2018, conductanța stomatică foliară la 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline la varianta tratată cu 100 mM NaCl, comparativ cu varianta control, a fost descrescătoare la trei din populațiile luate în studiu (Fig.5.19). Populația la care s-a remarcat cea mai mare conductanță stomatală a fost Moșna (94,81 mmol/m²s), iar Săveni a prezentat cea mai mică conductanță stomatică (40,30 mmol/m²s). La varianta tratată cu 200 mM NaCl, conductanța stomatică a fost redusă la patru dintre populații, respectiv Blăgești 1 (27,40 mmol/m²s), Blăgești 3 (37,76 mmol/m²s), Săveni (42,14 mmol/m²s) și Moșna (82,37 mmol/m²s), iar restul au înregistrat o conductanță stomatică ridicată, Blăgești 2 (42,44 mmol/m²s), Blăgești 4 (40,40 mmol/m²s) și Trușești 2 (80,12 mmol/m²s), fapt ce indică că la acestea, stomatele sunt parțial închise și manifestă astfel o reacție la faza osmotică a stresului salin. Totodată are loc reducerea procesului de transpirație, confirmând rezultatele obținute în studiile efectuate de Munns and Tester (2008), Galani (2014) și Covașă (2016).

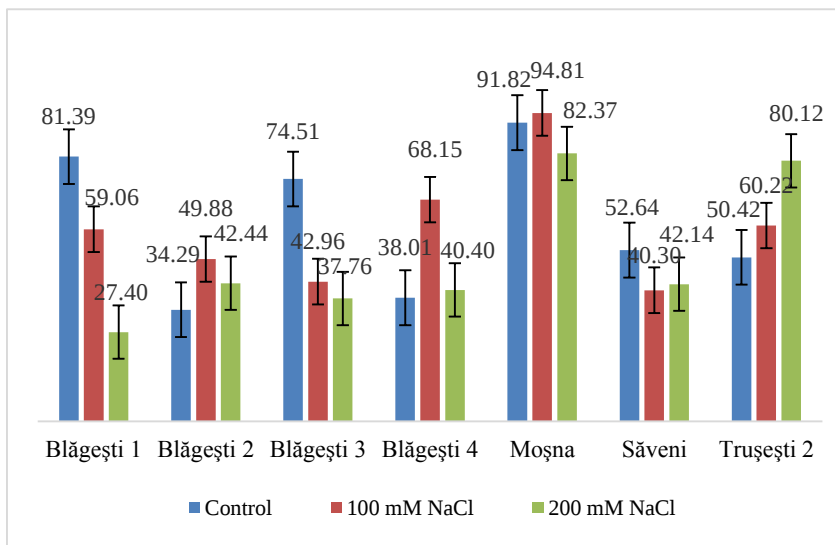


Fig. 5.19. Influența stresului salin asupra conductivității stomatice foliare, după 15 zile
Fig. 5.19. Influence of the saline stress on the foliar stomatal conductance, after 15 days

La 30 de zile după tratamentul aplicat, cea mai ridicată conductanță stomatică foliară la varianta tratată cu 100 mM NaCl, comparativ cu controlul s-a înregistrat la populația Blăgești 2 (65,34 mmol/m²s), iar cea mai mică la Moșna (30,46 mmol/m²s). La varianta tratată cu 200 mM NaCl, cea mai mare conductanță stomatică s-a obținut la aceeași populație Blăgești 2 (71,23 mmol/m²s), iar valoarea minimă a obținut-o Blăgești 1 (24,82 mmol/m²s) (Fig.5.20). La populațiile cu transpirație ridicată s-au observat simptome specifice stresului ionic, respectiv cloroză și necroză, ceea ce ne indică faptul că o parte din populațiile locale luate în studiu nu se mențin în prima fază a stresului salin, și nu sunt tolerante la concentrațiile aplicate.

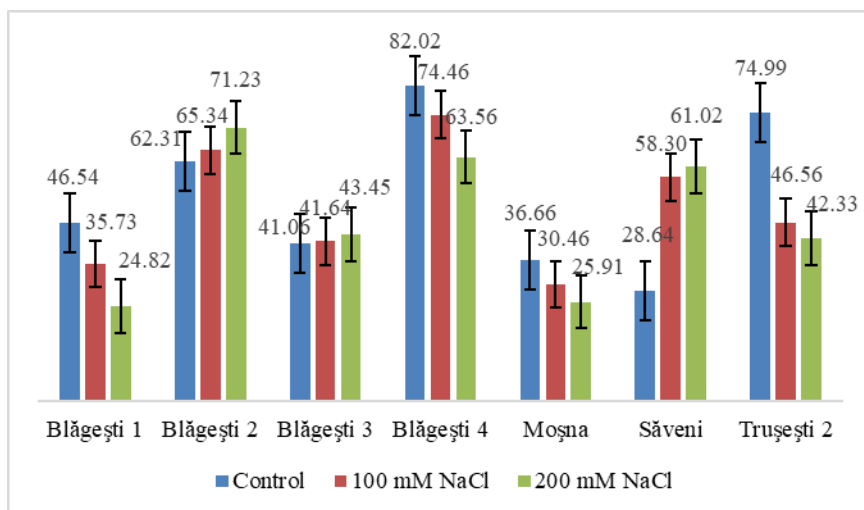


Fig. 5.20. Influența stresului salin asupra conductivității stomatice foliare, după 30 zile

Fig. 5.20. Influence of the saline stress on the foliar stomatal conductance, after 30 days

În urma efectuării analizei statistice (Tabelul 5.7.) la populațiile locale de fasole supuse stresului salin, se observă diferențe statistice semnificative între populațiile analizate, ceea ce ne indică un comportament diferit la concentrațiile saline aplicate, în funcție de capacitatea genetică a fiecărei populații. Între populațiile din cadrul variantelor tratate diferențele au fost nesemnificative, ceea ce ne sugerează că conductivitatea stomatică a înregistrat valori apropiate de lotul control. Astfel, putem concluziona că o parte din populațiile locale luate în studiu prezintă o bună capacitate de adaptare la stresul salin.

Tabelul 5.7./ Table 5.7.

Analiza varianței la populațiile de fasole supuse stresului asupra conductanței stomatelor/ The variance analysis to local populations of beans under stress salinity of stomatal conductance

➤ După 15 zile

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	699.492	5	939.8983	4.6405	0.0188	3.3258	*
Concent.	80.7945	2	40.39727	0.1994	0.8223	4.1028	ns
Eroare	2025.387	10	202.5387				
Totală	805.674	17					

➤ După 30 zile

<i>Sursa de variație</i>	<i>SP</i>	<i>GL</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>	<i>Semnificația</i>
Populația locală	3630.1360	5	726.0272	4.7660	0.0173	3.3258	*
Concent.	27.54591	2	13.77296	0.0904	0.9142	4.1028	ns
Eroare	1523.326	10	152.3326				
Totală		17					
	5181.008						

Anova Two-Factor: ^{ns} diferențe statistice nesemnificative ($p \geq 0,05$); *diferențe statistice semnificative ($p \leq 0,05$).

5.2.5. Influența stresului salin asupra conținutului de prolină din frunze

Prolină este un aminoacid esențial pentru creșterea plantelor în condiții de stres ecologic, cum ar fi salinitatea (Choudhary et al., 2005), în special la soiurile sensibile, spun Olgun et al., (2008). Acumularea de prolină este un indicator fiziologic important pentru răspunsul plantei la stresul salin (Shi and Yin, 1993). La un nivel mai ridicat de salinitate de 100 mM NaCl, concentrația de prolină poate crește de 3 până la de 3,5 ori comparativ cu varianta controlul (Amuthavalli and Sivasankaramoorthy, 2012).

Rezultatele privind conținutul de prolină se regăsesc în Figura 5.13., unde se observă că varianta control a prezentat concentrația maximă de prolină la populația Blăgești 1 (2,70 nmol·mg s.p.), în timp ce concentrația minimă s-a înregistrat la Blăgești 4 (0,09 nmol·mg s.p.). În cazul variantei tratate cu 100 mM NaCl, față de varianta control, aproape toate populațiile au înregistrat valori mai ridicate, cuprinse între 3,10 nmol·mg s.p. (Blăgești 4) și 7,00 nmol·mg s.p. (Moșna).

La varianta tratată cu 200 mM NaCl, s-au evidențiat cinci populații care au înregistrat valori mai mari față de varianta control: 9,40 nmol·mg s.p. (Moșna), 12,10 nmol·mg s.p. (Săveni), 9,70 nmol·mg s.p. (Blăgești 4), 9,30 nmol·mg s.p. (Blăgești 3) și 12,10 nmol·mg s.p. (Blăgești 2), iar două dintre populații (Blăgești 1 și Trușești 2) au obținut valori mai mici cuprinse între 3,80-5,30 nmol·mg s.p. La această variantă, cel mai mare conținut de prolină s-a înregistrat la populația Blăgești 2 și Săveni, cu o valoare de 12,10 nmol·mg s.p. Valori ridicate s-au înregistrat și la Blăgești 4 (9,70 nmol·mg s.p.), Moșna (9,40 nmol·mg s.p.) și Blăgești 3 (9,30 nmol·mg s.p.).

Cu privire la conținutul de prolină, determinat după 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline, s-a constatat că odată cu creșterea concentrației saline, crește și concentrația prolinei în plante, la șase dintre

populații. Acest lucru semnifică faptul că prolina are rol în mecanismul de adaptare al plantelor de fasole studiate la stresul salin, ceea ce ne permite să concluzionăm faptul că populațiile, la care conținutul de prolină este unul ridicat, încearcă prin intermediul diferitelor mecanisme să dobândească rezistență la concentrații ridicate de NaCl aplicate. Rezultatele obținute sunt în concordanță cu datele din literatura de specialitate (Neelam and Ajay, 2005) (Fig.5.21).

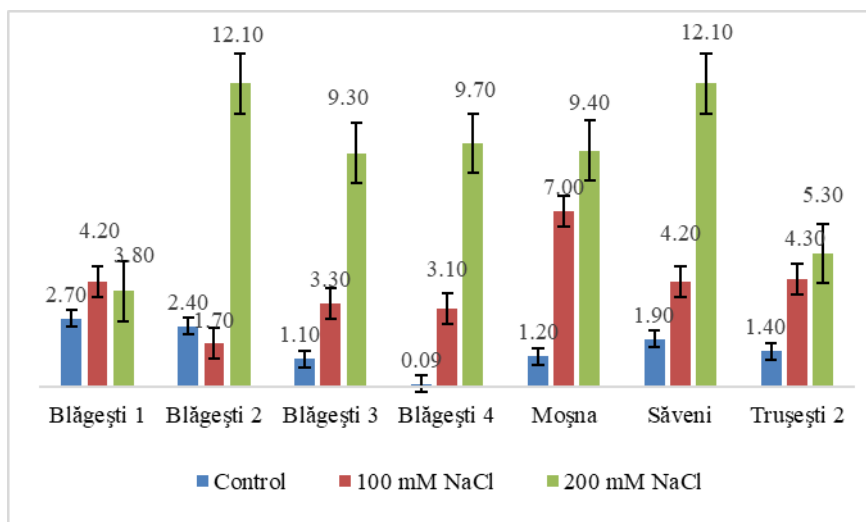


Fig. 5.21. Conținutul de prolină exprimat în nmol.mg s.p. din frunzele de fasole supuse unui stres salin pe o perioadă de 30 de zile

Fig. 5.21. The proline content (nmol.mg FW) of foliars beans under salinity stress

În urma analizei varianței la populațiile de fasole supuse stresului salin, la sfârșitul tratamentului se constată că acumularea de prolină a fost influențată statistic nesemnificativ de populație și statistic foarte semnificativ de concentrația cu NaCl (Tabelul 5.8.).

Tabelul 5.8./ Table 5.8.

Analiza varianței la populațiile de fasole supuse stresului salin pe o perioadă de 30 de zile, cu privire la conținutul de prolină/ The variance analysis to local populations of beans under stress with NaCl, for a period of 30 days on the proline content

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Popuația locală	0.1346	6	0.0224	0.3376	0.9039	2.9961	ns
Concent.	1.8181	2	0.9090	13.6768	0.0008	3.8852	***
Eroare	0.7976	12	0.0664				
Total	2.7503	20					

Anova Two-Factor: ^{ns} diferențe statistice nesemnificative ($p \geq 0,05$); ***diferențe statistice foarte semnificative ($p \leq 0,001$).

5.2.6. Influența stresului salin asupra conținutului de Cl^- din frunze

Clorul este un element prezent în toate plantele. Haas (1945), citat de Nieman (1965) a susținut influența clorului asupra sistemelor enzimatic; ionul Cl^- activează citocrom-oxidaza; oxidarea citocromului C redus de către coenzima I este accelerată de prezența clorului. Concentrația de clor din plante determină randamentul și calitatea producției, din două motive; clorul este un nutrient mineral, iar deficiența acestuia induce probleme metabolice, care interferează cu creșterea plantelor. În schimb, excesul de clor are ca rezultat disfuncții fiziologice grave care afectează atât calitatea, cât și producția plantelor. Ionul de clor poate influența calitatea producției prin conferirea unui gust sărat. Cu toate acestea, majoritatea deficiențelor de calitate se bazează pe disfuncții fiziologice care apar în condiții de toxicitate (Geilfus, 2018).

Activitățile antropogene duc adesea la acumularea excesivă a anionului clor (Cl^-) în sol, fie direct prin aplicarea deșeurilor de origine animală, care sunt de obicei bogate în acest element, fie prin depuneri atmosferice din surse industriale și municipale. Excesul de Cl^- în mediul înconjurător poate afecta utilizarea terenurilor agricole prin scăderea fertilității solului. Astfel, contaminarea solurilor cu Cl^- trebuie evitată, iar fertilitatea solurilor deja contaminate ar trebui restaurată. Evitarea necesită o înțelegere a surselor antropice ale Cl^- , iar ameliorarea necesită o serie de măsuri.

Cercetări suplimentare sunt necesare în explorarea culturilor, care pot rezista la concentrații mari de Cl^- (Geilfus, 2018).

După 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline, în cazul variantei control, conținutul de Cl^- al frunzelor a prezentat valori cuprinse între 1,30-2,66 mg/100 mg s.u. Pentru varianta tratată cu soluție salină 100 mM valorile sunt mai mari comparativ cu varianta luată drept control; maximul a fost înregistrat la populația Blăgești 2 (12,21 mg/100 mg s.u.), iar minimul la Blăgești 4 (3,19 mg/100 mg s.u.). Valorile sunt semnificativ mai mari decât la varianta control pentru șase populații supuse unui stres de 200 mM NaCl; în acest caz, valoarea maximă ajunge la 18,67 mg/ 100 mg s.u. la populația Blăgești 2, iar valoarea minimă este de 4,56 mg/100 mg s.u. la Blăgești 4 (Fig.5.22).

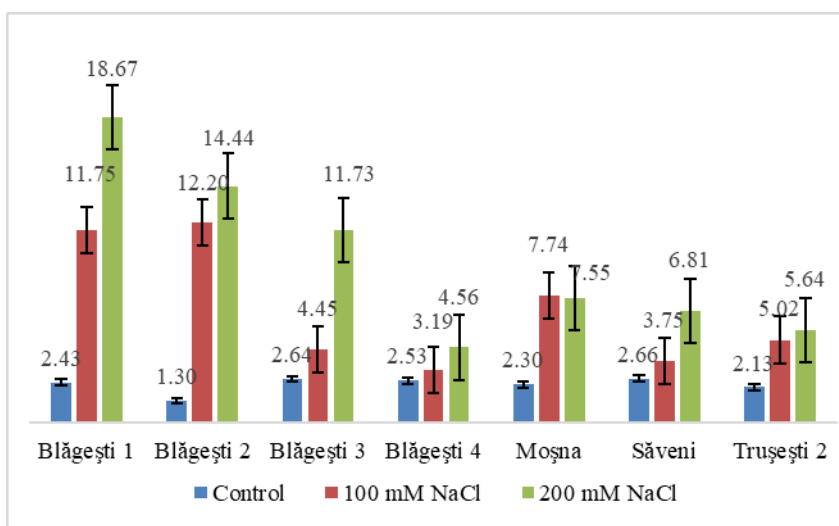


Fig. 5.22. Concentrația de Cl^- din frunzele de fasole supuse unui stres salin, pe o perioadă de 30 zile

Fig. 5.22. The content of Cl^- on foliar beans under salinity stress, for a period of 30 days

Analiza varianței la populațiile de fasole supuse stresului salin timp de 30 de zile demonstrează faptul că acumularea de Cl^- a fost influențată nesemnificativ de populație și distinct semnificativ de concentrația de NaCl aplicată (Tabelul 5.9).

Tabelul 5.9./ Table 5.9.

Analiza varianței la populațiile de fasole supuse stresului cu NaCl pe o perioadă de 30 de zile, cu privire la conținutul de Cl^- din frunze
The variance analysis to local populations of beans under stress with NaCl, for a period of 30 days on the Cl^- content

Sursa de variație	SP	GL	MS	F	P-value	F crit	Semnificația
Populația locală	13466.39	6	2244.398	2.0104	0.1428	2.9961	ns
Concent.	17779.74	2	8889.868	7.9631	0.0062	3.8853	**
Eroare	13396.57	12	1116.381				
Totală	44642.69	20					

Anova Two- Factor: ^{ns} diferențe statistice nesemnificative ($p \geq 0,05$); ^{**}diferențe statistice distinct semnificative ($p \leq 0,01$).

În urma efectuării *testului T* se observă că între varianta control și varianta supusă unui stres salin de concentrație 100 mM există diferențe statistice foarte semnificative. Între varianta control și cea supusă unui stres salin de concentrație 200 mM, există diferențe statistice semnificative. Diferențe statistice distinct semnificative se manifestă între variantele tratate cu soluții saline (Tabelul 5.10).

Tabelul 5.10./ Table 5.10.

Diferențe statistice între tratamentele saline cu privire la conținutul de Cl^- din frunze/Statistical differences between saline treatments on the contents of Cl^- in leaves

Variante comparate	t-stat	P two-tail	Semnificația
Control vs. 100 mM	-3.91308	0.007864	**
Control vs. 200 mM	-2.97548	0.024781	*
100 mM vs. 200 mM	-0.50368	0.0632443	**

t-Test Paired Two Sample for Means: *diferențe statistice semnificative ($p \leq 0,05$) între variante; **diferențe statistice distinct semnificative ($p \leq 0,01$) între variante.

5.2.7. Corelații între diferiți parametri analizați

Calculul coeficientului de corelație s-a realizat cu Microsoft Excel utilizând funcția Correl. În natură nu există corelații perfecte, ci apar doar exemple ipotetice. În acest sens, Colton (1974) specifică o serie de reguli empirice cu privire la interpretarea coeficientului de corelație.

❖ Determinarea coeficientului de corelație între clorofila totală (clorofila $a + b$), prolină și producția plantelor

Corelația dintre conținutul total de clorofilă și prolină, dar și între conținutul total de clorofilă și productivitatea plantelor, la sfârșitul expunerii la stresul salin, arată o corelație moderată (Fig.5.23 și Fig.5.24), conform regulilor stabilite de Colton, (1974).

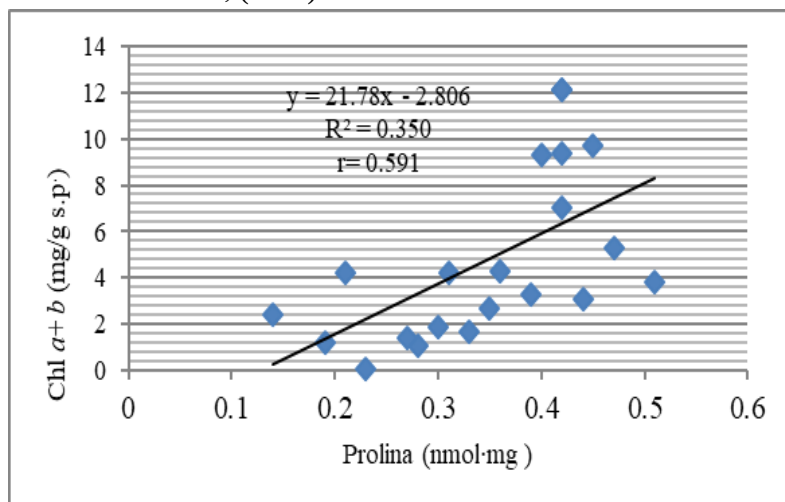


Fig. 5.23. Corelația dintre conținutul total de clorofilă ($a+b$) și prolină, după 30 de zile de stres salin

Fig. 5.23. The correlation of total chlorophyll ($a+b$) and proline content, after 30 days of saline stress

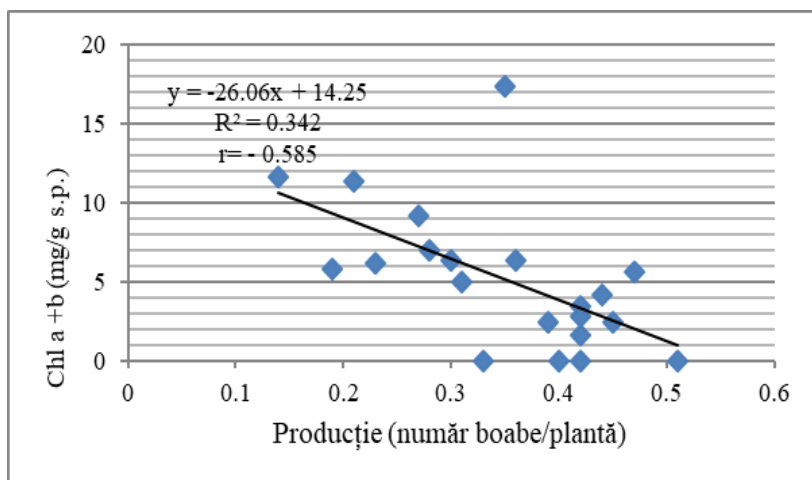


Fig. 5.24. Corelația dintre conținutul total de clorofilă (a+b) și producția plantelor, după 30 de zile de stres salin

Fig. 5.24. The correlation of total chlorophyll (a+b) and plant production content after 30 days of saline stress

❖ **Determinarea coeficientului de corelație între conținutul de prolină și Cl^-**

La majoritatea plantelor expuse excesului de NaCl acumularea de prolină a fost corelată cu concentrația ionilor din țesuturi, sugerându-se astfel rolul osmoreglator al prolinei în condiții de stres salin. Pentru anul al doilea de studiu, interpretarea statistică arată că există o corelație pozitivă moderată între concentrația de Cl^- și prolină, în condiții de stres salin, conform regulilor stabilite de Colton (1974) (Fig.5.25.).

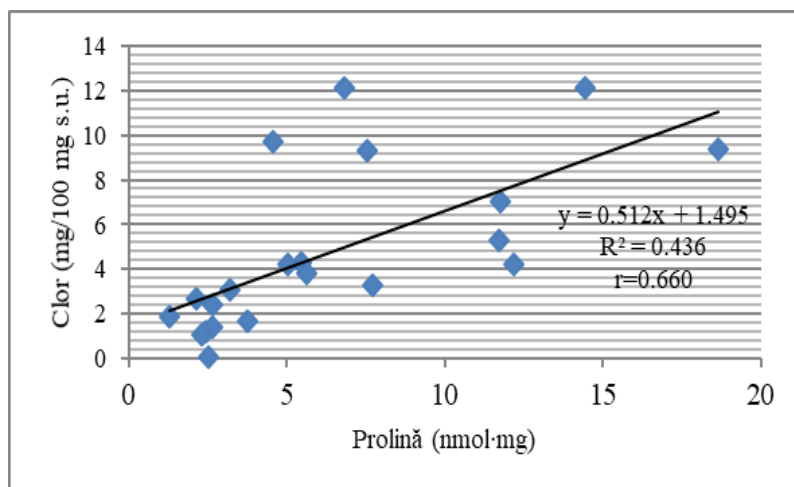


Fig. 5.25. Corelație dintre conținutul de prolină și conținutul de Cl^- din frunze

Fig. 5.25. The correlation of proline content and the content of Cl^- to the leaves

CONCLUZII

➤ **Concluzii privind efectele excesului salin asupra creșterii și dezvoltării plantelor de fasole**

1. Măsurătorile privind suprafața foliară la populațiile locale de fasole scot în evidență că:

- ❖ În ambii ani de studiu suprafața foliară a scăzut direct proporțional cu aplicarea concentrațiilor saline, manifestându-se un efect negativ al sărurilor la frunzele din zona mediană, deoarece aceste frunze și-au început creșterea sub efectul stresului salin, cât și prin faptul că ionii minerali sunt transportați odată cu apa spre zonele cu transpirație mai intensă unde se acumulează, generând fenomene de toxicitate.
- ❖ Valori mai ridicate ale suprafeței foliare comparativ cu varianta martor s-au înregistrat la populațiile locale Blăgești 2, Blăgești 4 și Trușești 2, care indică o bună rezistență la stresul salin.

2. Din observațiile cu privire la procesul de fructificare putem concluziona următoarele aspecte:

- ❖ În primul an al studiului, producția a scăzut semnificativ la toate populațiile locale tratate cu soluție salină de 100 mM și 200 mM. La varianta tratată cu 200 mM s-au înregistrat cele mai mici valori la populația Blăgești 4, care a avut o producție de 93,40% din cea a martorului.
- ❖ Concentrațiile de 100 mM și 200 mM NaCl au influențat negativ și greutatea boabelor de fasole, în cazul celor șapte populații locale studiate și a oscilat între 41,17% (Moșna) și 91,85% (Blăgești 4).
- ❖ În al doilea an de studiu, populațiile cele mai productive au fost Blăgești 1, Trușești 2 și Săveni, la ambele variante. În acest caz, producția a oscilat între 32,18% (Blăgești 3) și 78,12% (Săveni).
- ❖ Greutatea de boabelor/ păstăi a fost redusă cu mult și de această dată și a oscilat între 23.05% și 72.11% la ambele variante.

➤ **Concluzii privind efectele excesului salin asupra unor procese biochimice și fiziologice**

3. Din analizele referitoare la conținutul de apă din frunze a rezultat că:

- ❖ Analiza apei libere la sfârșitul tratamentului, evidențiază un conținut mai redus în comparație cu varianta control pentru cinci populații (Blăgești 1, Blăgești 2, Moșna, Trușești 2 și Săveni), la varianta tratată cu 200 mM, ceea ce indică faptul că apă liberă a mărit capacitatea biologică de toleranță a plantelor la astfel de condiții de stres.
- ❖ Remarcăm însă creșterea cantității de **apă legată** care a sporit rezistența plantelor la concentrația ridicată de 200 mM. În cei doi ani de studiu, populațiile locale (Blăgești 1, Blăgești 2, Blăgești 3, Săveni și Trușești 2) au prezentat un grad mai ridicat de adaptare datorită cantității mari de apă legată, asimilată în condițiile unui stres salin.

4. Măsurătorile referitoare la intensitatea procesului de transpirație au evidențiat următoarele:

- ❖ Plantele cu o mai bună rezistență la salinitate au fost caracterizate printr-o transpirație cuticulară și o viteză de deshidratare a frunzelor mai redusă. În acest sens, în primul an de studiu s-au evidențiat populațiile locale Trușești 2 și Blăgești 2.
- ❖ Pentru anul doi de studiu, putem afirma că toate populații luate în studiu au prezentat o capacitate bună de adaptare la condițiile de stres salin aplicate pe o perioadă lungă de timp, deoarece au înregistrat o viteză de deshidratare mai redusă în comparație cu varianta luată martor, odată cu aplicarea soluției saline de 200 mM NaCl.

5. Analizele referitoare la conținutul de pigmenți fotosintetici din frunze au scos în evidență următoarele aspecte:

- ❖ În primul an de studiu, după 30 de zile de tratament salin, în cazul expunerii la 100 mM și 200 mM NaCl rezultatele obținute la populațiile Moșna, Săveni, Trușești 2, Blăgești 4, Blăgești 2 și Blăgești 1, indică menținerea acestora în faza de stres osmotic și o bună adaptare la un ritm fotosintetic intens.

-
- ❖ În al doilea an de studiu, aplicarea tratamentului salin de 200 mM a determinat valori superioare ale pigmentilor clorofilieni pentru populațiile locale Blăgești 4, Blăgești 2 și Săveni, ceea ce ne permite să concluzionăm faptul că aceste populații prezintă un potențial mai ridicat pentru toleranță la stres salin.

6. Determinările privind conductanța stomatică au evidențiat următoarele aspecte:

- ❖ Stresul salin influențează conductanța stomatelor determinând diferențe semnificative între populații.
- ❖ În ambii ani de studiu, conductivitatea stomatică foliară, după 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline a fost redusă la populațiile locale de fasole, excepție făcând Blăgești 2, de la varianta 200 mM, fapt ce confirmă o toleranță mai bună față de stresul osmotice, în comparație cu celelalte populații locale.

7. Determinarea concentrației de NaCl din frunze a relevat o serie de aspecte:

- ❖ În primul an de studiu, la sfârșitul tratamentului, la cele șapte populații de fasole se evidențiază faptul că, odată cu aplicarea unui număr mai mare de udări cu NaCl, sporește și concentrația de Na^+ din frunze, valoarea maximă înregistrată în cazul variantei tratate cu 200 mM a fost de 0,46 mg Na^+ /100 mg s.u. la populația Trușești 2, iar valoarea minimă la Blăgești 1 (0,25 mg Na^+ /100 mg s.u.).
- ❖ Valorile conținutului de Cl^- au fost mai mari la varianta tratată cu 200 mM NaCl, comparativ cu controlul. Valoarea maximă a fost de 12,10 mg/100 mg s.u. la Blăgești 1, iar cea minimă a fost de 5,45 mg/100 mg s.u. la Trușești 2.
- ❖ În anul doi de studiu, valorile conținutului de Cl^- au fost semnificativ mai mari față de varianta control, la tratamentul cu 200 mM. Valoarea maximă atinge 18,67 mg/100 mg s.u. la Blăgești 1, iar cea minimă a fost de 4,56 mg/100 mg s.u. la Blăgești 4.

8. Din analizele referitoare la conținutul de prolină din frunze rezultă faptul că:

- ❖ În primul an de studiu, la sfârșitul tratamentului s-a observat că odată cu creșterea concentrației salin a crescut și concentrația prolinei în plante, la patru dintre populații (Trușești 2, Blăgești 4, Blăgești 1, Blăgești 2). Această creștere liniară semnifică faptul că prolina are rol în

mecanismul de adaptare al plantelor de fasole, la stresul salin.

- ❖ În anul al doilea de studiu, după 30 de zile de la aplicarea tratamentelor saline, s-au remarcat aceleași populațiile locale (Blăgești 2, Blăgești 4 și Trușești 2), ceea ce ne determină să afirmăm că acestea încearcă prin intermediul diferitelor mecanisme să dobândească rezistență la salinitate.

9. Analiza conținutului de proteină brută din boabele de fasole supuse stresului salin a demonstrat că:

- ❖ La sfârșitul tratamentului cu NaCl, conținutul de proteină a fost afectat negativ ca urmare a dozelor aplicate, indicând un efect negativ al stresului salin în cazul tuturor populațiilor locale studiate, care a determinat o sinteză a proteinelor redusă, ce a dus în final la o creștere anormală a plantelor și la un randament scăzut al populațiilor. Totuși, un procent ridicat de proteină, comparativ cu martorul s-a înregistrat la Trușești 2, Blăgești 2 și Blăgești 4.

CONCLUSION

➤ **Conclusion on the effects of saline excess on the growth and development of beans plants**

1. Measurements on the foliar surface to local beans populations show that:

- ❖ In the first and the second year of the study, the foliar surface decreased directly proportionally to the applied saline concentrations, manifesting a negative effect of the salts on the leaves in the middle area, as these leaves began to grow under the effect of saline stress, as well as by the fact that ions minerals are transported with water to the areas where they accumulate with greater perspiration, generating toxic phenomena.
- ❖ Higher values of the foliar surface have been recorded in the local populations Blăgești 2, Blăgești 4 and Trușești 2, which indicate good resistance to salt stress.

2. From observations on the fructification process we can conclude the following:

- ❖ In the first year of the study, production decreased significantly to all local populations treated with saline solution of 100 mM and 200 mM. At the variant treated with 200 mM the lowest values were recorded in the furry population Blăgești 4, which had a production of 93.40% of that of the witness.
- ❖ Concentrations of 100 mM and 200 mM NaCl influenced negatively and the weight of bean beans, in the case of the seven local populations studied and has oscillated between 41.17% (Moșna) and 91.85% (Blăgești 4).
- ❖ In the second year of study, the most productive populations were Blăgești 1, Trușești 2 and Săveni, to both variants. In this case the production has oscillated between 32.18% (Blăgești 3) and 78.12% (Săveni).
- ❖ The weight of grains/pods has been reduced much and this time, has oscillating between 23.05% and 72.11% to both variants.

➤ **Conclusions on the effects of saline excess on some biochemical and physiological processes**

3. The analyzes of the moisture content of the leaves showed that:

- ❖ Free water analysis at the end of treatment highlights a lower content compared to the control variant for five populations (Blăgești 1, Blăgești 2, Moșna, Trușești 2 and Săveni), to the 200 mM treated variant, indicating that free water has increased biological capacity of plant tolerance to such stress conditions.
- ❖ Instead, there was an increase in the amount of bound water that increased the plant's resistance to the high concentration of 200 mM. In the two years of study, the local populations (Blăgești 1 Blăgești 2 Blăgești 3 Săveni and Trușești 2) showed a higher degree of adaptation due to the large amount of bound water, saline treated under stress.

4. Measurements of the intensity of perspiration showed the following:

- ❖ Plants with better to salinity resistance are characterized by cuticular perspiration and a lower leaf dehydration rate. In the first year of the study, have been highlighted the populations Trușești 2 and Blăgești 2.
- ❖ For the second year of the study, all populations in the study have a good ability to adapt to saline stress conditions over a long period of time, as they experienced a lower rate of dehydration compared to the control variant, to the variant 200 mM NaCl.

5. Chlorophyll pigment concentrations in leaves revealed the following aspects:

- ❖ In the first year of the study, after 30 days of saline treatment, in the case of exposure to 100 mM and 200 mM NaCl, results obtained in the populations Moșna, Săveni, Trușești 2, Blăgești 4, Blăgești 2 and Blăgești 1, indicate their maintenance in the phase of osmotic stress and a good adaptation to an intense photosynthetic rhythm.
- ❖ In the second year of study, the application of 200 mM saline treatment resulted in higher levels of chlorophyll pigments for local populations Blăgești 4, Blăgești 2 and Săveni which allows us to conclude that these

populations have a higher potential for tolerance to saline stress.

6. Stomatal conductance determinations led to following observations:

- ❖ Saline stress affects stomatal conductance leading to significant differences between populations.
- ❖ In the first year of the study, and in the second year, foliar stomatal conductance after 30 days of saline treatment was generally reduced to local populations of beans, except for the populaton Blăgești 2, from variant 200 mM, which confirms a better tolerance to osmotic stress compared to other local populations.

7. Determination of NaCl concentration in leaves revealed a number of issues:

- ❖ In the first year of study, at the end of treatment, to the seven bean populations, it is shown that as the saline concentration increases, so does the Na^+ concentration in the leaves, the maximum value recorded for the 200 mM variant was 0.46 mg Na^+ /100 mg s.u. to the Trușești 2 and the minimum value to the population Blăgești 1 (0.25 mg Na^+ /100 mg s.u.).
- ❖ The Cl^- content values were higher to the treatment variant 200 mM NaCl compared to the control. The maximum value reached was 12.10 mg/100 mg F.W. to Blăgești 1, and the minimum value was 5.45 mg/ 100 mg F.W. to Trușești 2.
- ❖ In the second year of the study, the Cl^- content values are significantly higher than the control variant, to the variant 200 mM. The maximum value is 18.67 mg /100 mg F.W. to Blăgești 1 and the minimum value is 4.56 mg /100 mg F.W. to Blăgești 4.

8. From the determination of leaf proline concentrations resulted that:

- ❖ In the first year of study, at the end of treatment, it is observed that as saline concentration increases, the proline concentration in plants also increases to three of the populations (Trușești 2, Blăgești 4, Blăgești 1, Blăgești 2). At the same time, a linear increase is observed, meaning that proline has a role in the mechanism of adaptation of beans to saline stress.

- ❖ In the second year of the study, after 30 days of saline treatment, stood out the local populations of Blăgești 2, Săveni, Blăgești 4 and Trușești 2; these are trying through different mechanisms to gain resistance to salinity.

9. Analysis of the raw protein content of beans under salt stress has shown that:

- ❖ At the end of treatment, the protein content was adversely affected by the doses administered, indicating a negative effect of salt stress on all local populations studied, which resulted in a synthesis of low proteins, which ultimately led to abnormal plant growth and a low populations yield. However, a high percentage of protein, compared to the witness was recorded to Trușești 2, Blăgești 2 and Blăgești 4.

RECOMANDĂRI

Pornind de la obiectivul general al cercetărilor și anume acela de a contribui la o mai bună înțelegere a mecanismelor fiziologice implicate în toleranța la stres salin a speciei *Phaseolus vulgaris* L. și la identificarea unor populații locale de fasole tolerante la salinitate, putem formula următoarele recomandări:

1. Ca urmare a faptului că răspunsul pozitiv sau negativ al plantelor la excesul de NaCl este bine corelat cu valoarea concentrației pigmentilor asimilatori la nivel foliar și cu cantitatea de apă legată, putem considera acești parametri ca definitorii în evidențierea toleranței la stres salin și îi recomandăm spre utilizare în viitoare cercetări.
2. Biosinteza de prolină cu rol de protecție împotriva acțiunii negative a excesului de săruri din sol, cu toate că se corelează cu acumularea de sodiu și clor la nivel foliar, nu reprezintă un criteriu suficient în aprecierea rezistenței plantelor, de aceea nu se recomandă ca dovadă concludentă a rezistenței la stres, în cazul speciei *Phaseolus vulgaris*.
3. Populațiile locale Blăgești 2, Blăgești 4 și Trușești 2 expuse stresului salin s-au caracterizat printr-o bună capacitate de gestionare a apei, de realizare a fotosintezei și de bioacumulare a substanțelor organice, ceea ce le recomandă pentru testarea suplimentară în condiții de câmp și ca material genetic în programe de ameliorare a plantelor.

RECOMMENDATIONS

Building on the overall objective of research, namely to contribute to a better understanding of the physiological mechanisms involved in the tolerance to saline stress of *Phaseolus vulgaris* L. and to the identification of local populations of bean tolerant to salinity, we can make the following recommendations:

1. Due to the fact that the positive or negative response of plants to excess NaCl is well correlated with the value of the concentration of the assimilating pigments at the foliar level and the amount of water linked, we may consider these parameters as defining in tolerance to saline stress and recommend them for future research.
2. The biosynthesis of proline as a protective role against the negative action of excess soil salts, although it correlates with the accumulation of sodium and chlorine at foliar level, is not a sufficient criterion in assessing plant resistance, therefore it is not recommended as conclusive evidence of stress resistance in the case of *Phaseolus vulgaris*.
3. Local populations Blăgești 2, Blăgești 4 and Trușești 2 exposed to saline stress were characterized by a good capacity for water management, photosynthesis and bioaccumulation of organic substances, which recommends them for testing under field conditions and as genetic material in plant breeding programmes.

BIBLIOGRAFIE REFERENCES

1. Abaaszadeh P., Sharifi A., Lebaschi H., Moghadasi F., 2007- *Effect of drought stress on proline, soluble sugars, chlorophyll and RWC level in Melissa oegicinalis*. Iranian Journal of Medicinal Plants, vol. 23, pp. 504-513.
2. Abd El-Samad H.M., Shaddad M.A.K., 1997- *Salt tolerance of soybean cultivars*. Biologia Plantarum, vol. 39, pp. 263-269.
3. Abdel Kader A.F., Aronsson H., Solymosi K., Boddi B., Sundqvist C., 2008- *Chlorophyll accumulation, protochlorophyllide formation and prolamellar body conversion are held back in wheat leaves exposed to high salt stress*. Photosynthesis. Energy from the Sun, pp. 1133-1136.
4. Adams J., Puskas-Rozsa S., Simlar J., Wilke C.M., 1992- *Adaptation and major chromosomal changes in populations of Saccharomyces cerevisiae*. Journal Article Research Support, vol. 22 (1), pp.13-9.
5. Ali H., Khan E., Sajad M.A., 2013 - *Phytoremediation of heavy metals- Concepts and applications*. Chemosphere 91(7). DOI: 10.1016/j.chemosphere.2013.01.075.
6. Amzallag G.N., Lerner H.R., Pojakoff-Mayber, 1990 - *Induction of increased salt tolerance in Sorghum bicolor by NaCl pretreatment*. Jourenal Experimental Botanz, vol. 41, pp. 29-34.
7. Amuthavalli P., Sivasankaramoorthy S., 2012 - *Effect of salt stress on the growth and photosynthetic pigments of pigeon pea (Cajanus cajan)*. Journal of Applied Pharmaceutical Science, vol. 2 (11), pp. 131-133.
8. Anderson-Cook C.M., Alley M.M., Roygard J.K., Khosla R., Noble R.B., Doolittle J.A., 2002 - *Differentiating soil types using electromagnetic conductivity and crop yield maps*. Soil Science Society of America Journal, vol. 66, pp. 1562-1570.
9. Anjun S.A., Wang Lc., Hie Xy., Saleem M.F., 2011 - *Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress*. African journal of agricultural research, vol. 6 (9).
10. Arnoldi A., Zanoni C., Lammi C., Boschini G., 2014 - *The role of grain legumes in the prevention of hypercholesterolemia and hypertension*. Critical. Reviews in Plant Sciences, vol. 33, pp. 1–3.

11. Ashraf M., 1994 - *Organic substances responsible for salt tolerance in Eruca sativa*. Biology Plant, vol. 36, pp. 255–259.
12. Ashraf M., 2009 - *Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers*. Biotechnol Advances, vol. 27 (1): pp. 84-93. doi: 10.1016/j.biotechadv.2008.09.003. Epub 2008 Oct 11.
13. Asfaw A., 2011- *Breeding for drought tolerance by integrative design: the case of common bean (Phaseolus vulgaris L.) in Ethiopia*. Department of Plant Breeding, Cornell University, Ithaca, USA.
14. Ashraf M., 1994 - *Breeding for salinity tolerance in plants*. Reviews in Plant Sciences, vol. 13, pp. 17-42.
15. Attia Houneida, Ouhibi Chayma, Ellili A., Msilini Najoua, 2010 - *Analysis of salinity effects on basil leaf surface area, photosynthetic activity, and growth*. Acta Physiologiae Plantarum. DOI: 10.1007/s11738-010-0607.
16. Aydin A., Kant C., TuranM., 2012 - *Humic acid application alleviate salinity stress of bean (Phaseolus vulgaris L.) plants decreasing membrane leakage*. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Atatürk University, Erzurum, Turkey, vol.7, pp. 1073-1086.
17. Bartha Csaba, 2015- *Studiu comparativ al manifest[riilor fiziologice și moleculare ale halotoleranței la diferite varietăți intraspecifice de Lactuca sativa L.* Teză de doctorat. Cluj-Napoca.
18. Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D., 1973- *Rapid determination of free proline for water stress studies*. Plant and Soil, vol. 39, pp. 205-207.
19. Bayuelos J., CraigR., Lynch J., 2002 - *Salinity tolerance of Phaseolus specie during germination and early seedling growth*. Crop Science, vol. 42, pp. 1584-1594.
20. Bayuelo-Jiménez J.S., Debouck D. G., Lynch J. P., 2003 - *Growth, gas exchange, water relations, and ion composition of Phaseolus species grown under saline conditions*. Field Crops Research, vol. 80, nr. 3, pp. 207–222.
21. Bârcă S.V., 2013- *Studii și cercetări în vederea îmbunătățirii tehnologiei de cultură pentru producerea semințelor la fasolea de grădină oloagă (Phaseolus vulgaris L., Convar. Nanus L.)*. Teză de doctorat. USAMV Iași.

-
22. Beinşan Carmen, Camen D., Şumălan R.L., Babau Mariana, 2003 - *Study concerning salt stress effect on leaf area dynamics and chlorophyll content in four bean local landraces from Banat area*. <https://www.researchgate.net>.
 23. Beinşan Carmen., Camen D., Şumălan R., Babau M., 2009 - *Study concerning sal stress on leaf area dynamics and chlorophyll content in four bean local landraces from Banat area*. Faculty of Horticulture, Banats University of Agricultural Science and Veterinary Medicine Timişoara.
 24. Ben-Gala A., Borochoy-Neorib H., Yermiyahua U., Shanic U., 2009 - *Is osmotic potential a more appropriate property than electrical conductivity for evaluating whole plant response to salinity*. *Environ ans Experimental Botany*, vol. 65 (2-3), pp. 232-237.
 25. Boelt B., Julier B., Karagic D., Hampton J., 2014 - *Legume seed production meeting market requirements and economic impacts*. *Plant Science*, vol. 33, pp. 116–122.
 26. Borgault M., Madramootoo C.A., Webber H.A., Stulina G., Horst M.G., Smith D.L., 2010 - *Effects of Deficit Irrigation and Salinity Stress on Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) and Mungbean (Vigna Radiata L. Wilezek) Grown in a Controlled Environment*. *Journal of Agronomy & Crop Science*, pp. 262-272, ISSN 0931-2250.
 27. Bouzid S., Chaabane R., 2012- *Enhancement of Saline Water for Irrigation of Phaseolus vulgaris L. Species in Presence of Molybdenum*. *Procedia Engineering*, vol. 33, pp. 168-173.
 28. Burzo I., 2014- *Modificările climatice și efectele asupra plantelor horticole*. Editura Stich, Craiova.
 29. Brugière N., Dubois F., Limami A., Lelandais M., Roux Y., Sangwan R.S., Hirel B., 1999 - *Glutamine synthetase in the phloem plays a major role in controlling proline production*. *Plant Cell*, vol. 11, pp. 1995-2011.
 30. Broughton W.J., Blair M.W., Hernandez G., Beebe S.E., 2003 - *Beans (Phaseolus spp.). Model food legumes*. *Plant and Soil* 252 (1), pp. 55-128.
 31. Cachorro P., Antonio Ortiz A., A. Ros Barcelo A.R., Cerda A., 1992 - *Lignin Deposition in Vascular Tissues of Phaseolus vulgaris Roots in Response to Salt Stress and Ca²⁺ Ions*. Figures Reveived July 29.
 32. Генкель П.А. Физиология жаро, 1982 – *Узасухоустойчивости растений*. М.: Наука. 280с.
 33. Cachorro P., Ortiz A., Cerdá A., 1993 - *Growth, water relations and solute composition of Phaseolus vulgaris L. under saline conditions*. *Plant Science*, vol. 95, Issue 1, pp. 23-29.

34. Cachorro P., Olmos E., Ortiz A., Cerdá A., 1995- *Salinity-induced changes in the structure and ultrastructure of bean root cells*. *Biologia Plantarum*, vol. 37, Issue 2, pp. 273–283.
35. Caesar K., Rusitzka G., 1981- *Tolerance to salinity*. Institute of Crop Science, Technical University of Berlin, Germany.
36. Cárdenas-Avila M.L., Verde-Star J., Maiti R.K., Foroughbakhch-P R., Gámez-González H., Martínez-Lozano S., Núñez-González M.A., García Díaz G., Hernández-Piñero J.L., Morales-Vallarta M.R., 2006. *Variability in accumulation of free proline on in vitro calli of four bean (Phaseolus vulgaris L.) cultivars exposed to salinity and induced moisture stress*. *Phyton*; nr. 75, pp. 103–108.
37. Chao L.L., Haxby J.V., Martin A., 1999 - *Attribute-based neural substrates in temporal cortex for perceiving and knowing about objects*. *Nature Neuroscience*, nr. 2, pp. 913-919.
38. Chartzoulakis K.S., Loupassaki M.H., 1997- *Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant*. *Agricultural Water Management* nr. 32, pp. 215-225.
39. Chaves M.M., Maroco J.P., Pereira J.S., 2003 - *Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant*. *Functional Plant Biology*, nr. 30, pp. 239–264. 10.1071/FP02076.
40. Chinnusamy V., Jagendorf A., Zhu J.K., 2005 - *Understanding and improving salt tolerance in plants*. *Crop Science*, vol. 45, pp. 437-448.
41. Ciobanu Ioana, 2011- *Cercetări privind reacția fiziologică a unor genotipuri de tomate la factorii de stres salin*. Teză de doctorat Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului Timișoara.
42. Ciuzan Oana, Ian W., Ladomery M., Hancock J.T., 2013- *The Arabidopsis thaliana Glycine-rich RNA Binding Proteins atGRP7 and atGRP2 Are Involved in Early Development*. *ProEnvironment*, vol. 6, pp. 72 – 76.
43. Chen Z., Cuin T.A., Zhou M., Twomei A., Naidu B.P., Shabala S., 2007- *Compatible solute accumulation and stress-mitigating effects in barley genotypes contrasting in their salt tolerance*. *Journal of Experimental Botany*, vol. 58, pp. 4245–4255. doi: 10.1093/jxb/erm284.
44. Cheruth J. Ragupathi G., Ashot K., Paramasivam M., Bheemaroo S., Rajaram P., 2008- *Interactive effects of triadimefon and salt stress on antioxidative status and ajmalicine accumulation in Catharanthus roseus*. *Acta Physiologiae Plantarum*, vol. 30 (3), pp. 287-292.
45. Choudhary N.L., Sairam R.K., Tyagi A., 2005 - *Expression of delta1-pyrroline-5-carboxylate synthetase gene during drought in rice*

-
- (*Oryza sativa* L.). Indian Journal of Biochemistry and Biophysics, vol. 42, pp. 366-370.
46. Christmann A., Weiler E.W., Steudle E., Grill E., 2007- *A hydraulic signal in root-to-shoot signaling of water shortage*. The Plant Journal, vol. 52, pp. 167-174.
47. Cochard H., Coll L., Roux X.L., Ameglio T., 2002- *Unraveling the effects of plant hydraulics on stomatal closure during water stress in walnut*. Plant Physiology, nr. 128, pp. 282–290.
48. Cokkizgin A., 2012- *Salinity Stress in Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Seed Germination*. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici, vol. 40(1), pp. 177-182.
49. Colton T., 1974- *Statistics in Medicine*. Paperback – 1800.
50. Cordovilla M.P., Ocaña A., Ligerolluch C., 2008- *Salinity effects on growth analysis and nutrient composition in four grain legumes- rhizobium symbiosis*. pp. 1595-1609.
51. Cordovilla M.P., Ligerolluch F., Lluich C., 1994- *The effect of salinity on N fixation and assimilation in Vicia faba*. Journal of Experimental Botany, vol. 45, pp. 1483-1488.
52. Covașă Mihaela, 2016 - *Cercetări privind reacția fiziologică a unor genotipuri de tomate la factorii de stres salin*. Teză de doctorat. USAMV Iași.
53. Cuartero J., Munoz R.F., 1998 - *Tomato and salinity*. Scientia Horticulturae. Elsevier.
54. Dash M., Panda S.K., 2001- *Salt stress induced changes in growth and enzyme activities in germinating Phaseolus mungo seeds*. Biologia Plantarum, vol. 44(4), pp. 587-589.
55. Davidescu D., 1988- *Microelemente în agricultură*. Editura Academiei R.S., România.
56. Dawood M., Abdelhamid M.T., Schmidhalter U., 2015 - *Potassium fertiliser enhances the salt- tolerance of common bean (Phaseolus vulgaris L.)*. Journal of Horticultural Science & Biotechnology (2014) vol. 89 (2), pp. 185-192.
57. Debouck D.G., 1999 - *Diversity in Phaseolus Species in Relation to the Common Bean*. pp. 25-52. In: Singh SP (Ed.). Kluwer Academic Publication, Dordrecht, The Netherlands.
58. De Costa W., Zorb C., Hartung W., Schubert S., 2007- *Salt resistance is determined by osmotic adjustment and abscisic acid in newly developed maize hybrids in the first phase of salt stress*. Physiologia Plantarum, vol. 131, pp. 311-321.

59. Delgado S.A., 1985 - *Systematic of the Genus Phaseolus (Leguminosae) in North and Central America*. University of Texas, Austin, Texas, USA, PhD Thesis, pp. 363.
60. Devlin R., 1975 - *Plant Physiology*. New York, NY: D. Van Nostrand Company, pp. 600.
61. Dobrei Carmen, Șumălan R., Lăzureanu A., Moșoarcă G., 2007- *Răspunsul germinativ la stresul salin al unor populații locale de fasole cultivate în zona Banatului*. Scientific papers, Faculty of Agriculture, XXXIX, partea a II-a, pp. 535-538. Editura Agroprint, Timișoara, ISSN 1221-5279.
62. Dobre Steliana Paula, Lazăr C., 2014 - *Determinări de suprafață foliară pentru frunza steag la un set de linii DH mutante de grâu*. AN. I.N.C.D.A. FUNDULEA, VOL. LXXXII, ISSN 2067-7758.
63. De Pascale S., Barbieri G., Ruggiero C., 1977 - *Effects of water salinity on plant growth and water relations in snap bean (Phaseolus vulgaris L.)*. ISHS Acta Horticulture, nr. 449, pp. 649–656. doi: 10.17660/ActaHortic.1997.449.90.
64. Di Martino C., Delfine S., Pizzuto R., Loreto F., Fuggi A., 2003 - *Free amino acids and glycine betaine in leaf osmoregulation of spinach responding to increasing salt stress*. New Phytologist, vol. 158(3), pp. 455- 463.
65. Dobrei A., Rotaru L., Muste M., 2005- *Cultura viței de vie*. Editura Solness, Timișoara.
66. Dragomirescu L., 2003- MALTAB. Guide. Editura Universității din Pitești.
67. Eynard A., Lal R., Wiebe K. D., 2006 - *Salt-affected soils*, in "Encyclopedia of soil science" CRC Press, New York.
68. FAO, 2000- *Global network on integrated soil management for sustainable use of salt effected soils*. Available in: <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spush/intro.htm>. (Access date: February, 2009).
69. FAO, 2009 - *High Level Expert Forum-How to Feed the World in 2050*.
70. Fita A., Cassia de R., Pico B., Nuez F., 2005- *Caracterización agronomica de líneas avanzadas de mejora resistentes al colapso del melon. Agrobomic characterization of advanced selection lines resistant to melon collapse*. Actas Portuguesas de Horticultura, vol. 8(4), pp. 82-87.
71. Feller R.W., 1995- *Action Planning for Personal Competitiveness in the "Broken Workplace"*. Journal of Employment Counseling, vol. 32, Issue 4.

-
72. Fita A., Rodríguez-Burruezo A., Boscaiu M., Prohens J., Vicente O., 2015- *Breeding and domesticating crops adapted to drought and salinity: A new paradigm for increasing food production*. Frontiers in Plant Science 2015 doi: 10.3389/fpls.2015.00978.
73. Florea N., 1963 - *Curs de geografia solurilor cu noțiuni de pedologie*. Editura Didactică și Pedagogică, București, pp. 251-263.
74. Flowers T.J. și Yeo A.R., 1995 - *Breeding for salinity resistance in crop plants- Where next*. Australian Plant Physiology, vol. 22, pp. 875-884.
75. Flowers T.J., 1999 - *Salinisation and horticultural production*. Scientia Horticulturae vol. 78, pp. 1-4.
76. Flowers T.J., Gaur P.M., Gowda C.L., Krishnamurthy L., Samineni S., Siddique K.H., Turner N.C., Vadez V., Varshney R.K., Colmer T.D., 2010- *Salt sensitivity in chickpea*. Plant Cell Environ; vol. 33, pp. 490–509. doi: 10.1111/j.1365-3040.2009. 02051.x.
77. Flowers T.J., Colmer T.D., 2008 - *Salinity tolerance in halophytes*. New Phytologist, vol. 179, pp. 945-963.
78. Fujita T., Maggio A., Rio M.G., Stauffache C., Bressan R.A., Csonka L.N., 2003- *Identification of regions of the tomato γ -glutamyl kinase that are involved in allosteric regulation by proline*. Journal of Biological Chemistry, vol. 278, pp.1403-1410.
79. Garcia-Sanchez F., Jifon J., Carvajal M., Syvertsen J.P., 2002- *Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na^+ and Cl^- accumulation in 'Sunburst' mandarin grafted on different rootstock*. Plant Science, vol. 162, pp. 705–712.
80. Galani Daniela, 2014- *Stresul salin la salată (Lactuca sativ)*. USAMVB, pp. 1-9 [https://www.academia.edu/7728524/Stresul_salin_la_salat % 83_Lactuca_sativa_? auto=download](https://www.academia.edu/7728524/Stresul_salin_la_salat%83_Lactuca_sativa?auto=download).
81. Gama P.B.S., Inanaga S., Tanaka K., Nakazawa R., 2007- *Physiological response of common bean (Phaseolus vulgaris L.) seedlings to salinity stress*. African Journal Biotechnology, vol. 6, pp. 79–88.
82. Garsia-Sanchez F., Jufon J.L., Carvaial M., Syverstem J.P., 2002- *Gas exchange, Chlorophyll and nutrient contents in relation to Na^+ and Cl^- accumulation in Sunburst mandarin grafted on different rootstocks*. Plant Science, nr.162, pp. 705-712.
83. Gâdea Ș., 2009 - *Fiziologia și biochimia plantelor particularități de reglare a status-ului apei plantelor cu diferite strategii morfogenetice de adaptare la secetă*. Fiziologia plantelor, Editura Academic pres Cluj Napoca.
84. Gepts P., 1998 - *Origin and evolution of common bean: Past events and recent trends*. HortScience nr. 33, pp. 1124-1130.

85. Ghassemi F., Jackman A. J., Nix A. H., 1995 - *Salinization of land and water resources*; CAB International, Wallingford, England.
86. Girija C., Smith B.N., Swamy P.M., 2002- *Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (Arachis hypogaea L.)*. Environmental and Experimental Botany, nr.43, pp.1-10.
87. Geilfus C.M., 2018- *Chloride- From nutrient to toxicant*. Plant and Cell Physiology, vol.59, pp. 877-886.
88. Giannakoula Anastasia, Ilias I.F., 2013- *The effect of water stress and salinity on growth and physiology of tomato (Lycopersicon esculentum Mil.)*. Archives of Biological Sciences , vol. 65(2), pp. 611-620.
89. Gil M., Bottini R., Berli Fj., Pontin M., Silva MF., Piccoli P., 2013 - *Volatile organic compounds characterizd from grapevine (Vitis vinifera L. cv. Malbes) berries increase at pre-harvet and in response to UV-B radiation*. Phytochemistry, vol. 96, pp. 148-157.
90. Gong Y., Rao L., Yu D., 2013 - *Abiotic stress in plants in Agricultural Chemistry*. ed. Stoytcheva M., editor. (Rijeka: InTech;).
91. Gorham J., McDonnel E., Budrewicz, E., Wyn Jones R.G., 1985 - *Salt tolerance in the Triticeae: growth and solute accumulation in leaves of Thinopyrum bessarabicum*. Environmental and Experimental Botany, vol. 36, pp. 1021–1031.
92. Glenn E.P., Brown J.J., Blumwald E., 1999 - *Salt tolerance and crop potential of halophytes*. Critical Reviews in Plant Sciences, vol. 18, pp. 227-255.
93. Glick B.R., 2007- *Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase*. Critical Reviews in Plant Sciences, vol. 26, pp. 227–242.
94. Gunjan G., 2010 - *Response in germination and seedling growth in Phaseolus mungo under salt and drought stress*.
95. Gutierrez-Rodriguez M., Escalante-Estrada J.A., Rodriguez-Gonzalez M.T., 2005- *Canopy reflectance, stomatal conductance and yield of Phaseolus vulgaris L. and Phaseolus coccinues L. under saline field conditions*. International Journal of Agriculture & Biology, vol. 7, pp. 491-497.
96. Gupta A., Ferguson J., 1997 - *Discipline and Practice: The field as Site, Method and Location in Anthropology*. Eds. Anthropological locations: boundaries and grounds of a field science. Berkeley: University of California Press.
97. Grattana S.R., Grieveb C. M., 1998 - *Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops*. Scientia Horticulturae, vol. 78, Issues 1–4, pp. 127-157.

-
98. Greenway H., Munns Rana, 1980- *Mechanisms of salt tolerance in no halophytes. Annual Review of Plant Physiology*, vol.31, pp.149-190.
 99. Grigore M.N., 2008 - *Introducere in Halofitologie. Elemente de anatomie integrativă*. Editura Pim, Iași.
 100. Grigore M.N., Toma C., 2010 - *Halofitele. Aspecte de anatomie ecologică*. Editura Universității A.I.Cuza, Iași.
 101. Haddad S., Coudret A., 1991- *Effects de l'adjonction de KCl ou de CaCl₂ sur la tolerance au NaCl chez deux cultivars de triticales*. Canadian Journal of Botany, vol. 69, pp. 2113-2121.
 102. Hare P.D., Cress, W.A., 1997- *Metabolic Implications of Stress-Induced Proline Accumulation in Plants*. Plant Growth Regulation, nr. 21, pp. 79-102.<https://doi.org/10.1023/A:1005703923347>.
 103. Hasegawa P.M., Bressan R., Zhu J-K., Bohnert, 2000 - *Plant cellular and molecular responses ro high salinity*.
 104. Hamilton E.W., Heckathorn S.A., 2001 - *Mitochondrial Adaptations to NaCl. Complex I Is Protected by Anti-Oxidants and Small Heat Shock Proteins, Whereas Complex II Is Protected by Proline and Betaine*. Plant Physiology, vol. 126 (3), pp. 1266-1274.
 105. Hasanuzzaman M., Nahar K., Fujita M., 2013- *Enhancing plant productivity under salt stress- relevance of poly-omics*. In: Ahmad P, Azooz MM, Prasad MNV, editors. Salt Stress in Plants: Omics, Signaling and Responses. Berlin, Germany: Springer, pp. 113–156.
 106. Hernandez-Lucero E., Rodrigues-Hernandez A.A., Ortega - Amaro A. M., 2013 - *Differential Expression of Genes for Tolerance to Salt Stress in Common Bean (Phaseolus vulgaris L.)*. Plant Molecular Biology Reporter, nr. 32, pp. 318-327.
 107. Hemantaranjan A., 2007 - *Environmental Physiology*.
 108. Hossain M.A., Hasanuzzaman M., Fujita M., 2010 - *Up - Regulation of Antioxidant and Glyoxalase Systems by Exogenous Glycinebetaine and Proline in Mung Bean Confer Tolerance to Cadmium* Jacoby. Mechanism involved in salt tolerance of plants. pp. 97-123.
 109. Imamul H., Larher F., 1983 - *Effect of NaCl Salinity on the Growth and the Nitrogen Status of Nodulated Cowpea (Vigna sinensis L.) and Mung Bean (Phaseolus aureus L.)*. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie, vol. 112, Issue 1, pp. 79-87.
 110. Inanaga S., Tanaka K., Nakazawa R., 2017- *Physiological response of common bean (Phaseolus vulgaris L.) seedlings to salinity stress*. African Journal of Biotechnology Journal Home, vol. 16, nr. 3.
 111. IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 5th Assessment Report. WGII, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and*

- Vulnerability. [(accessed on 13 July 2014)]. Available online: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>.
112. Isayenkov S. V., 2012 - *Physiological and molecular aspects of salt stress in plants*. Cytology and Genetics 46, pp. 302–318. doi: 10.3103/S0095452712050040.
113. Iqbal S., Bhanger M.I., 2006 - *Effect of season and production location on antioxidant activity of Moringa oleifera leaves grown in Pakistan*. Journal of Food Composition and Analysis, nr. 19, pp. 544-551.
114. Isayenkov S.V., 2012- *Physiological and molecular aspects of salt stress in plants*. Cytology and Genetics.
115. Iqbal S., Iqbal Bhanger M., 2006- *Effect of season and production location on antioxidant activity of Moringa oleifera leaves grown in Pakistan*. Journal of Food Composition and Analysis, vol. 19 (6-7), pp. 544-551.
116. Jacoby B., 1999 - *Mechanism involved in salt tolerance of plants*. In M. Pessarakli (ed.) *Handbook of plant and crop stress*, New York, pp. 97-123.
117. Jamil A., Riaz S., Ashraf M., Foolad M.R., 2011- *Gene expression profiling of plants under salt stress*. Critical Reviews in Plant Sciences., vol. 30(5), pp. 435-458.
118. Jebara S., Drevon J.J., Jabara M., 2010 - *Modulation of symbiotic efficiency and nodular antioxidant enzyme activities in two Phaseolus vulgaris genotypes under salinity*. Acta Physiologiae Plantarum, nr. 32, pp. 925-932.
119. Jennings D.H., 1976 - *The effect of sodium chloride on higher plants*. Biological Reviews., nr. 51, pp.453-486.
120. Jiménez-Bremont J.F., Becerra-Flora A., Hernández Lucero E., Rodrigues-Kessler M., Acosta-Gallegos J.A., 2006- *Proline accumulation in two bean cultivars under salt stress and the effect of polyamines and ornithine*. Biologia Plantarum, vol.50, Issue 4, pp.763-766.
121. Jitoreanu Carmenica Doina, 2007- *Fiziologia Plantelor*. Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
122. Jitoreanu Carmenica Doina, Toma Liana Doina, Slabu Cristina, Marta Elena, 2011- *Lucrări practice de Fiziologia Plantelor*. Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
123. Jitoreanu Carmen Doina, Marta Alina Elena, Slabu Cristina Bologa, (Covașă) Mihaela, 2014 - *Dynamics of the flavonoids content in some tomato cultivars from nord - east Romania*, Lucrări științifice, Seria Horticultură, vol. 57, Iași, pp. 71-76, ISSN 1454-7414.

-
124. Jităreanu G., 1994 - *Tehnică experimentală*. Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
125. Jing Y., Li G., Shan X., 1992 - *Development of nodulelike structure on rice roots*. In *Nodulation and Nitrogen Fixation in Rice: Potentials and prospects*. Eds. Gurdev S. Khush and J. Bennett, pp. 123-126.
126. Johnson D.W., Smith S.E., Dobrenz A.K., 1992 - *Genetic and phenotypic relationships in response to NaCl at different developmental stages in alfalfa*. Theoretical and Applied Genetics, vol. 83, pp. 833–838. doi: 10.1007/BF00226705.
127. Johnson D.M., Woodruff D.R., McCulloh K.A., Meizewr F.C., 2009 - *Leaf hydraulic conductance, measured in situ, declines and recovers daily: leaf hydraulics, water potential and stomatal conductance in four temperate and three tropical tree species*. Tree Physiology. pp. 879 – 887.
128. Jungklang Jarunee, Matsumoto H., Usui K., 2003- *Differences in physiological responses to NaCl between salt-tolerant Sesbania rostrata Brem. & Oberm. and non-tolerant Phaseolus vulgaris L.* Weed Biology and Management, vol. 3(1), pp. 21-27 .
129. Kaymakanova M., Stoeva N., 2008 - *Physiological reaction of bean plants (Phaseolus vulgaris L.) to salt stress*. General and Applied Plant Physiology, vol. 34, pp. 177–188.
130. Kahlaoui B., Hachicha M., Misle E., Hanchi B., Teixeira J., 2014- *Improvement of crops production under saline stress by bio-hydraulic approach*. Improvement of crops in the Era of Climatic Changes, vol. 1, Springer, New York, pp. 231-245.
131. Kaymakanova M., 2014 - *Effect of Salinity on Germination and Seed Physiology in Bean (Phaseolus vulgaris L.)*. Agricultural University Plovdiv, 12 Mendeleev, Bulgaria.
132. Kerstiens G., Tych W., Robinson M.F., Mansfield T.A., 2002 - *Sodium-related partial stomatal closure and salt tolerance of Aster tripolium*. New Phytologist, vol.153, pp. 509-515.
133. Khadri M., Tejera N. A., Lluch C., 2006 - *Alleviation of Salt Stress in Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) by Exogenous Abscissic Acid Supply*. Journal of Plant Growth Regulation, vol. 25, Issue 2, pp. 110-119.
134. Khatar M., Hosse M., Skekari F., 2017 - *Some physiological responses of wheat and bean to soil salinity at low matric suctions*. International Agrophysics, nr. 31, pp. 83-91 doi: 10.1515/intag-2016-0028.
135. Khan M.H., S.K. Panda, 2008 - *Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity*

- stress. Acta Physiologiae Plantarum, vol. 30, pp. 91-89.
136. Khan M.A., Duke N.C., 2001 - *Halophytes- a resource for the future*. Wetlands Ecology and Management, vol. 6, pp. 455-456.
137. Khan M.H., Singha L.B., Panda S.K., 2002 - *Changes in antioxidant levels in Oriza sativa L. roots subjected to NaCl-salinity stress*. Acta Physiologiae Plantarum, vol. 24, pp. 145-148.
138. Khavari-Nejad R.A., Mostofi Y., 1998 - *Effects of NaCl on photosynthetic pigments, saccharides and chloroplast ultrastructure in leaves of tomato cultivars*. Photosynthetica, vol. 35, pp. 151-154.
139. Khosravinejad Fariba, Farboodnia T., Heydari R., 2009 - *Effect of Salinity on Organic Solutes Contents in Barley*. Pakistan Journal of Biological Sciences, vol. 12(2), pp. 158-62.
140. Keck T.T., Wagenet W., Campbell F., Knighton R.E., 1984 - *Effects of water and salt stress on growth and acetylene reduction in alfalfa*. Soil Science Society of America Journal, vol. 48, pp. 1310-1316.
141. Keshavarz H., Sadegh R., Moghadam G., 2017 - *Seed priming with cobalamin (vitamin B12) provides significant protection against salinity stress in the common bean*. Vol. 3, pp. 143-149.
142. Костюк А, Михеев А., 1997- *Проблема фенотипического стресса и адаптации у растений*//ж. Физиология и биохимия культурных растений.Т. Vol. 2, pp. 81 -92.
143. Kozłowski T.T., 1997 - *Responses of woody plants to flooding and salinity*. Tree Physiology Monograph, vol. 1, pp. 1-29.
144. Kondrák M., Marincs F., Antal F., Juhasz Z., Banfalvi Z., 2012 - *Effects of yeast trehalose-6-phosphate synthase 1 on gene expression and carbohydrate contents of potato leaves under drought stress conditions*. BMC Plant Biology 212:74 <https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-74>.
145. Koyro H.W., 2006 - *Effect of salinity of growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte Plantago coronopus (L.)*. Environmental and Experimental Botany, vol. 56, pp. 136–146.
146. Kumar V., Makkar H. P. S., Amselgruber W., Becker K., 2010- *Physiological, haematological and histopathological responses in common carp (Cyprinus carpio L.) fingerlings fed with differently detoxified Jatropha curcas kernel meal*. Food and Chemical Toxicology, vol. 48 (8), pp. 2063-2072.
147. Kramer P.J., 1980 - *Drought stress, and the origin of adaptations / Adaptation of plants to water and high temperature stress*. New York, Wiley, pp. 7-20.

-
148. Lackey-ey J.A., 1983 - *A review of generic concepts in American Phaseolinae (Fabaceae, Faboideae)*. Iselya, vol. 2, pp. 21-64.
149. Lahaye P.A. și Epstein E., 1971 - *Calcium and Salt Toleration by Bean Plants*. View Issue's Table of Contents, vol. 25, Issue 2, pp. 213-218.
150. Lauchli A., Epstein E., 1990- *Plant responses to saline and sodic conditions*, In: Tanji, K.K. (ed.), *Agricultural Salinity Assessment and Management*, pp. 113–37. ASCE, New York.
151. Lambers H., Poorter H., 1992 - *Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and consequences*. *Advances in Ecological Research*, vol. 23, pp. 187–261.
152. Lăcătușu R., Lungu M., Rizea Nineta, 2017 - *Chimia globală a solului. Procese, determinări, interpretări*. Editura Terra Nostra, Iași.
153. Levitt J., 1980 - *Responses of Plants to Environmental Stresses, Water, Radiation, Salt and Other Stresses*. Second edition, vol. 2, Academic Press, New York.
154. Lluch C., Tejera N., Herrera- Cervera J.A., Lopez M., Barranco-Gresa J.R., Palma F.J., Gozalvez M., Iribarne C., Moreno E., Ocana A., 2007- *Saline stress tolerance in legumes*. *Lotus Newslett*, vol. 37(2), pp. 76-77.
155. Longstreth D.J., Nobel P.S., 1979 - *Salinity effects on leaf anatomy. Consequences for photosynthesis*. *Plant Physiology*, vol. 63, pp. 700-703.
156. Lungu M., Rizea N., 2017- *Global soil chemistry*. Terra Nostra Publishing House, Iași.
157. Madoșa E., 2005 - *Raport de cercetare: Analiza variabilității și eredității unor caractere cantitative la germoplasma locală de ardei pentru boia*. *Revista Politică Științei și Scientometrie* - Număr special, ISSN-1582–1218.
158. Mansour M.M.F., 2000 - *Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress*. *Biology Plant*, 43, pp. 491–500.
159. Maas E.V., Hoffman G.J., 1977 - *Crop salt tolerance-current assessment*. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, nr. 103, pp. 115–134.
160. Mader S.S., 1993 - *Biology Part 1: The Cell*. 4th ed. Duburque, IA, USA: Brown Communications, Inc. pp. 152 .
161. Maggio A., Veronese Paola, Miyazaki S., Fujita T., 2002- Does proline accumulation play an active role in stress-induced growth reduction? *The Plant Journal* 31(6), pp. 699-712.
162. Magdy M., Mansour F., FaroukAli E., 2017- *Evaluation of proline functions in saline conditions*. *Phytochemistry*, vol. 140, pp. 52-68.

163. Mahajan S., Tuteja N., 2005 - *Cold, salinity and drought stresses: an overview*. Archives of Biochemistry and Biophysics, vol. 444 (2), pp. 139–158.
164. Manivannan P., Abdul C., Jaleel B., Sankar A., Kishorekumar R., Somasundaram G.M.A., Lakshmanan R., 2007 - *Growth biochemical modification and metabolism in Helianthus annuus L. as induced by drought stress*. Colloids and Surfaces, B: Biointerfaces nr. 59, pp. 141-149.
165. Maskri A., Kharusi L., Miqbali H., Khan M., 2010 - *Effects of Salinity Stress on Growth of Lettuce (Lactuca sativa) under Closed- recycle Nutrient Film Technique*. International Journal of Agricultural & Biology. ISSN Print: 1560-8530; ISSN Online: 1814-9596.
166. Maurel C., Chrispeels M., Lurin C., Tacnet F., Geelen D., Ripoché P., Guern J., 1997 - *Function and regulation of plant seed aquaporins*. J. Exp Bot nr. 48, pp. 421-430.
167. Marschner H., 1996- *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Ed. II, Academic Press, London.
168. Marschner H., 2002 - *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Ed. III, Academic Press, Amsterdam.
169. Marschner H., 2005- *Mineral nutrition of higher plants*, 2nd Academic, Harcourt Brace, London, New York.
170. Marta Alina Elena, Jităreanu Carmenica Doina, Slabu Cristina, 2014 - *Chlorophyll content index of some NE-Romania Phaseolus vulgaris L. local cultivars, under salt stress*. Lucrări Științifice, vol. 57, nr. 1, Seria Horticultură.
171. Mass N.J., 1986- *Methods of conceptualization*. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260020108>.
172. Mattioli R., Costanino P., Trovato M., 2009 - *Proline accumulation in plants: not only stress*. Plant Signaling & Behavior, nr. 4, pp. 1016-1018.
173. Meiri A., Poljakoff-Mayber A., 1967- *The effect of chlorine salinity on growth of bean leaves in thickness and in area*. Journal of Botany, Israel.
174. Meiri A., Kombaroff J., Poljakoff-Mayber A., 1971- *The response of bean plants to sodium chloride and sodium sulphate salinization*. Annals of Botany, nr. 35, pp. 837-847.
175. Melenciu M., 2010- *Particularități de adaptare la secetă a plantelor iso- și anisohidrice și efectul acidului salicilic*. Teză de doctor în biologie. Chișinău, pp.108.
176. Meloni D.A., Oliva A.A., Martinez Z.A., Cambraia J., 2003 - *Photosynthesis and activity of superoxid dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress*. Environmental and Experimental Botany, nr. 49, pp. 69-76.

-
177. Mengel A., Ageeva A., Georgii E., Bernhardt J., Wu K. Q., Durner J., 2017- *Nitric oxide modulates histone acetylation at stress genes by inhibition of histone deacetylases*. Plant Physiology, nr. 173, pp. 1434–1452. 10.1104/pp.16.01734.
178. Mittler R., 2006 - *Abiotic stress, the field environment and stress combination*. Trends in Plant Science, nr.11, pp. 15-19.
179. Misra N., Saxena P., 2009 - *Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress*. Plant Science, nr. 177, pp. 181-189.
180. Moharramnejad S., Taherkhani T., 2015 - *Response of antioxidant enzyme activity and pigment content in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings under salt stress*. Science Journal (CSJ), vol. 36, nr. 3, ISSN: 1300-194.
181. Morton J.F., 2007 - *The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture*. Proceedings National Academy of Sciences of the United States of America, nr. 104, pp. 19680–19685. doi: 10.1073/pnas.0701855104.
182. Munns Rana, 1993 - *Physiological processes limiting plant growth insaline soils: some dogmas and hypotheses*. Plant, Cell & Environment, nr. 16, pp. 15-24.
183. Munns Rana, 2002 - *Comparative Physiology of Salt and Water Stress*. Plant, Cell & Environment, Nr. 25, pp. 239-250. <http://dx.doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>.
184. Munns Rana, James R.A., 2003 - *Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat*. Plant Soil, nr. 253, pp. 201–218.
185. Munns Rana, Tester M., 2008 - *Mechanisms of salinity tolerance*, Annual Review of Plant Biology, nr. 59, pp. 651-681.
186. Munns Rana, Wallace Patricia A., Teakle Natasha L., Colmer Timothy D., 2010- *Measuring Soluble Ion Concentrations (Na^+ , K^+ , Cl^-) in Salt-Treated Plants*.
187. Munteanu N., 2003 - *Tomatele, ardeii și pătlăgelele vinete*. Editura “Ion Ionescu de la Brad” Iași.
188. Munteanu N., Stoleru V., Stoian L., Bohatereț V., Fălticeanu Marcela, 2008 - *Ghid de bune practici – Modele de conversie la producția legumicolă ecologică*. Editura “Ion Ionescu de la Brad” Iași, p.136, ISBN 978-973-147-020-7.
189. Murat Ali Turan, Vahap K., Taban S., 2007- *Variation in proline, chlorophyll and mineral elements contents of wheat plants grown undr salinity stres*. Journal of Agronomy, vol. 6(1), pp. 137-141.

190. Neelam M., Ajay K., 2005 - *Effect of salt stress on proline metabolism in two high yielding genotypes of green gram*. Plant Science, nr. 169, pp. 331-339.
191. Neumann P. M., Van Volkenburgh E., Cleland R. E., 1988 - *Salinity stress inhibits bean leaf expansion by reducing turgor, not wall extensibility*. Plant Physiology, nr. 88, pp. 233-237.
192. Neumann P.M., 1995 - *Inhibition of root growth by salinity stress: Toxicity or an adaptive biophysical response*. In: Baluska, F., Ciamporova, M., Gasparikova, O.; Barlow, P.W. (Ed.). Structure and function of roots. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 299-304.
193. Neveen B.T., 2015 - *Effective microorganisms modify protein and polyamine pools in common bean (Phaseolus vulgaris L.) plants grown under saline conditions*, vol. 190, pp. 1-10.
194. Nevena S., Kaymakanova M., 2008 - *Effect of salt stress on the growth and photosynthesis rate of bean plants (Phaseolus vulgaris L.)*. Journal Central European Agriculture, vol. 9. nr.3, pp. 385-392.
195. Nieman R.H., 1965- *Expansion of bean leaf and its suppression by salinity*. Plant Physiology, nr. 40, pp. 156-161.
196. Niu X., Narasimhan M.L., Salzman R., Bressan R.A., Hasegawa P.M., 1993- *NaCl regulation of plasma membrane H^+ -ATPase gene expression in a glycophyte and a halophyte*. Plant Physiology, nr. 103, pp. 713-718.
197. Oancea Sevilă., 2007- *Ghid de prelucrare rapidă a datelor experimentale*. Editura Performantica Iași.
198. Olgun M., Kumalay A.M., Adiguzel M.C., Caglar A., 2008 - *Effects of waterlogging in wheat (T. aestivum L.)*. Acta Agriculturae Scandinavica, (Section B). Plant Soil, nr. 58, pp. 193-198.
199. Ortiz A., Cerda A., 1993- *Effects of saline stress and calcium on lipid composition in bean roots*. Phytochemistry, vol. 32, Issue 5, pp. 1131-1136.
200. Ortiz A., Martinez V., Cerda A., 1994 - *Effects of osmotic shock and calcium on growth and solute composition of Phaseolus vulgaris plants*.
201. Parida A.K., Das A.B., Das P., 2002 - *NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, Bruguiera parviflora, in hydroponic cultures*. Journal of Plant Physiology, nr. 45, pp. 28-36.
202. Parida A.K., Das A.B., 2004 - *Effects of NaCl stress on nitrogen and phosphorous metabolism in a true mangrove Bruguiera parviflora grown under hydroponic culture*. Journal of Plant Physiology, vol. 161(8), pp. 921-8.

-
203. Parida A.K., Das A. B, 2005 - *Salt tolerance and salinity effects on plants: a review*. Ecotoxicology and Environmental Safety, nr. 60, pp. 324-349.
204. Pessarakli, 1999 -*Handbook of plant and crop stress. Second ed. rev. and exp.* Marcel Dekker, New York. Stress. Physiology and Molecular Biology of Plants, nr.16, pp. 259-272.
205. Pessarakli M., 2010 - *Hanbook of Plant and Crop Stress, Third Edition*. CRC Press, New York.
206. Pessarakli M., 2011 - *Handbooh of Plant and crop stress*. Third Edition CRC Press.
207. Pasternak D., 1990 - *Fodder production with saline water*. The Institute for applied research, Beer-sheva/Israel: Ben Gurion University of the Negev.
208. Patel B.B., Patel Bharat B., Dave R.S., 2011 - *Studies on infiltration of saline-alkali soils of several parts of Mehsana and Patan districts of north Gujarat*. Journal of Applied Technology in Environmental Sanitation, vol. 1(1), pp. 87-92.
209. Petcu Elena, Arsintescu A., Georgescu F., Antohe I., Dinc A.B., 2002- *Efectul reacției acide a solului asupra unor genotipuri românești de porumb*. Probleme de genetică teoretică și aplicată, vol. XXX IV, nr. 1-2, pp. 9-16.
210. Petcu A., Țerbea M., Lazăr C., 2007- *Cercetării în Domeniul Fiziologiei Plantelor de Câmp la Fundulea*. AN. I.N.C.D.A. Fundulea, vol. L.XXV, Volum Omagial.
211. Phang T.H., Shao G., Lam H.M, 2008 - *Salt tolerance in soybean*. Jurnal of Integrative Plant Biology, nr. 50, pp. 1196-1212. doi: 10.1111/j.1744-790900760.x.
212. Pleșa I., Cîmpeanu S., 2001 - *Îmbunătățiri funciare*, Editura Cris Book Universal, București.
213. Poljakoff-Mayber A., Gale K., 1975 - *Plants in saline environments*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
214. Popescu V., 1996 - *Legumicultură*, vol.1. Editura Ceres, București.
215. Prisco J.T., O'Learv J., Turrialba J.W., 1970 - *Osmotic and "toxic" effects of salinity on germination of Phaseolus vulgaris L.* Turrialba, vol. 20, pp.177-84.
216. Ramanjulu S., Sudhakar C., 2001- *Alliviation of NaCl salinity stress by calcium is partly related to the increased proline accumulation in mulberry (Morus alba L.) callus*. Jurnal of Plant Biology, pp. 203-206.

217. Rhoades J.D., Loveday J., 1990 - *Salinity in irrigated agriculture*. In *Salinity in Irrigated Agriculture*. Eds. Rhoades J.D. and Loveday J., Madison, pp. 1089-1142.
218. Salim M., Pitman M.P., 1988 - *Salinity tolerance of mung bean (Vigna radiate L.)*. *Biologia Plantarum*, pp. 30:53.
219. Sand C., 2001- *Fiziologia plantelor*. Editura Mira Design, Sibiu.
220. Sandu Gh., 1984 - *Solurile saline și alcalize din R.S.R. Ameliorarea lor*. Ed. Ceres, București.
221. Santos- Diaz M.S., Alejo-Ochoa N., 1994 - PEG-tolerant cell clones of chili pepper (*Capsicum annum L.*) growth, osmotic potentials and accumulations. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, pp. 37-38.
222. Săulescu N.N., Ittu G., Balotă Maria, Ittu Mariana, Mustața P., 1998- *Breeding wheat for lodging resistance, earliness and tolerance to abiotic stresses*. In: „Wheat: Prospects for Global Improvement”. H. J. Braun et al., (Eds.), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 181-188.
223. Sălăgeanu, 1965- *Lucrări Practice de Fiziologia Plantelor*. Editura Didactică și Pedagogică București.
224. Schulze E.D., Beck E., Müller-Hohenstein K., 2002- *Pflanzenökologie*. Heidelberg: Springer.
225. Schimper A.F.W., 1903 - *Plant geography upon a physiologischer Grundlage*. G. Fischer Verlag, Jena.
226. Schobert B., Tschesche H., 1978 - *Unusual solution properties of proline and its interaction with proteins*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, nr. 541, pp. 270-277.
227. Schubert S. Neubert A., Schierholt A., Sumer A., Zorb C., 2009- *Development of salt-resistant maize hybrids: the combination of physiological strategies using conventional breeding methods*. *Plant Sciences*, nr. 177, pp. 196-202.
228. Schubert S., 2011- *The Molecular and Physiological Basis of Nutrient Use Efficiency in Crops*. pp. 443-455 DOI: 10.1002/9780470960707.ch19.
229. Sgrivastava P., Kumar R., 2014- *Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol. 22, pp. 123-131.
230. Shabbir A.S., Mohammad Z., Lee H., 2018 - *Introduction to Soil Salinity, Sodidity and Diagnostics Techniques*. Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniquespp, pp. 1-42.
231. Shainberg I., Warrington D., Rengasamy P., 1990 - *Effect of soil conditioner and gypsum application on rain infiltration and erosion*. *Journal Soil Science*, nr. 149, pp. 301-307.

-
232. Shannon M.C., Grieve C.M., Francois L.E., 1994 - *Whole-plant response to salinity*. In: Wilkinson, R.E. (Ed.). *Plant environment interactions*. New York: Marcel Dekker, pp.199-244.
 233. Shannon M.C., 1997- *Adaptation of Plants to Salinity* .*Advances in Agronomy*, vol. 60, pp. 75-120.
 234. Sharifa S., Abu-Muriefaj, Amira M.S., Qados A., 2015- *Effects of genistein on nodulation, nitrogen fixation and physiological characteristics of bean (Phaseolus vulgaris L.) under salt stress conditions*. *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 3 (1), pp. 51-64/ ISSN: 2321-9262.
 235. Sharma S.K., Gupta I.C., 1986 - *Saline environment and plant growth*. Agro Botanical Publishers, India.
 236. Sharma S.S., Dietz K. J., 2006 - *The significance of amino acids and amino acid-derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress*. *Journal of Experimental Botany*, nr. 57, pp. 711-726. doi:10.1093/jxb/erj073.
 237. Shi D.C., Yin L.J., 1993 – *Difference between salt and alkaline stresses on Puccinellia tenuifl ora (Griseb.)*. *Acta Botanica*, nr. 35, pp. 144-149.
 238. Shlaev V., Korban S.S., Sosinski B., Abbott A.G., 2008- *Multiple Models for Rosaceae Genomics*. *Plant Physiology*, vol. 147 (3), pp. 985-1003.
 239. Siler B., Misic D., Filipovic B., Popovic Z., Cvetic T. Mijovic A., 2007- *Effects of salinity on in vitro growth and photosynthesis of common centaury (Centaurea erythraea Rafn.)*. *Archives of Biological Sciences*, vol. 59(2), pp. 129-134.
 240. Singh J., Divakar Sastry E.V., Singh V., 2012 - *Effect of salinity on tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) during seed germination stage*, *Physiol Mol Biol Plants*, vol. 18(1), pp. 45–50.
 241. Sivakumar B., Berndtsson R., Olsson J., Jinno K., Kawamura A., 2000 - *Dynamics of monthly rainfall-runoff process at the Gota basin: A search for chaos*. *Hydrol Earth Syst Science*, vol. 4 (3), pp. 407-417.
 242. Slabu C., 2005- *Physiologische Reaktion der Ackerbohne (Vicia Faba L.) auf Natrium und Chlorid*. Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
 243. Slabu C., Zorb Ch., Steffens D., Schubert S., 2009- *Is salt stress of faba bean (Vicia faba) caused by Na⁺ or Cl⁻ toxicity?*. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, vol. 172, (5), pp. 644–651.
 244. Smirnoff N., 1996- *Botanical briefing: the function and metabolism of ascorbic acid in plants*. *Annals of Botany*, 78, pp. 661-669.
 245. Surdu A., 2012- *Rolul apei în viața plantei*. <https://www.scribd.com/doc/93952302/Rolul-Apei-in-Viața-Plantei>.

246. Sopandie D., Marzuki I., Jusuf M., 2003 - *Aluminum tolerance in Soybean: Protein profiles and accumulation of Al in root*. Hayati, nr. 10, pp. 30-33.
247. Sperry J.S., Hacke U.G., Oren R., Comstok J.P., 2002 - *Water deficits and hydraulic limits to leaf water supply*. Plant Cell Environ., vol. 25, pp. 251-263.
248. Stan N., Munteanu N., Stan N., 2003- *Legumicultură*, vol. III. Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
249. Stepien P., Klobus G., 2006 - *Water relations and photosynthesis in Cucumis sativus L. leaves under salt stress*. Biologia Plantarum, vol. 50(4), pp. 610-616.
250. Stoica E., Răuță C., Florea N., 1986 - *Metode de analiză chimică a solului*. Ministerul Agriculturii. Academia de Științe Agricole și Silvici. Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie.
251. Szilagyi L., 2003- *Influence of drought on seed yield components in common bean*. Journal Plant Physiology, Special issue, pp. 320–330.
252. Szabados L., Savouré A., 2010 - *Proline: A Multifunctional Amino Acid*. Trends in Plant Science, vol. 15, pp. 89-97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2009.11.009>.
253. Șișcanu G., Piscorscaia V., 2001- *Relațiile donator-acceptor și productivitatea plantelor de soia*. Editura Civitas, Chișinău.
254. Șumălan R., 2009 - *Fiziologia plantelor. Elemente de fiziologie vegetală aplicate în horticultură*. Editura Eurobit Timișoara.
255. Șumălan, R., Dobrei Carmen, 2002 - *Lucrări practice de fiziologie vegetală*, Editura Marineasa, Timișoara.
256. Șumălan R., 2004 - *Fiziologia plantelor (Elemente de fiziologie a plantelor și reacția la stres)*. Editura Eurobit, Timișoara.
257. Ștefîrță Anastasia, 2002- *Caracterul nespecific al reacției de răspuns a plantelor la acțiunea factorilor nefavorabili*. Institutul de Genetică și Fiziologie a Plantelor, Chișinău.
258. Steponkus P.L., 1981- *Responses to extreme temperatures: cellular and subcelular bases // Encyclopaedia of plant physiology* N.S.-Berlin, Springer. Vol. 12A. pp. 371-402
259. Stratu A., 2002- *Cercetări fiziologice și biochimice la speciile din familia Umbeliferae*. Teză de doctorat, UAIC Iași.
260. Szabados L., Savouré A., 2010.-*Proline: A Multifunctional Amino Acid*.Trends in Plant Science, nr. 15, pp. 89-97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2009.11.009>.
261. Полевой В.В. Физиология растений М., 1989- *Высшая школа*.р.464
262. Talaat N., 2015- *Effective microorganisms modify protein and polyamine pools in common bean (Phaseolus vulgaris L.) plants grown under salin*

-
- conditions. Plant Growth Regul, nr. 75, pp. 281-295.
263. Tarhon P., 1993 - *Fiziologia plantelor*. Editura Lumina, vol.2, Chişinău.
264. Taibi K., Taibi F., Abderrahim L. Mulet J.M., 2016 - *Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in Phaseolus vulgaris L.*, vol. 105, pp. 306-312.
265. Taiz L., Zeiger E., 1998- *Stress physiology*. In L. Taiz, E. Zeiger, eds. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Sunderland, M.A.V. vol. 111, pp. 167-175.
266. Taffouo V.D., Dibong S.D., Nouck A.H., Amougou A., 2010- *Effects of salinity stress on seedlings growth, mineral nutrients and total chlorophyll of some tomato (Lycopersicum esculentum L.) cultivars. African Journal of Biotechnology*, vol. 9(33), pp. 5366-5372.
267. Tardieu F., Simonneau T., 1998- *Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modelling isohydric and anisohydric behaviours*. *Journal of Experimental Botany*, vol. 49, Special Issue, pp. 419–432.
268. Tazuke A., 1997- *Growth of cucumber fruit as affected by the addition of NaCl to nutrient solution*. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, vol. 66, pp. 518-526.
269. Teixeira J., Fidalgo F., 2009 - *Salt stress affects glutamine synthetase activity and mRNA accumulation on potato plants in an organdependent manner*. *Plant Physiol Biochem*, vol. 47(9), pp. 807-813.
270. Teşileanu Roxana, Fedorca M., 2016- *Solurile afectate de săruri din România: concept de bază şi stare actuală*. INCDS Braşov.
271. Telesinski A., Nowak J., Smolik B., Dubowska A., Skrzypiec N., 2008 - *Effect of soil salinity on activity of antioxidant enzymes and content of ascorbic acid and phenols in bean [Phaseolus vulgaris L.] plants*. *Journal of Elementology*.
272. Tester M., Davenport R., 2003 - *Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants*. *Ann. Bot.*, vol. 91 pp. 503-507.
273. Teşu C., 1982- *Tolerance to salinity of Lotus corniculatus on saline-alkaline soils from the Moldavian Plain*. *Agronomical Institute of Iaşi*.
274. Toma Liana Doina, Jităreanu Carmenica Doina, 2007- *Fiziologie vegetală*, Editura Ion Ionescu de la Brad, Iaşi.
275. Timmermann B.N., Steelin K.S., 1984- *Introductory chapter // Phytochemical adapt. Stress: Proc. Annu. Symp. Phytochemical Society of North America, Tuscon. Ariz., July 5-8. New York; London*, pp. 1-6.
276. Tottingham W.E., 1919 - *A preliminary study of the influence of chlorides on the growth of Bot*, vol. 82, pp. 703-710.

277. Toth G., Adhikari K., Varallyay Gy., Toth T., Bodis K., Stolbovoy V., 2008- *Updated map of salt affected soils in the European Union, in Threats to Soil Quality in Europe*. JRC Technical Report, ed. Toth G, Montanarella L, Rusco E.
278. Tort N., Turkyilmaz B., 2004 - *A physiological investigation on the mechanisms of salinity tolerance in some barley culture forms*. J.F.S., vol. 27, pp. 1-16.
279. Turan M.A., Katkat V., Taban S., 2007- *Variations in proline, chlorophyll and mineral elements contents of wheat plants grown under salinity stress*. Agronomy Journal, vol. 6, pp. 137-141.
280. Tucker M. R., 1999- *Essential plant nutrients: Their presence in North Carolina soils and role in plant nutrition*. North Carolina Department of Agriculture & Consumer Services, Miscellaneous Publication.
281. Varallyay Gy., 2002- *The role soil and soil management in drought mitigation*. Drought Mitigation and Prevention of Land Desertification, Bled, Slovenia, ICID-CIID.
282. Vaz Patto M.C., Amarowicz R., Aryee A. N. A., Boye J. I., Chung H. J., Martín-Cabrejas M. A., 2014 - *Achievements and challenges in improving the nutritional quality of food legumes*. *Critical Reviews in Plant Sciences*, vol. 33, pp. 188–193.
283. Venkamp J.H., Lampe J.E.M., Koot J.T.M., 1989 - *Organic acids as sources of drought induced proline synthesis in field bean plants, Vicia faba*. *Journal of Plant Physiology*, vol. 133, pp. 654-659.
284. Verslues P.E., Sharma S., 2010 - *Proline metabolism and its implications for plant-environment interaction*. *Arabidopsis Book*. 2010;8:e0140. doi: 10.1199/tab.0140.
285. Xu G., Magen H., Kafkaki U., 2000 - *Advances in chloride nutrition of plants*. *Advances in Agronomy*, vol. 68, pp. 97-150.
286. Wael M.S., Rady M.M., 2014 - *Presoaking application of propolis and maize grain extracts alleviates salinity stress in common bean (Phaseolus vulgaris L.)*, vol. 168, pp. 210-217.
287. Wallace A., 1986 - *Definition of stresses in crop production – iron plant nutrient and non- nutrient stress interactions*. *Journal of Plant Physiology*, vol. 9. nr. 3/7, pp. 187-192.
288. Warming E., 1909 - *Ecology of Plants. An introduction to the study of plant- communities*. Clarendon Press, Oxford.
289. Wignarajah K., Jennings H., Handley J.F., 1975- *The Effect of Salinity on Growth of Phaseolus vulgaris L. Anatomical Changes in the First Trifoliate Leaf*. *Annals of Botany*, vol. 39, Issue 5, pp. 1029-1038.

-
290. Winicov I., 1998 - *New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plants*. Annales Botanici, vol.82, pp. 703-710.
 291. Yadav S.S., McNeil D.L., Redden R., Patil S.A., 2010 - *Climate change and management of cool season grain legume crops*. Springer, Dordrecht; Heidelberg, pp. 460.
 292. Yihdego Y., Webb J.A., 2012 - *Modelling of sassonal and long term trends in lake salinity in South-western Victoria, Australia*. Journal of Environmental Management, vol. 112, pp. 149-159. Doi:10.1016/j.jenvman.2012.07.002.
 293. Yeo A.R., 1998 - *Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology*. Journal of Experimental Botany, vol. 49, pp. 915-929.
 294. Yuk-Shan W., Nora Fung-Yee T., 1996 - *Asia-Pacific Conference on Science and Management of Coastal Environment*. Developmens in Gydrobiology 123.
 295. Zhao F.J., Dunham S.J., McGrath S.P., 2002- *Arsenic hyperaccumulation by different fern species*. New Phytologist Trust, vol. 156, pp. 27-31.
 296. Zhu J.K., 2001- *Plants solt tolerans*. Trends in Plant Science, vol. 6, pp. 66-72.
 297. Zongin Lu., Neumann P.M., 1999 - *Water-stress inhibits Hydraulic Conductance and Leaf Growth in Rice Seedlings but Not the Transport of Water via Mercury-Sensitive Water Channels in the Root*. Plant Physiology, vol. 120, nr. 1, pp. 143-151.
 298. Zorb C., Geilfus C.M., Dietz K.J., 2018 - *Salinity and crop yield*. Plant biology. doi10.1111/plb.12884.
 299. Zribi L., Gharbi F., Rezgui F., Rejeb S., Nahdi H., Rejeb M.N., 2009 - *Application of chlorophyll fluorescence for the diagnosis of salt stress in tomato "Solanum lycopersicum (variety Rio Grande)"*. Scientia Horticulturae, vol. 120, pp. 367-372.

Surse electronice:

300. ***<http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush>.
301. ***<http://www.zoonutritie.ro>.
302. ***<http://www.scriub.com>.
303. ***<http://soco.jrc.ec.europa.eu>.
304. ***<http://www.icpa.ro>.
305. ***<http://www.scriub.com>.
306. ***<https://www.hecta.ro>.
307. ***<http://www.isubotosani.ro>.
308. ***<https://www.worldometers.info/ro/>.

ANEXA 1- LISTA FIGURILOR

Fig. 1.1. Harta solurilor afectate de săruri din România	36
Fig. 1.2. Modelul bifazic de răspuns a plantelor la stresul salin	40
Fig. 2.1. Sera ICAM Iași	57
Fig. 3.1. Cloroze, necroze punctiforme și îngroșarea cuticulei foliare	62
Fig. 3.2. Populația locală Blăgești 1	62
Fig. 3.3. Populația locală Blăgești 2	63
Fig. 3.4. Populația locală Blăgești 3	63
Fig. 3.5. Populația locală Blăgești 4	64
Fig. 3.6. Populația locală Moșna	64
Fig. 3.7. Populația locală Săveni	65
Fig. 3.8. Populația locală Trușești 2	65
Fig. 3.9. Insecticidul Force 1.5 G	67
Fig. 3.10. Aplicarea insecticidului Reldan 22 EC	68
Fig.3.11. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea suprafeței foliare a plantelor de fasole cu ajutorul scannerul portabil Area Meter AM 300-0002 ADC Bioscientific	72
Fig.3.12. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea ritmului de deshidratare la nivel foliar și a conținutului de apă din plantele de fasole	74
Fig. 3.13. CCM200 plus (Chlorophyll Content Meter)	74
Fig.3.14. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea conținutului de pigmenți cu spectrofotometrul SHIMANDZU UV-1800 din plante	75
Fig.3.15. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea conductanței stomatale cu Porometrul foliar D-SC-1 la plante	74
Fig.3.16. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea conținutului de prolină din frunze	77
Fig.3.17. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea conținutului de Cl^- din frunze	78
Fig. 3.18. Aparatul Analytical Chloride Titrator	78
Fig. 3.19. Aspecte privind modul de lucru pentru dozarea Na^+ , prin metoda fotometriei în flacără a probelor de fasole	79
Fig. 3.20. Pregătirea probelor pentru determinarea proteinei brute din boabe	79
Fig. 3.21. Determinarea proteinei brute- mineralizarea și distilarea	80
Fig. 3.22. Determinarea proteinei brute - titrarea	80

Fig. 3.23. Aspecte privind modul de lucru pentru determinarea pH-ului din sol	80
Fig. 4.1. Influența stresului salin asupra creșterii foliare, după 15 zile	85
Fig. 4.2. Influența stresului salin asupra creșterii foliare, după 30 zile	85
Fig. 4.3. Efectul stresului salin asupra producției	88
Fig. 4.4. Efectul stresului salin asupra greutateii boabelor	88
Fig. 4.5. Influența stresului salin asupra conținutului total de apă (%), după 15 zile	91
Fig. 4.6. Influența stresului salin asupra conținutului total de apă (%), după 30 zile	92
Fig. 4.7. Influența stresului salin asupra conținutului de apă liberă (%), după 15 zile	94
Fig. 4.8. Influența stresului salin asupra conținutului de apă liberă (%), după 30 zile	94
Fig. 4.9. Influența stresului salin asupra conținutului de apă legată (%), după 15 zile	96
Fig. 4.10. Influența stresului salin asupra conținutului de apă legată (%), după 30 zile	96
Fig. 4.11.a. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta martor, după 15 zile	99
Fig. 4.11.b. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta 100 mM, după 15 zile	99
Fig. 4.11.c. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta 200 mM, după 15 zile	100
Fig. 4.12.a. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta martor, după 30 zile	100
Fig. 4.12.b. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta 100 mM, după 30 zile	101
Fig. 4.12.c. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta 200 mM, după 30 zile	101
Fig. 4.13. Influența stresului salin asupra indicelui conținutului de clorofilă, după 15 zile	103
Fig. 4.14. Influența stresului salin asupra indicelui conținutului de clorofilă, după 30 zile	104
Fig. 4.15. Conținutul de clorofilă <i>a</i> , după 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline	106
Fig. 4.16. Conținutul de clorofilă <i>a</i> , după 30 zile de la aplicarea tratamentelor saline	106
Fig. 4.17. Conținutul de clorofilă <i>b</i> , după 15 zile de la aplicarea tratamentelor saline	107
Fig. 4.18. Conținutul de clorofilă <i>b</i> , după 30 zile de la aplicarea	108

tratamentelor saline

Fig. 4.19. Influența stresului salin asupra conductivității stomatice foliare, după 15 zile	111
Fig. 4.20. Influența stresului salin asupra conductivității stomatice foliare, după 30 zile	112
Fig. 4.21. Conținutul de prolină din frunzele de fasole supuse unui stres salin pe o perioadă de 30 de zile	115
Fig. 4.22. Conținutul de Na^+ din frunzele de fasole supuse stresului salin, pe o perioadă de 15 zile	117
Fig. 4.23. Conținutul de Na^+ din frunzele de fasole supuse stresului salin pe o perioadă de 30 zile	118
Fig. 4.24. Concentrația de Cl^- din frunzele de fasole supuse unui stres salin pe o perioadă de 15 zile	120
Fig. 4.25. Concentrația de Cl^- din frunzele de fasole supuse unui stres salin pe o perioadă de 30 zile	120
Fig. 4.26. Diminuarea procentuală a proteinei brute la genotipurile de fasole tratate cu soluție salină față de varianta control	123
Fig. 4.27. Corelația dintre conținutul de Cl^- și producția plantelor, după 30 de zile de expunere la stresul salin	124
Fig. 4.28. Corelația dintre conținutul de Cl^- și greutatea boabelor/păstaie după 30 de zile de expunere la stresul salin	125
Fig. 5.1. Influența stresului salin asupra creșterii foliare, după 15 zile de la tratament	127
Fig. 5.2. Influența stresului salin asupra creșterii foliare, după 30 zile	128
Fig. 5.3. Efectul stresului salin asupra producției	130
Fig. 5.4. Efectul stresului salin asupra greutatei boabelor	130
Fig. 5.5. Influența stresului salin asupra conținutului total de apă (%), după 15 zile	132
Fig. 5.6. Influența stresului salin asupra conținutului total de apă (%), după 30 zile	133
Fig. 5.7. Influența stresului salin asupra conținutului de apă liberă (%), după 15 zile	134
Fig. 5.8. Influența stresului salin asupra conținutului de apă liberă (%), după 30 zile	135
Fig. 5.9. Influența stresului salin asupra conținutului de apă legată (%), după 15 zile	136
Fig. 5.10. Influența stresului salin asupra conținutului de apă legată (%), după 30 zile	137
Fig. 5.11.a. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la varianta control, după 15 zile	137
Fig. 5.11.b. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la	139

varianta 100 mM, după 15 zile	
Fig. 5.11.c. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la	139
varianta 200 mM, după 15 zile	
Fig. 5.12.a. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la	140
varianta control, după 30 zile	
Fig. 5.12.b. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la	140
varianta 100 mM NaCl, după 30 zile	
Fig. 5.12.c. Influența stresului salin asupra ritmului de deshidratare la	141
varianta 200 mM NaCl, după 30 zile	
Fig. 5.13. Influența stresului salin asupra indicelui conținutului de	142
clorofilă, după 15 zile	
Fig. 5.14. Influența stresului salin asupra indicelui conținutului de	143
clorofilă, după 30 zile	
Fig. 5.15. Conținutul de clorofilă <i>a</i> , după 15 zile de la aplicarea	145
tratamentelor saline	
Fig. 5.16. Conținutul de clorofilă <i>a</i> , după 30 zile de la aplicarea	146
tratamentelor saline	
Fig. 5.17. Conținutul de clorofilă <i>b</i> , după 15 zile de la aplicarea	147
tratamentelor saline	
Fig. 5.18. Conținutul de clorofilă <i>b</i> , după 30 zile de la aplicarea	147
tratamentelor saline	
Fig. 5.19. Influența stresului salin asupra conductivității stomatice	150
foliare, după 15 zile	
Fig. 5.20. Influența stresului salin asupra conductivității stomatice	151
foliare, după 30 zile	
Fig. 5.21. Conținutul de prolină din frunzele de fasole supuse unui	153
stres salin pe o perioadă de 30 de zile	
Fig. 5.22. Concentrația de Cl ⁻ din frunzele de fasole supuse unui stres	155
salin, pe o perioadă de 30 zile	
Fig. 5.23. Corelația dintre conținutul total de clorofilă (<i>a+b</i>) și	156
prolină, după 30 de zile de stres salin	
Fig. 5.24. Corelația dintre conținutul total de clorofilă (<i>a+b</i>) și	157
producția plantelor, după 30 de zile de stres salin	
Fig. 5.25. Corelație dintre conținutul de prolină și conținutul de Cl ⁻	157
din frunze	

ANEXA 2- LISTA TABELELOR

<i>Tabelul 2.1. Schema experienței în cadrul serei ICAM Iași</i>	59
<i>Tabelul 3.1. Descrierea substratului de cultură</i>	66
<i>Tabelul 3.2. Sistemul de clasificare al fenofazelor la fasole în sistemul BBCH</i>	70
<i>Tabelul 4.1. Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului cu NaCl pe o perioadă de 15 respectiv 30 de zile, cu privire la suprafața foliară</i>	86
<i>Tabelul 4.2. Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin cu NaCl asupra conținutului total de apă</i>	92
<i>Tabelul 4.3. Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin cu NaCl asupra conținutul de apă liberă</i>	95
<i>Tabelul 4.4. Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin asupra conținutul de apă legată</i>	97
<i>Tabelul 4.5. Analiza varianței la populațiile de fasole supuse stresului asupra indicelui conținutului de clorofilă</i>	105
<i>Tabelul 4.6. Diferențele statistice între varianta control (I) și variantele tratate cu soluție salină de concentrație 100 mM (II) și 200 mM (III), privind conținutul de pigmenți clorofilieni</i>	109
<i>Tabelul 4.7. Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin pe o perioadă de 30 de zile, cu privire la conținutul de prolină</i>	116
<i>Tabelul 4.8. Diferențe statistice între varianta control (I) și variantele tratate cu concentrație salină de 100 mM (II) respectiv 200 mM (III), în ceea ce privește conținutul de prolină</i>	116
<i>Tabelul 4.9. Diferențe statistice între varianta martor (I) și variantele tratate cu concentrație salină de 100 mM (II) respectiv 200 mM (III), în ceea ce privește valoarea conținutului de Cl⁻</i>	121
<i>Tabelul 4.10. Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului cu NaCl pe o perioadă de 30 de zile, cu privire la conținutul în proteină brută</i>	123
<i>Tabelul 5.1. Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului cu NaCl pe o perioadă de 15 respectiv 30 de zile, cu privire la suprafața foliară</i>	129
<i>Tabelul 5.2. Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin cu NaCl asupra conținutului total de apă</i>	133
<i>Tabelul 5.3. Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin cu NaCl asupra conținutul de apă liberă</i>	135

<i>Tabelul 5.4. Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stres salin asupra conținutului de apă legată</i>	137
<i>Tabelul 5.5. Analiza varianței la populațiile de fasole supuse stresului salin asupra indicelui conținutului de clorofilă</i>	143
<i>Tabelul 5.6. Diferențe statistice între varianta control (I) și variantele tratate cu concentrație salină de 100 mM (II) respectiv 200 mM (III), în ceea ce privește conținutul de clorofilă <i>a</i> și <i>b</i></i>	148
<i>Tabelul 5.7. Analiza varianței la populațiile de fasole supuse stresului asupra conductanței stomatelor</i>	151
<i>Tabelul 5.8. Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului salin pe o perioadă de 30 de zile, cu privire la conținutul de prolină</i>	153
<i>Tabelul 5.9. Analiza varianței la populațiile locale de fasole supuse stresului cu NaCl pe o perioadă de 30 de zile, cu privire la conținutul de Cl⁻ din frunze</i>	155
<i>Tabelul 5.10. Diferențe statistice între tratamentele saline cu privire la conținutul de Cl⁻ din frunze</i>	156

LISTA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE PUBLICATE**➤ Articole publicate în reviste BDI**

1. **Beatrice Alexandra Modiga**, Carmenica Doina Jităreanu, 2017- *Stomatic conductance and chlorophyll content index and leaf area of some bean local cultivars from North East of Romania, under salt stress*, Research Journal of Agricultural Science, 49 (4), pp.35-39, Print ISSN: 2066-1843, Electronic ISSN: 2066-1843.
2. **Beatrice Alexandra Modiga**, Carmenica Doina Jităreanu, 2017-*The influence of salin stress on the deshire ritm and of water content at foliar level, to some local population of beans, from North-East of Romania*, Research Journal of Agricultural Science, 49 (4), pp.40-45, Print ISSN: 2066-1843, Electronic ISSN: 2066-1843.
3. **Beatrice Alexandra Modiga**, Mihaela Covașă, Carmenica Doina Jităreanu, 2018- *The influence of salin stress on total water content at the foliary level and pH of the soil to some bean genotypes from North-Eastern România*, Research Journal of Agricultural Science, 50 (4), pp. 237-246, Print ISSN: 2066-1843, Electronic ISSN: 2066-1843.
4. **Beatrice Alexandra Modiga**, Mihaela Covașă, Carmenica Doina Jităreanu, 2018- *The influence of salin stress on the soil chemical composition and the production of plants to some bean genotypes from North- Eastern Romania*, Research Journal of Agricultural Science 50 (4) pp. 228-236, Print ISSN: 2066-1843, Electronic ISSN: 2066-1843.
5. **Beatrice Alexandra Modiga**, Carmenica Doina Jităreanu, Cristina Slabu, Alina Elena Marta, Mihaela Covașă, 2019-*Dynamics of the foliar pigments content in some bean genotypes, from North-East Romania, under salt stress*, Bulletin UASVM series Agriculture 76(1), pp. 54-60, Print ISSN 1843-5246; Electronic ISSN 1843-5386.
6. **Beatrice Alexandra Modiga**, Mihaela Covașă, Cristina Slabu, Alina Elena Marta, Carmenica Doina Jităreanu, 2019- *Stomatic conductance and chlorophyll content index and leaf area of some beans local cultivars from North-East of Romania, under salt stress*, Lucrări Științifice, Seria Horticultură, ISSN –L= 1454-7376,

➤ Articole publicate în reviste indexate CPCI-S

7. **Beatrice Alexandra Modiga**, Carmenica Doina Jităreanu, Cristina Slabu, Alina Elena Marta, Mihaela Covașă, 2018- *Determination of chlorine concentration and productivity in some bean genotype, from North-East of Romania, under salt stress*, Scientific Papers. Series B, Horticulture, vol. LXII, No. 2, pp.409-415, Print ISSN 2285-5653, Online ISSN: 2286-1580.

-
8. Beatrice Alexandra Modiga, Mihaela Covașă, Cristina Slabu, Alina Elena Marta, Carmenica Doina Jităreanu, 2019- *Determination of productivity and chlorine concentration in some bean cultivation, from the region of Moldova, under salt stress*, Seria B, Horticulture, Print ISSN 2285-5653, Online ISSN: 2286-1580.

➤ **Articole publicate în reviste indexate ISI Proceedings**

9. **Beatrice Alexandra Modiga**, Mihaela Covașă, Cristina Slabu, Alina Elena Marta, Carmenica Doina Jităreanu, 2019- *Effects of salt stress on pigments, proline content and production to seven different bean genotypes*, Research Journal of Agricultural Science, vol. 51, ISSN 2066-1843, USAMVB Timișoara. ISI Conference Proceeding- lucrare acceptată pentru publicare.