

UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA
INSTITUTUL DE GENETICĂ, FIZIOLOGIE ȘI PROTECȚIE A PLANTELOR

Cu titlu de manuscris:
C.Z.U. 581.151:[633.11:632.11](043.2)

JELEV NATALIA
EVALUAREA ȘI MODIFICAREA REZISTENȚEI RELATIVE
A GENOTIPURILOR DE GRÂU (*Triticum aestivum* L.)
LA TEMPERATURI EXTREME

164.02. Fiziologia vegetală

Teză de doctor în științe biologice

Conducător științific:



DASCALIUC Alexandru,
doctor habilitat în științe biologice,
profesor universitar

Autorul:



JELEV Natalia

CHIȘINĂU, 2023

©JELEV Natalia, 2023

CUPRINS

ADNOTARE (în limbile română, engleză, rusă)	6
LISTA TABELELOR	9
LISTA FIGURILOR	10
LISTA ABREVIERILOR	14
INTRODUCERE	15
1. REZISTENȚA LA FACTORII DE STRES ȘI MODIFICAREA ACESTEIA CU AJUTORUL SUBSTANȚELOR CE INFLUENȚEAZĂ CREȘTEREA ȘI PRODUCTIVITATEA PLANTELOR	25
1.1. Rezistența plantelor la factorii de stres abiotic	25
1.1.1. <i>Rezistența plantelor la acțiunea temperaturilor negative</i>	<i>27</i>
1.1.2. <i>Rezistența plantelor la acțiunea temperaturilor înalte</i>	<i>32</i>
1.1.3. <i>Rezistența plantelor la acțiunea temperaturilor extreme negative și pozitive.....</i>	<i>35</i>
1.2. Substanțele biologic active și rezistența plantelor la factorii de stres termic	39
1.3. Concluzii la capitolul 1	43
2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE	45
2.1. Caracteristica materialului de cercetare	45
2.2. Metode de determinare a rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu la temperaturi extreme negative și pozitive în condiții de laborator	46
2.2.1. <i>Determinarea rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu în urma expunerii semințelor la șocul indus de temperaturile negative și pozitive</i>	<i>46</i>
2.2.2. <i>Determinarea „costului” rezistenței plantulelor genotipurilor de grâu obținute din semințe expuse la șoc hipotermic și hipertermic</i>	<i>47</i>
2.2.3. <i>Determinarea influenței biostimulatorului Reglalg asupra rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu la șoc hipertermic și hipotermic.....</i>	<i>49</i>
2.3. Metode de determinare a rezistenței induse a genotipurilor de grâu cultivate în condiții de câmp la temperaturi extreme negative și pozitive.....	49
2.3.1. <i>Determinarea rezistenței plantelor genotipurilor de grâu la acțiunea șocului hipotermic și hipertermic</i>	<i>49</i>
2.3.2. <i>Determinarea influenței biostimulatorului Reglalg asupra rezistenței plantelor genotipurilor de grâu la acțiunea șocului hipotermic și hipertermic</i>	<i>50</i>

2.3.3. <i>Determinarea influenței biostimulatorului Reglalg asupra conținutului de pigmenți asimilatori în frunza standard a plantelor genotipurilor de grâu</i>	51
2.4. Metode de apreciere și modificare a productivității plantelor și calității semințelor genotipurilor de grâu	52
2.4.1. <i>Determinarea influenței biostimulatorului Reglalg asupra elementelor de productivitate a plantelor genotipurilor de grâu</i>	52
2.4.2. Determinarea influenței biostimulatorului Reglalg asupra elementelor de calitate a semințelor genotipurilor de grâu	52
2.5. Metode statistice de prelucrare a datelor.....	54
2.6. Concluzii la capitolul 2	55
3. ESTIMAREA REACȚIEI GENOTIPURILOR DE GRÂU COMUN DE TOAMNĂ LA STRESUL TERMIC ÎN ETAPELE ÎNȚIALE ALE ONTOGENEZEI PLANTELOR	56
3.1. Influența șocului hipertermic asupra germinării semințelor soiului de grâu Odesskaia 267.....	56
3.1.1. <i>Estimarea rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu la acțiunea șocului hipertermic</i>	65
3.1.2. <i>Clasificarea genotipurilor de grâu în corespundere cu rezistența lor la temperaturi extreme pozitive</i>	69
3.1.3. <i>Aprecierea „costului” alocat de semințele genotipurilor de grâu pentru rezistența la temperaturi extreme pozitive</i>	71
3.2. Influența șocului hipotermic asupra germinării semințelor soiului de grâu Moldova5.	77
3.2.1. <i>Clasificarea genotipurilor de grâu în corespundere cu rezistența lor constitutivă la temperaturi extreme negative</i>	81
3.2.2. <i>Aprecierea „costului” alocat de semințele genotipurilor de grâu pentru rezistență la temperaturi negative</i>	83
3.3. Modificarea rezistenței genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor extreme negative și pozitive sub influența biostimulatorului Reglalg	89
3.3.1. <i>Modificarea rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu sub influența biostimulatorului Reglalg la acțiunea temperaturilor extreme pozitive.....</i>	89
3.3.2. <i>Modificarea rezistenței genotipurilor de grâu sub influența biostimulatorului Reglalg la acțiunea temperaturilor extreme negative</i>	93
3.4. Concluzii la capitolul 3	95

4. EVALUAREA INFLUENȚEI BIOSTIMULATORULUI <i>REGLALG</i> ASUPRA PRODUCTIVITĂȚII ȘI REZISTENȚEI GENOTIPURILOR DE GRÂU COMUN DE TOAMNĂ LA TEMPERATURI NEGATIVE ȘI ÎNALTE	97
4.1. Influența biostimulatorului <i>Reglalg</i> asupra rezistenței plantelor genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor extreme negative	97
4.2. Influența biostimulatorului <i>Reglalg</i> asupra rezistenței plantelor genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor extreme pozitive	106
4.3. Influența biostimulatorului <i>Reglalg</i> asupra conținutului de pigmenți asimilatori din frunza standard a plantelor genotipurilor de grâu	110
4.4. Influența biostimulatorului <i>Reglalg</i> asupra productivității plantelor și calității semințelor soiurilor de grâu	113
4.5. Concluzii la capitolul 4	119
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	120
BIBLIOGRAFIE	122
ANEXE	155
Anexa 1. Act de testare a influenței BS <i>Reglalg</i> asupra productivității grâului comun de toamnă cultivat în anii 2013-2014 pe câmpul experimental al IGFPP	156
Anexa 2. Act de testare a influenței BS <i>Reglalg</i> asupra productivității grâului comun de toamnă cultivat în anii 2013-2014 pe câmpul Cooperativei Agricole de Producere „Colina Agrară”	157
Anexa 3. Act de testare a influenței BS <i>Reglalg</i> asupra productivității grâului comun de toamnă cultivat în anii 2015-2016 pe câmpul experimental al IGFPP	158
Anexa 4. Act de testare a influenței BS <i>Reglalg</i> asupra productivității grâului comun de toamnă cultivat în anii 2015 – 2016 pe câmpul gospodăriei țărănească „Izvoraș” din satul Balabanul, raionul Taraclia	159
Anexa 5. Diplomă de acordare a medaliei Târgului Internațional de Invenții și Idei de Afaceri (desfășurat la Ungheni) România – Moldova „INVENT-INVEST 2017”	160
Anexa 6. Caracteristicile statistice ale parametrilor studiați.....	161
DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII.....	170
CV-ul AUTORULUI	171

ADNOTARE

Jelev Natalia, **Evaluarea și modificarea rezistenței relative a genotipurilor de grâu (*Triticum aestivum* L.) la temperaturi extreme**, teză de doctor în științe biologice, Chișinău, 2023. Teza este constituită din compartimentul introductiv, patru capitole, concluzii generale, recomandări, bibliografie cu 354 de titluri, 6 anexe; 120 de pagini cu text de bază, 39 de figuri, 10 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 20 de lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: grâu hexaploid, germinarea semințelor, nod de înfrățire, stres termic, șoc hipotermic, șoc hipertermic, rezistență, biostimulatorul *Reglalg*.

Scopul lucrării: elaborarea metodelor de evaluare rapidă și modificare a rezistenței genotipurilor de grâu comun de toamnă la stres termic în etapele de ontogeneză ale plantelor, determinând sporirea productivității și calității recoltei sub influența BS *Reglalg*

Obiectivele cercetării: 1) elaborarea metodei de pregătire pentru germinarea uniformă a semințelor de grâu comun de toamnă în vederea aprecierii în mod rapid a rezistenței genotipurilor; 2) analiza unor indici morfologici și fiziologici asociați cu rezistența constitutivă și inductivă a liniilor și soiurilor de grâu comun de toamnă la temperaturi înalte și scăzute; 3) estimarea rapidă a rezistenței genotipurilor de grâu comun de toamnă în baza metodelor elaborate pentru relevarea toleranței lor la temperaturi extreme; 4) determinarea influenței tratării semințelor înainte de semănat cu BS *Reglalg* asupra rezistenței genotipurilor de grâu la acțiunea șocului termic în etapa inițială a germinării lor și la fazele de călire a plantelor; 5) evaluarea particularităților ce caracterizează capacitatea fotosintetică a plantelor, productivitatea și calitatea boabelor de grâu comun de toamnă sub influența BS *Reglalg*

Noutatea și originalitatea științifică: pentru prima dată au fost efectuate cercetări fiziologice ce au permis elaborarea unor metode rapide/expres de evaluare și modificare a rezistenței genotipurilor de grâu comun de toamnă la temperaturi extreme pozitive și negative la etapele de germinare a semințelor și creștere a plantelor. De asemenea, pentru prima dată a fost stabilit că tratarea semințelor cu soluții de BS *Reglalg* asigură inducerea mecanismelor de toleranță a plantelor la temperaturi ridicate și joase prin modularea regenerării structurilor celulare deteriorate, a particularităților morfologice și fiziologice de toleranță. De importanță deosebită este diminuarea lungimii epicotilului la plantele obținute din semințe tratate cu BS *Reglalg*, urmare a căreia nodul de înfrățire se formează în straturi mai profunde ale solului, asigurând diminuarea expunerii acestuia la ger și arșiță. Suplimentar, stimularea dezvoltării sistemului radicular asigură eficientizarea utilizării substanțelor minerale și a apei din sol pentru creșterea și dezvoltarea plantelor. În general, tratarea semințelor înainte de semănat cu soluție de BS *Reglalg* duce la extinderea spectrului de condiții în care la plante se menține homeostaza, se optimizează procesele de creștere și dezvoltare și în final sporește productivitatea lor.

Rezultatul obținut contribuie la soluționarea unei probleme științifice importante, dat fiind că au fost elaborate procedee de aplicare de scurtă durată în condiții de laborator a temperaturilor extreme negative și pozitive, în faza inițială de germinare a semințelor și în fazele de călire a plantelor, ceea ce dă posibilitatea de a diviza genotipurile în conformitate cu rezistența lor la ger și arșiță. Tratarea semințelor înainte de semănat cu soluție de BS *Reglalg* a contribuit la optimizarea parametrilor de sporire a rezistenței plantelor grâului de toamnă la factorii de stres termic, ceea ce în final a asigurat sporirea productivității acestora.

Semnificația teoretică: cercetările realizate în condiții de laborator cu expunerea de scurtă durată a materialului biologic la șoc termic dau posibilitatea de a concluziona că metodele de determinare rapidă a rezistenței constitutive și inductive pot fi utilizate în vederea optimizării metodelor de selecție a soiurilor de grâu rezistente la ger și arșiță și de amplasare a soiurilor în condițiile specifice de mediu. Utilizarea BS *Reglalg* pentru tratarea semințelor înainte de semănat reprezintă o metodă alternativă de diminuare a dozei de acțiune a factorilor de stres, de sporire a viabilității și productivității plantelor.

Valoarea aplicativă: cercetările în condiții de laborator au demonstrat că pentru determinarea rezistenței genotipurilor de grâu la acțiunea gerului sau a arșiței este suficient de a expune semințele sau plantele, în fazele de călire, la durate și temperaturi specifice șocului hipertermic și hipotermic, iar tratarea semințelor înainte de semănat cu soluție de BS *Reglalg* asigură sporirea productivității plantelor de grâu.

Implementarea rezultatelor științifice: metodele expres de determinare a rezistenței constitutive la ger și arșiță a genotipurilor de grâu în baza aplicării dozelor specifice de șoc termic sunt utilizate în laboratorul de Biochimia Plantelor din cadrul IGFP pentru optimizarea selectării soiurilor de grâu și a procedurilor de utilizare a biostimulatorilor în agricultură. BS *Reglalg* este utilizat pentru tratarea semințelor grâului de toamnă înainte de semănat pe câmpul experimental al IGFP și în diferite gospodării agricole din Republica Moldova (anexe) în scopul dezvoltării unor plante viguroase, rezistente la factorii de stres termic și cu productivitate sporită.

ANNOTATION

Jelev Natalia, **Assessment and modification of the relative resistance of wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) at extreme temperatures**, doctoral thesis in biological sciences, Chisinau, 2023. The thesis consists of the introductory section, four chapters, general conclusions, recommendations, bibliography with 354 titles, 6 annexes; 120 basic text pages, 39 figures, 10 tables. The results obtained are published in 20 scientific papers.

Keywords: winter wheat, seed germination, tillering node, extreme positive and negative temperatures, resistance, biostimulator (BS) *Reglalg*

The aim of the study: development of express methods for assessing and modifying the resistance of winter wheat genotypes to thermal stress at the stages of plant ontogenesis, which determine the increase in productivity and crop quality under the influence of BS *Reglalg*

The objectives of the study: 1) elaboration of a method for the preparation of uniform germination of winter wheat seeds in order to quickly assess the resistance of the genotypes; 2) the analysis of the morpho-physiological indices associated with the constitutive and inductive resistance of the lines and varieties of winter wheat to high and low temperatures; 3) rapid assessment of the constitutive resistance of winter wheat genotypes based on the developed methods for identifying their tolerance to extreme temperatures; 4) determination of the effect of the pre-sowing treatment of seeds with BS *Reglalg* solution on the resistance of winter wheat genotypes to the action of thermal shock in the initial period of their germination and in hardening phases of the plants; 5) evaluation of the peculiarities that characterize the photosynthetic capacity of plants, the productivity and the quality of winter wheat grains under the influence of BS *Reglalg*.

Scientific novelty and originality: for the first time, physiological research was carried out, which allowed the development of rapid/express methods for assessing and modifying the resistance of common wheat genotypes to extreme temperatures (positive or negative) at seed germination and the growth of the seedlings stages. Also, for the first time it has been established that the treatment of seeds with BS *Reglalg* solutions ensures the induction of plant tolerance mechanisms to high and low temperatures by modulating the regeneration of damaged cellular structures, morphological and physiological peculiarities of tolerance. Of particular importance is the reduction of the epicotyl length of plants, obtained from seeds treated with BS *Reglalg*, as a result of which, the tillering node is formed in deeper soil layers, thereby reducing the negative impact of frost and heat on it. Moreover, in this case, the development stimulation of the root system ensures a more efficient use of mineral substances and soil water for plant growth and development. In general, the pre-sowing treatment of seeds with BS *Reglalg* solution leads to the expansion of the spectrum of conditions in which plants maintain homeostasis, optimize the processes of growth and development and, finally, increase their productivity.

The result obtained contributes to the solution of an important scientific problem and consists in the development, under laboratory conditions, of express methods for applying extreme negative and positive temperatures in the initial phase or hardening phases of plant ontogenesis, which make it possible to classify genotypes according to their relative resistance to frost and heat. Seed treatment with BS *Reglalg* solution before sowing contributed to the parameters optimization of winter wheat plants, which made it possible to increase their resistance to stress factors and, as a result, their productivity.

Theoretical significance: research carried out in laboratory conditions with short-term exposure on biological material by thermal shock gives the possibility to conclude that the methods of rapid determination of constitutive and inductive resistance can be used in order to optimize the methods of selection of wheat varieties, which resistant to frost and heat. The pre-sowing treatment of seeds with BS *Reglalg* solution is an alternative method of reducing the dose of negative action of stress factors, increasing the viability and productivity of plants.

Applicability: studies in laboratory conditions have shown that to evaluate the relative resistance of wheat genotypes to the effects of frost or heat, it is sufficient to expose seeds or plants, in the hardening phases, by the hyper- and hypothermic shock of a certain duration and with a specific temperature value, and the use of pre-sowing treatment of seeds with a solution of BS *Reglalg* increases the productivity of wheat plants.

Implementation of scientific results: express methods for determining the constitutive resistance to frost and heat of wheat genotypes, based on the application of specific thermal shock doses, are used in the plant biochemistry laboratory of the IGFPP to optimize the breeding of wheat varieties and for methods of using biostimulators in agriculture. BS *Reglalg* is used for the pre-sowing treatment of seeds on the experimental field of the IGFPP and in various farms in the Republic of Moldova in order to obtain vigorous plants, resistant to thermal stress factors and to increase their productivity.

АННОТАЦИЯ

Желев Наталья, **Оценка и модификация относительной устойчивости генотипов пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к экстремальным температурам**, диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук, Кишинев, 2023. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, рекомендаций, библиографии из 354 названий, 6 приложений; 120 страницы основного текста, 39 рисунков, 10 таблиц. Полученные результаты опубликованы в 20 научных статьях.

Ключевые слова: озимая пшеница, прорастание семян, узел кущения, шок положительных и отрицательных температур, устойчивость, биостимулятор (БС) *Реглалг*.

Цели исследования: разработка экспресс-методов оценки и модификации устойчивости к термическому стрессу генотипов озимой пшеницы на стадиях онтогенеза растений, определяющих повышение продуктивности и качества урожая под влиянием БС *Реглалг*.

Задачи исследований: 1) разработка методики подготовки к равномерному прорастанию семян озимой пшеницы с целью быстрой оценки устойчивости генотипов; 2) анализ морфо-физиологических показателей, связанных с конститутивной и индуктивной устойчивостью линий и сортов озимой пшеницы к высоким и низким температурам; 3) экспресс-оценка конститутивной устойчивости генотипов озимой пшеницы на основе разработанных методов по выявлению их толерантности к экстремальным температурам; 4) определение влияния предпосевной обработки семян раствором БС *Реглалг* на устойчивость генотипов пшеницы к действию термического шока на начальном этапе их прорастания и на фазах закаливания растений; 5) оценка особенностей, характеризующих фотосинтетическую способность растений, продуктивность и качество семян озимой пшеницы под влиянием БС *Реглалг*.

Научная новизна и оригинальность: Впервые были проведены исследования в области физиологии растений, которые позволили разработать экспресс-методы оценки и модификации устойчивости генотипов озимой пшеницы к экстремальным температурам (положительным и отрицательным) на первых этапах прорастания и роста растений. Также впервые установлено, что обработка семян раствором БС *Реглалг* обеспечивает индукцию механизмов толерантности растений к высоким и низким температурам посредством модулирования регенерации поврежденных клеточных структур, морфологических и физиологических особенностей устойчивости. Особое значение имеет уменьшение длины эпикотиля у растений, полученных из семян, обработанных раствором БС *Реглалг*, в результате чего узел кущения формируется в более глубоких слоях почвы, что в свою очередь уменьшает негативное влияние мороза и жары на него. Кроме того, стимуляция развития корневой системы обеспечивает эффективное использование минеральных веществ и воды из почвы для роста и развития растений. В целом, обработка семян перед посевом раствором БС *Реглалг* приводит к расширению спектра условий, при которых растения сохраняют гомеостаз, оптимизируются процессы роста и развития и, в конечном итоге, повышается их продуктивность.

Полученный результат способствует решению важной научной проблемы и состоит в разработке, в лабораторных условиях, экспресс-методов применения экстремальных отрицательных и положительных температур в начальной фазе или фазах закаливания онтогенеза растений, позволяющие классифицировать генотипы по их относительной устойчивости к морозу и жаре. Обработка семян перед посевом раствором БС *Реглалг* способствовала оптимизации показателей растений озимой пшеницы, которые позволили повысить устойчивость к стрессовым факторам и урожайность.

Теоретическая значимость: исследования, проведенные в лабораторных условиях с применением кратковременных воздействий термическим шоком на биологический материал, позволяют сделать вывод о возможности использования ускоренных методов определения конститутивной и индуктивной устойчивости с целью оптимизации методов селекции сортов пшеницы устойчивых к морозам и жаре. Применение раствора БС *Реглалг* для обработки семян перед посевом является альтернативным методом снижения дозы негативного действия стрессоров, повышения жизнеспособности и продуктивности растений.

Практическая значимость работы: исследования в лабораторных условиях показали, что для оценки относительной устойчивости генотипов пшеницы к действию мороза или жары достаточно подвергнуть семена или растения, в фазах закаливания, действию гипер- и гипотермического шока определенной продолжительности и со специфическим значением температуры, а применение предпосевной обработки семян раствором БС *Реглалг* обеспечивает повышение продуктивности растений пшеницы.

Внедрение научных результатов: экспресс-методы определения конститутивной устойчивости генотипов пшеницы к морозу и жаре, основанные на применении специфических доз термического шока, используются в лаборатории биохимии растений ИГФЗР для оптимизации селекции сортов пшеницы и методик применения биостимуляторов в сельском хозяйстве. БС *Реглалг* применяется для обработки семян озимой пшеницы перед посевом на опытном поле ИГФЗР и в различных хозяйствах Республики Молдова с целью получения жизнеспособных растений, устойчивых к факторам термического стресса и для повышения их урожайности.

LISTA TABELELOR

Tabelul 2.1.	Lista soiurilor și liniilor implicate în cercetări.	45
Tabelul 4.1.	Lungimea epicotilului la plantele soiurilor de grâu, obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluții de BS <i>Reglalg</i>	98
Tabelul 4.2.	Numărul de lăstari productivi la plantele soiurilor de grâu, obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluții de BS <i>Reglalg</i>	100
Tabelul 4.3.	Influența șocului hipotermic asupra procentului de viabilitate a plantelor soiurilor de grâu, obținute din semințe tratate cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> diluat cu apă în raport de 1/200.....	102
Tabelul 4.4.	Conținutul de clorofila “a”, “b” și de carotinoide în frunza stindard la plantele soiurilor de grâu, obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> și cultivate în anul 2016 pe câmpul experimental al IGFPP.....	111
Tabela 4.5.	Valorile indicelui clorofilei la frunza stindard a plantelor soiurilor de grâu, obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> și cultivate pe câmpul experimental al IGFPP	112
Tabelul 4.6.	Influența tratării semințelor de grâu cu apă sau cu soluții de BS <i>Reglalg</i> asupra indicilor de productivitate a plantelor soiului de grâu Moldova 5, cultivate pe câmpul experimental al IGFPP în anul 2015	114
Tabelul 4.7.	Indicii de productivitate a plantelor soiurilor de grâu, obținute din semințele tratate cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> diluat cu apă în raport de 1/200 și cultivate pe câmpul experimental al IGFPP	116
Tabelul 4.8.	Indicii de calitate a făinii din boabele soiurilor de grâu, colectate de la plantele obținute din semințele tratate înainte de semănat cu apă sau tratate cu soluție de BS <i>Reglalg</i> diluat cu apă în raport diferit	117
Tabelul 4.9.	Recolta plantelor diferitor soiuri de grâu, obținute din semințe tratate cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> (1/200) și cultivate pe câmpurile de producere ale diferitor gospodării agricole din raioanele Republicii Moldova	118

LISTA FIGURILOR

Figura 3.1.	Dinamica absorbției apei de către semințele soiului de grâu Odesskaia 267 în dependență de durata de imersare în apă la temperatura de +4°C	57
Figura 3.2.	Influența duratei de imersare în apă la temperatura de +4°C asupra capacității germinative a semințelor soiului de grâu Odesskaia 267.....	58
Figura 3.3.	Modificarea capacității germinative a semințelor soiului de grâu Odesskaia 267 în dependență de durata de imersare în apă și de expunere la șocul hipertermic	59
Figura 3.4.	Rizogeneza plantulelor soiului de grâu Odesskaia 267, provenite din semințe imersate în apă (12, 36, 72 de ore) și expuse la șocul hipertermic timp de 30 de minute.....	60
Figura 3.5.	Dinamica apariției rădăcinilor la plantulele soiului de grâu Odesskaia 267 crescute din semințele imersate în apă (12, 36, 72 de ore) și expuse șocului hipertermic.....	63
Figura 3.6.	Dinamica modificării capacității germinative a semințelor diferitor genotipuri de grâu în urma imersării în apă timp de 36 de ore și expunerii la diferite durate ale șocului hipertermic de +50°C	65
Figura 3.7.	Dinamica modificării procentului de plantule a genotipuri de grâu la care a fost inhibată creșterea radiclei din semințele îmbibate cu apă și expuse la diferite durate ale șocului hipertermic de +50°C	66
Figura 3.8.	Capacitatea germinativă a semințelor genotipurilor de grâu îmbibate cu apă și expuse șocului hipertermic de +50 și +51°C pe parcursul a 30 de minute.....	67
Figura 3.9.	Capacitatea germinativă a semințelor genotipurilor de grâu îmbibate cu apă și expuse la șocul hipertermic de +50, +51 și +52°C pe parcursul a 30 de minute.....	68
Figura 3.10.	Distribuția genotipurilor de grâu comun, reproduse în anul 2016 pe câmpul experimental al IGFPP, după rezistența lor constitutivă la temperaturi înalte în baza reacției de germinare a semințelor la șocul hipertermic.....	69

Figura 3.11.	Dendrograma privind repartitia genotipurilor de grâu în baza reacției de germinare a semințelor la șocul hipertermic de +50°C pe parcursul a 30 de minute.....	70
Figura 3.12.	Distribuția genotipurilor de grâu, reproduse în anul 2016 în regiunea Harkov (Ucraina), după rezistența lor constitutivă la temperaturi înalte în baza reacției de germinare a semințelor la șocul hipertermic 0°C pe parcursul a 30 de minute.....	71
Figura 3.13.	Modificarea ratei de biomasă a endospermului din semințele soiului de grâu Moldova 5 în urma aplicării șocului hipertermic	72
Figura 3.14.	Modificarea eficacității metabolice a semințelor soiului de grâu Moldova 5 în urma expunerii lor la șocul hipertermic (timpul de expoziție 30 de minute).....	74
Figura 3.15.	Rata de biomasă a endospermului din semințele soiurilor de grâu expuse la șocul hipertermic pe parcursul a 30 de minute.....	75
Figura 3.16.	Eficacitatea metabolică a semințelor soiurilor de grâu expuse la șocul hipertermic de +52°C pe parcursul a 30 de minute.....	77
Figura 3.17.	Capacitatea germinativă a semințelor soiului de grâu Moldova 5 expuse la șocul hipertermic de intensitate și durată diferită	78
Figura 3.18.	Distribuția genotipurilor de grâu, reproduse în anul 2016 pe câmpul experimental al IGFPP, după rezistența lor constitutivă la temperaturi joase în baza reacției de germinare a semințelor la șocul hipotermic de -7°C pe parcursul a 8 ore.....	79
Figura 3.19.	Dendrograma privind repartitia genotipurilor de grâu în baza reacției de germinare a semințelor la șocul hipotermic de -7°C pe parcursul a 8 ore ..	79
Figura 3.20.	Rizogeneza plantulelor diferitor genotipuri de grâu, obținute din semințele care au germinat în condiții optime (martor) și din cele expuse înainte de germinare șocului hipotermic de -7°C timp de 8 ore.....	80
Figura 3.21.	Variația unor parametri morfologici ai plantulelor soiurilor de grâu, rezultate din semințele care au germinat în condiții optime și din semințele expuse înainte de germinație șocului hipotermic de -7°C timp de 8 ore.....	81

Figura 3.22.	Distribuția genotipurilor de grâu, reproduse în anul 2016 în regiunea Harkov (Ucraina), după rezistența lor constitutivă la temperaturi joase în baza reacției de germinare a semințelor la șocul hipotermic.....	82
Figura 3.23.	Modificarea ratei de biomasă a endospermului semințelor soiului de grâu Moldova 5 în urma aplicării șocului hipotermic timp de 8 ore.....	84
Figura 3.24.	Eficacitatea metabolică a semințelor soiului de grâu Moldova 5, după expunerea la șocul hipotermic timp de 8 ore.....	85
Figura 3.25.	Rata de biomasă a endospermului din semințele soiurilor de grâu expuse la șocul hipotermic timp de 8 ore	86
Figura 3.26.	Eficacitatea metabolică a semințelor soiurilor de grâu expuse la șocul hipotermic de -7°C pe parcursul a 8 ore.....	87
Figura 3.27.	Modificarea fenotipului plantulelor de grâu (soiul Moldova 5) sub influența BS <i>Reglalg</i> la etapa inițială de creștere și de dezvoltare...	90
Figura 3.28.	Modificarea biomasei uscate a sistemului radicular embrionar și a lăstarului plantulelor de grâu Moldova 5, obținute din semințe umectate cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> diluat cu apă în raport diferit	90
Figura 3.29.	Viteza de creștere zilnică a radiclei plantulelor soiului de grâu Moldova 5, obținute din semințe tratate cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> și expuse la șocul hipertermic pe parcursul a 30 de minute.....	91
Figura 3.30.	Viteza de creștere zilnică a coleoptilului plantulelor soiului de grâu Moldova 5, obținute din semințele tratate cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> și expuse la șocul hipertermic pe parcursul a 30 de minute.....	92
Figura 3.31.	Modificarea capacității germinative a semințelor de grâu a diferitor linii și soiuri tratate cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> diluat cu apă în raport de 1/200 și expuse șocului hipertermic de +50°C timp de 30 de minute.....	93
Figura 3.32.	Modificarea capacității germinative a semințelor liniilor și soiurilor de grâu tratate cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> diluat cu apă în raport de 1/200 și expuse la șocul hipotermic de -7°C timp de 8 ore.....	95
Figura 4.1.	Modificarea lungimii epicotilului la plantele soiului de grâu Moldova 5 sub influența BS <i>Reglalg</i> în ziua a 60-a de la semănatul în câmp.....	101
Figura 4.2.	Influența BS <i>Reglalg</i> asupra lungimii epicotilului la plantele diferitor soiuri de grâu în ziua a 60-a de la semănatul în câmp	102

Figura 4.3.	Efectul șocului hipotermic asupra rizogenezei plantelor diferitor soiuri de grâu, obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> (1/200)	105
Figura 4.4.	Influența tratării semințelor cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> (1/200) asupra conținutului de pigmenți asimilatori din frunzele plantelor de grâu expuse la șocul hipotermic timp de 15 minute	106
Figura 4.5.	Procentul de viabilitate a plantelor soiurilor de grâu, obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> , după expunerea la șocul hipertermic cu diferite temperaturi timp de 15 minute	107
Figura 4.6.	Efectul șocului hipertermic asupra rizogenezei plantelor de grâu de diferite soiuri, obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> diluat cu apă în raport de 1/200	108
Figura 4.7.	Influența tratării semințelor cu apă sau cu soluție de BS <i>Reglalg</i> (1/200) asupra conținutului de pigmenți asimilatori din frunzele plantelor de grâu, după expunerea la șocul hipertermic de +45°C pe parcursul a 15 minute ..	109

LISTA ABREVIERILOR

BS – biostimulator

RNC – regulatori naturali de creștere

SBA – substanțe biologice active

ȘT – șoc termic

IGFPP – Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor

ИГФЗР – Институт Генетики, Физиологии и Защиты Растений

MUS – masa uscată a semințelor

MUR – masa uscată a rădăcinilor

MUL – masa uscată a lăstarului

MUE – masa uscată a endospermului după germinarea seminței și creșterea plantulei

MCR – masa uscată a endospermului consumată pentru respirație

MER – biomasa endospermului translocată pentru creșterea rădăcinilor

MEL – biomasa endospermului translocată pentru creșterea lăstarului

MEP – biomasa endospermului translocată pentru creșterea plantulei

MEN – biomasa endospermului neutilizată

MEE – biomasa endospermului consumată pentru respirație

EMS – eficacitatea metabolică a semințelor

VCZ – viteza de creștere zilnică

INTRODUCERE

Actualitatea temei și importanța problemei. Grâul (*Triticum aestivum* L.) este una dintre cele mai importante culturi din lume. Cultivată pe o suprafață de peste 220 milioane de hectare, cu o producție anuală de circa 800 milioane de tone metrice, este a doua cea mai mare cultură în ceea ce privește volumul aportului alimentar [97]. În mod tradițional semințele de grâu sunt cultivate pentru consumul uman (pâine, paste făinoase) și pentru furaje, dar poate fi utilizat și în alte scopuri, inclusiv ca materie primă pentru biocombustibili industriali [97, 154].

În mediul cu condiții climatice în schimbare, producția agricolă globală (inclusiv semințele de grâu comun de toamnă) suferă o scădere considerabilă din cauza impactului negativ al unor factori abiotici și biotici. Factorii abiotici, cum ar fi seceta, salinitatea și stresul termic ar putea reduce producția medie pentru majoritatea culturilor cerealiere cu mai mult de 50% [3]. Pe baza tendințelor climatice, caracterizate prin creșterea fluctuațiilor de temperaturi extreme, este așteptată diminuarea potențialului de producție a grâului comun de toamnă [2, 7, 19, 190]. Creșterea temperaturii în sezonul cald se evidențiază în succesiunea unor perioade îndelungate de secetă, însoțită de arșiță, vânturi fierbinți și umiditatea scăzută a aerului [25, 69]. Situații de stres apar și ca urmare a scăderii semnificative a grosimii stratului de zăpadă, creșterii frecvenței altor fenomene ce provoacă starea de stres în sezonul rece (bruma, poleiul, chiciura). Drastică este și trecerea bruscă de la temperaturile pozitive la cele negative care provoacă înghețurile târzii de primăvară [287]. Aceste fenomene sunt agravate de încălzirea globală, care, după cum dovedesc cercetările recente în domeniul schimbării climatice, pot influența semnificativ germinarea semințelor, creșterea și dezvoltarea plantelor în perioada de vegetație. Vulnerabilitatea plantelor la evenimentele meteorologice extreme depinde de intensitatea factorului de perturbare, faza de vegetație și de durata de acțiune ale acestor factori [291, 353]. De regulă, datorită proprietății organismului vegetal de a menține homeostazia funcțiilor, acțiunea de scurtă durată a factorilor nefavorabili nu provoacă perturbări semnificative asupra proceselor vitale. Pe când cele de lungă durată, în particular a temperaturilor extreme, provoacă dereglarea mai multor procese vitale, deseori chiar moartea plantelor. Dereglarea proceselor fiziologice în aceste condiții poate atinge pragul critic, după care funcțiile vitale nu se mai restabilesc [291, 353].

Rezistența și adaptarea plantelor în condiții nefavorabile sunt asigurate de existența unor sisteme complexe de reglare a stării funcționale care activează la diferite niveluri de organizare. La nivel de organism, efectul stresului cauzat de temperaturile extreme este recepționat de celulele din meristem și are ca urmare frânarea sau chiar stoparea creșterii plantelor [243]. Pe parcursul dezvoltării plantei modul de reacționare la temperaturile extreme este diferit. Ca urmare,

productivitatea plantelor depinde atât de doza factorului de stres, cât și de rezistența specifică a genotipului și de faza de dezvoltare [209, 243, 261]. Reacția plantelor la influența temperaturilor extreme este dependentă și de etapa ontogenezei [260]. Impactul negativ al dozei factorului de stres termic fiind mai pronunțat în cazul în care expunerea la temperaturile extreme are loc în perioadele critice de dezvoltare a plantelor [260, 310]. Astfel, majoritatea plantelor de cultură, inclusiv grâul comun de toamnă, sunt afectate semnificativ de temperaturile înalte sau joase în stadiul de germinare a semințelor, de înfrățire, înflorire a plantelor și în cel de formare a boabelor [135, 136]. În acest context, din cauza fluctuațiilor largi ale temperaturilor diminuează randamentul grâului comun de toamnă, care deține un rol dominant în asigurarea securității alimentare pe scară mondială [125, 196]. Germinarea semințelor și înfrățirea plantelor sunt cele mai critice și mai sensibile faze de dezvoltare la schimbările condițiilor de mediu. Stresul provocat de temperaturile înalte și joase poate reduce sau întârzia germinarea semințelor și înfrățirea plantelor și poate compromite declanșarea acestora. De asemenea, în condiții de stres termic, diferite particularități ale plantelor (volumul și lungimile rădăcinilor, înălțimea lăstarilor și a coleoptilului, greutatea uscată și proaspătă, conținutul de pigmenți clorofilieni și productivitatea) sunt semnificativ afectate [117, 135, 260].

Cu aplicarea diferitor metode fiziologice, biochimice și genetice a fost demonstrat că reacția organismelor la diferiți factori de stres are proprietăți comune, fiind caracterizate prin etape generale de desfășurare a stării de stres [352]. La plante desfășurarea acestor etape se manifestă specific. În prima etapă, apar abateri grave în procesele fiziologice și biochimice, fiind detectate atât simptome de deteriorare, cât și reacții de protecție care vizează eliminarea daunelor. Dacă doza (durata și intensitatea) factorului de stres este prea mare, planta poate repauza chiar în această fază de declanșare a reacției agravante. După expunerea la doze compatibile cu viabilitatea, se începe a doua fază, în care planta fie că se adaptează la noile condiții, fie că efectele dăunătoare ale factorului de stres se extind. La majorarea lentă a condițiilor nefavorabile, adaptarea plantelor este mai efektivă. În a treia fază, etapa de deteriorare, reacțiile fundamentale de susținere a vieții plantei sunt suprimate, iar dacă nivelul stării de stres depășește un anumit prag, planta expiază. La normalizarea condițiilor externe, procesele de recuperare pot asigura repararea deteriorărilor [353, 354]. Cu toate că reacția diferitor specii de plante la factorii de stres are caracteristici comune, răspunsul diferitor specii, chiar a genotipurilor în interiorul speciei, poate fi diferit, manifestând reacții ce se deosebesc cantitativ și calitativ. În final, acestea determină rezistența diferită la acțiunea factorului de stres, în dependență atât de genotip, cât și de etapa de dezvoltare a plantei [353, 354].

În mod general, rezistența plantelor la acțiunea factorilor de stres termic este determinată de două grupe de mecanisme: (I) mecanismele de evitare/diminuare a acțiunii dozei factorului de stres; (II) mecanismele de rezistență funcțională inițială și cea de adaptare la acțiunea factorului de stres [61, 343]. Datorită mecanismelor de evitare, doza de acțiune (influență) devine mai mică în comparație cu cea de expunere, iar sporul de rezistență a fost denumit *rezistență prin evitare* (*stress avoidance*) [61]. Mecanismele de toleranță (rezistență funcțională) se datorează recuperării leziunilor datorită reparării, regenerării celulelor, țesuturilor și uneori chiar a organelor [61, 283, 344]. Succesul cultivării anumitor plante de cultură în condiții nefavorabile depinde de prezența unei combinații optime a mecanismelor de rezistență [259, 286]. Plantele rezistente la stres sunt în stare să diminueze efectele negative ale stresului atât prin mecanisme de evitare, cât și prin cele de toleranță. De menționat că procesele de adaptare a plantelor la condițiile de mediu se realizează prin implicarea ambelor grupe de mecanisme [353]. Aceasta se manifestă atât prin modificările anatomice și morfologice ale plantelor în dependență de condițiile de mediu, cât și prin sporirea sau diminuarea toleranței lor față de acestea [135].

Influența ambelor grupe de mecanisme asupra rezistenței la factorii de stres termic la plantele de grâu comun de toamnă necesită elucidare. Rezistența acestora față de ger se schimbă substanțial în dependență de faza de dezvoltare și de vigoarea sistemului radicular [340]. În procesul de ameliorare la plante s-au instalat adaptări specifice și de lungă durată la factorii de mediu. Totodată, la acestea s-a păstrat capacitatea de aclimare la fluctuațiile zilnice ale condițiilor de mediu, implicând sporirea temporară a rezistenței plantelor la influența temperaturilor extreme. Expunerea temporară a plantelor la temperaturi înalte provoacă schimbări funcționale, inclusiv inducerea biosintezei proteinelor șocului termic, ceea ce asigură sporirea rezistenței la secetă și arșiță [117, 213]. Deoarece acest tip de termorezistență se menține doar pe parcursul unei perioade limitate, el se include integral în termenul de *aclimare* [93, 281]. Din cele menționate rezultă că termorezistența complexă a plantelor este de natură bicomponentă: componenta constitutivă specifică genotipului și componenta indusă [60, 84, 284,]. Rezistența plantelor expuse la etapele inițiale ale ontogenezei pentru prima dată la acțiunea factorului nefavorabil – secetă, temperatură înaltă sau joasă, este definită ca rezistență constitutivă sau primară [60, 145, 284, 344]. Metodologic **rezistența primară** a genotipului este determinată în baza răspunsului plantelor la acțiunea factorilor de stres înainte de inițierea proceselor de adaptare, influențate de factorii de mediu și de faza de dezvoltare a plantei [60, 145, 341]. Astfel rezistența primară nu implică procesele de aclimare, care au loc pe parcursul ontogenezei și se realizează numai atunci când plantele sunt sub influența unui factor extrem. Prin urmare, pentru a determina rezistența este necesar să se creeze un anumit efect asupra plantelor luate în studiu - stresului la care ele se

manifestă sau nu rezistență. În dependență de faza ontogenezei și condițiile de mediu, la termorezistența constitutivă se adaugă cea adaptivă, denumită *termorezistența indusă*, care include și fenomenele de aclimare [340]. Având ca bază teoretică informații despre componentele rezistenței, a fost elaborată și experimental confirmată concepția despre existența unor legități specifice privind reacția plantelor la diferite doze ale factorilor de stres, ceea ce a permis divizarea dozelor în zone cu legități diferite de desfășurare a reacției plantelor în fiecare zonă [64]. La diferite genotipuri, în cadrul acestor zone manifestarea rezistenței primare, a capacității de adaptare și a nivelului de deteriorare a plantelor la acțiunea factorilor de stres se manifestă specific [64]. Procesele de adaptare sunt aditive față de rezistența primară. Sporirea temporală a rezistenței indusă de factorul de stres este limitată. De regulă, ea este egală cu 25% și foarte rar depășește cu 50% rezistența constitutivă [14]. În așa fel, rezistența complexă la factorul de stres este determinată de rezistența constitutivă, adaptări de lungă durată și temporare.

Pentru diferite sisteme tehnice au fost elaborate metode de determinare în mod accelerat a rezistenței lor primare la factorii de stres prin expunerea lor de scurtă durată la doze cu intensitate a factorului de stres (valoarea temperaturii, nivelul de radiație, intensitatea vântului etc.), care depășesc cele obișnuite [348]. Datorită faptului că cu cât rezistența sistemului la doza de testare accelerată este mai mare, cu atât mai mare este și rezistența față de doze cu intensitate mai mică, dar cu durată de expunere mai îndelungată. Corectitudinea acestui principiu de determinare accelerată a rezistenței (fiabilității) a fost validat pentru sistemele tehnice [348]. Această metodă a fost adaptată și pentru determinarea în mod accelerat a rezistenței sistemelor biologice față de diferiți factori de stres. În baza acestor elaborări teoretice și cercetări experimentale noi am elaborat metode accelerate de stabilire a rezistenței genotipurilor de grâu la influența temperaturilor extreme, pozitive sau negative [60, 67, 145, 341]. Aceste metode s-au dovedit a fi efective nu doar pentru determinarea rezistenței primare a genotipurilor de grâu la factorii de stres termic, dar și a aportului fenomenelor de adaptare la condițiile sezoniere de mediu asupra parametrilor de rezistență a diferitor genotipuri de grâu [340]. Metodele expres pot fi utilizate pentru alegerea și cultivarea în condiții specifice a genotipurilor de grâu ce corespund cel mai bine acestora. În activitățile practice, aceasta asigură diminuarea pierderilor cauzate de alegerea neadecvată a soiurilor pentru cultivarea în condiții specifice, precum și perfecționarea proceselor de ameliorare pentru selectarea genotipurilor bine adaptate și productive.

Posibilități suplimentare pot fi realizate prin extinderea potențialului adaptiv și productiv a plantelor cu ajutorul reglatorilor de creștere, sintetici și naturali. Activitatea biologică a acestora se manifestă în concentrații mici, care sunt comparabile cu cele de acțiune a fitohormonilor [6, 74, 164, 182,]. În prezent, o atenție deosebită se acordă reglatorilor naturali de creștere (RNC),

deoarece aceștia nu sunt toxici, se metabolizează de către plante, datorită cărui fapt corespund cerințelor agriculturii ecologice. Un grup separat de reglatori de creștere reprezintă biostimulatorii (BS) [83]. Aceștia se extrag din diferite surse biologice, sunt naturali, se caracterizează prin compoziție complexă de substanțe și compuși care integral influențează benefic viabilitatea, capacitatea de adaptare a plantelor la factorii de stres abiotic, cantitatea și calitatea recoltei [112]. BS contribuie la creșterea și dezvoltarea plantelor de-a lungul întregului ciclu de viață, de la germinarea semințelor până la maturizarea plantelor. Acțiunea lor provoacă creșterea eficienței metabolismului, promovează asimilarea, translocarea și utilizarea substanțelor nutritive ce asigură creșterea randamentului și a calității produselor agricole. În cercetările noastre am studiat influența BS *Reglalg* [59] asupra rezistenței plantelor genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor extreme negative și pozitive, precum și asupra productivității lor.

Scopul lucrării realizate rezidă în elaborarea metodelor de evaluare rapidă și modificare a rezistenței la stres termic a genotipurilor de grâu comun de toamnă în etapele de ontogeneză ale plantelor, determinând sporirea productivității și calității recoltei sub influența BS *Reglalg*

Obiectivele cercetării au constat în:

- Elaborarea metodei de pregătire pentru germinarea uniformă a semințelor de grâu comun de toamnă în vederea aprecierii în mod accelerat a rezistenței primare a genotipurilor;
- Analiza indicilor morfologici și fiziologici asociați cu rezistența primară și adaptivă la temperaturi înalte și scăzute a unor linii și soiuri de grâu comun de toamnă;
- Estimarea accelerată a rezistenței genotipurilor de grâu comun de toamnă la șocul termic în baza metodelor elaborate, pentru relevarea toleranței acestora la stresul termic;
- Determinarea influenței tratării semințelor cu BS *Reglalg* asupra rezistenței genotipurilor de grâu la acțiunea șocului termic în etapele incipiente ale germinării semințelor și la fazele de călire a plantelor;
- Evaluarea particularităților ce caracterizează capacitatea fotosintetică a plantelor, productivitatea și calitatea boabelor de grâu comun de toamnă sub influența BS *Reglalg*.

Ipoteza de cercetare

A fost lansată ipoteza potrivit căreia principiile metodologiei de determinare în mod accelerat a rezistenței sistemelor tehnice la factorii de stres fizic (radiație, temperatură etc.) sunt aplicabile și pentru determinarea rezistenței primare și adaptive a genotipurilor de grâu la temperaturi înalte și negative, precum și de optimizare a metodelor de utilizare a BS *Reglalg* pentru a spori rezistența plantelor de grâu la factorii de stres abiotic și productivitatea lor.

Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese. Pentru realizarea scopului și obiectivelor stabilite a fost testată metodologia cunoscută prin determinarea accelerată a rezistenței sistemelor tehnice la factorii de stres, urmărindu-se elaborarea metodelor practice de determinare a rezistenței genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor înalte și negative, precum și optimizarea metodelor de utilizare practică a BS *Reglalg*. Cercetările au fost realizate în condiții de laborator și de câmp. Aceasta a dat posibilitatea de a aprecia răspunsul plantelor la acțiunea șocului hipotermic și hipertermic. Inițial, în cercetări au fost incluse genotipuri de grâu care se deosebeau după rezistența lor la acțiunea temperaturilor extreme, fiind determinate dozele specifice (valoarea temperaturii și durata de expunere) care asigură posibilitatea de a separa corect și rapid genotipurile în corespundere cu rezistența lor la factorii de stres termic. Ulterior, aplicând dozele stabilite de expunere la factorii de stres termic au fost separate genotipurile după rezistența lor constitutivă, precum și după rezistența indusă în urma adaptării la condițiile de câmp pe parcursul toamnei și iernii. Aplicabilitatea metodelor rapide de determinare a rezistenței genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor înalte și negative a fost valabilă și pentru a aprecia influența tratării semințelor de grâu cu BS *Reglalg* asupra sistemelor de rezistență. A fost demonstrat că diferențele dintre rezistența genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor extreme și modificarea acestora cu ajutorul BS *Reglalg* sunt dependente de eficacitatea proceselor de recuperare a deteriorărilor provocate de stresul termic. Influența benefică a BS *Reglalg* asupra stării fiziologice a plantelor cultivate în condiții de câmp se datorează și diminuării lungimii epicotilului plantelor. Datorită acestei influențe benefice nodul de înfrățire și rădăcinile se formează mai profund în sol, fiind mai bine protejate de temperaturile scăzute negative iarna, arșiță și secetă vara. Efectul benefic al BS *Reglalg* se răsfrânge asupra vigoriei plantelor, ceea ce duce la sporirea productivității lor. În dependență de condițiile anului, de mediul de cultivare și soi, recolta plantelor tratate cu BS *Reglalg* sporește cu 200-800 kg/ha. Studiul influenței factorilor de stres asupra genotipurilor de grâu a fost realizat prin aprecierea proceselor de germinare a semințelor, de creștere și dezvoltare a plantelor. Rezultatele obținute au demonstrat că indicii de calitate și cantitate a recoltei, conținutul de pigmenți în frunze, rezistența plantelor și a semințelor se modifică substanțial sub influența BS *Reglalg*. În cercetări au fost utilizate metodele de expunere la acțiunea temperaturilor extreme prin incubarea în ultratermostat sau în camera climatică, prin centrifugare, clorofilometrie, spectrofotometrie etc. În mod general, cercetările au fost realizate utilizând teoria aproximației sistemice, datorită cărui fapt rezultatele obținute cu diferite metode fizico-chimice sunt perfect integrate, valorile medii și variația statistică a datelor dând posibilitatea de a separa diferite genotipuri de grâu în concordanță cu rezistența lor la factorii de stres termic.

Noutatea și originalitatea științifică. Au fost efectuate cercetări fiziologice ce au permis elaborarea unor metode de evaluare rapidă și modificare a rezistenței genotipurilor de grâu comun de toamnă la temperaturi extreme pozitive și negative în etapele timpurii ale ontogenezei plantelor. Pentru prima dată a fost stabilit că tratarea semințelor cu soluție de BS *Reglalg* asigură inducerea mecanismelor de toleranță a plantelor la temperaturi ridicate și joase prin modularea regenerării structurilor celulare deteriorate, a particularităților morfologice și fiziologice de toleranță. De importanță deosebită este diminuarea lungimii epicotilului la plantele obținute din semințe tratate cu soluție de BS *Reglalg*, urmare a căreia nodul de înfrățire se formează în straturi mai profunde ale solului, asigurând diminuarea expunerii acestuia la ger și arșiță. Suplimentar, stimularea dezvoltării sistemului radicular asigură eficientizarea utilizării substanțelor minerale și a apei din sol pentru creșterea și dezvoltarea plantelor. În general, tratarea semințelor înainte de semănat cu soluție de BS *Reglalg* duce la extinderea spectrului de condiții în care la plante se menține homeostaza, se optimizează procesele de creștere și dezvoltare, și în final sporește productivitatea lor.

Semnificația teoretică. Cercetările realizate în condiții de laborator cu expunerea temporară a materialului biologic la dozele specifice de șoc termic dau posibilitatea de a concluziona că metodele de determinare rapidă a rezistenței primare pot fi utilizate în vederea optimizării metodelor de selecție a soiurilor de grâu rezistente la ger și arșiță, și de amplasare a soiurilor în condițiile specifice de mediu. Utilizarea soluției de BS *Reglalg* pentru tratarea semințelor înainte de semănat reprezintă o metodă alternativă de diminuare a dozei de acțiune a factorilor de stres, de sporire a rezistenței și productivității plantelor.

Valoarea aplicativă a lucrării. Cercetările în condiții de laborator au demonstrat că pentru determinarea rezistenței genotipurilor de grâu la acțiunea gerului sau a arșiței este suficient de a expune semințele sau plantele la durate și temperaturi specifice șocului hipotermic și hipertermic, iar tratarea semințelor înainte de semănat cu soluție de BS *Reglalg* asigură sporirea productivității plantelor de grâu.

Aprobarea rezultatelor științifice. Rezultatele investigațiilor la tema tezei de doctorat au fost prezentate, raportate și discutate în cadrul: celui de-al X-lea Congres internațional al geneticienilor și amelioratorilor, din Republica Moldova Chișinău, 28 iunie – 1 iulie 2015; Simpozionului științific internațional „Horticultura modernă – realizări și perspective” (Chișinău, 2015); Conferinței naționale cu participare internațională „Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective”: consacrate aniversării a 70 de ani de la constituirea Instituțiilor de Cercetare Științifică din Moldova și a 55 de ani de la fondarea Academiei de Științe a Moldovei.

Ediția a 2-a. (Bălți, 29 – 30 septembrie 2016); Conferinței științifice naționale cu participare internațională „Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice” (Chișinău, 25 noiembrie 2016); Conferinței științifice internaționale, «Селекційно–генетична наука і освіта» (Умань, 2016); Conferinței. Life sciences in the dialogue of generations: “Connections between universities, academia and business community” (Chisinau, 2016); celui de-al IV-lea simpozion național cu participare internațională „Biotehnologii avansate – realizări și perspective” (Chișinău, 3–4 octombrie 2016); Conferinței științifice internaționale „Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor”, ediția a VI-a (Chișinău, 9 – 10 octombrie 2017); Târgului internațional de invenții și Idei de Afaceri ‘INVENT – INVEST 2017’, ediția a VIII-a; Simpozionului științific internațional „Biotehnologii avansate – realizări și perspective”, ediția a V-a (Chișinău, 2019); celui de-al X-lea Simpozion științific internațional al agricultorilor AGROSYM, (Jahorina, Bosnia, 2019); Simpozionului științific internațional „Protecția plantelor – realizări și perspective” (Chișinău, 27–28 octombrie 2020); Conferinței științifice internaționale «Вклад агрофизики в решение фундаментальных задач сельскохозяйственной науки» (Санкт – Петербург, 01 – 02 октября 2020 г.); Conferinței științifice naționale „Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor”, ediția VII-a (Chișinău, 4–5 octombrie 2021); Congresului internațional al geneticienilor și amelioratorilor din Republica Moldova (Chișinău, 15–16 iunie 2021); Conferinței științifice internaționale «Селекция зерновых и зернобобовых культур в условиях изменения климата: направления и приоритеты» (Одесса, Украина, 5 мая 2021 г.)

Publicații. Materialele de bază ale disertației au fost expuse în 20 de lucrări științifice, dintre care 11 articole în reviste științifice naționale și internaționale, 3 articole în culegeri științifice naționale/internaționale și 6 teze la conferințe/ simpozioane științifice.

Sumarul compartimentelor tezei.

Teza include: adnotarea (în limbile română, engleză și rusă), lista tabelelor, lista figurilor, lista abrevierilor, introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie, declarația privind asumarea răspunderii, 6 anexe și CV-ul autorului.

În **Introducere** sunt argumentate actualitatea și importanța temei, sunt formulate scopul și obiectivele cercetării, se prezintă ipoteza de cercetare, sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese, precum și sumarul compartimentelor tezei.

Capitolul 1 „**Rezistența la factorii de stres și modificarea acestora cu ajutorul substanțelor ce influențează creșterea și productivitatea plantelor**” conține informație referitor la analiza retrospectivă a realizărilor științifice în domeniul studiului efectelor influenței factorilor

de stres abiotic, precum temperaturile extreme negative și pozitive, asupra plantelor de grâu comun de toamnă în diferite etape de dezvoltare al ontogenezei lor și analizată informația privind procesele ce asigură rezistența plantelor la acțiunea acestora și impactul aplicării reglatorilor naturali de creștere asupra rezistenței la stresul termic pe parcursul germinării, creșterii și dezvoltării acestei culturi.

Capitolul 2 „**Materiale și metode de cercetare**” include informații cu privire la obiectele luate în studiu și descrierea metodelor elaborate de noi pentru evaluarea și modificarea rezistenței unor genotipuri de grâu comun de toamnă la acțiunea temperaturilor extreme negative și pozitive în fazele inițiale de germinare a semințelor și în fazele de călire a plantelor. Tot în acest capitol sunt prezentate metodele de apreciere a conținutului de pigmenți în frunze, a calității și cantității recoltei, precum și metodele de planificare a experimentelor și de prelucrare statistică a datelor.

Capitolul 3 „**Estimarea reacției genotipurilor de grâu comun de toamnă la acțiunea stresului termic în etapele inițiale ale ontogenezei plantelor**” conține rezultatele științifice obținute, privind studierea influenței duratei de imersie a semințelor în apă și a ST cu diferite durate și valori ale temperaturilor pozitive și negative asupra proceselor fiziologice ce caracterizează capacitatea de germinare a semințelor, creștere a plantulelor și *costul* intrinsec alocat de către unele genotipuri de grâu pentru aceste procese. De asemenea, acest capitol cuprinde rezultatele privind stabilirea valorii temperaturii, duratei optime de pregătire și expunere a semințelor la temperaturi extreme, precum și utilizarea acestora în evaluarea rezistenței la acțiunea temperaturilor mai înalte de 35°C și mai joase de 0°C a diferitor genotipuri reproduse pe câmpul experimental al IGFPP din Chișinău și în regiunea Harkov (Ucraina). Spre finalul capitolului sunt prezentate rezultatele privind modificarea rezistenței primare a genotipurilor de grâu la stresul termic prin intermediul utilizării BS *Reglalg* la tratarea semințelor înainte de expunere.

Capitolul 4 „**Evaluarea influenței biostimulatorului *Reglalg* asupra productivității și rezistenței genotipurilor de grâu comun de toamnă la temperaturi negative și înalte**” reprezintă datele experimentale care contribuie la dezvăluirea mecanismelor de implicare a BS *Reglalg* în reglarea proceselor de formare a rezistenței plantelor de grâu pe parcursul toamnei în vederea asigurării viabilității lor la gerurile persistente în timpul iernii și primăverii timpurii, precum și la arșița din timpul verii. Sunt prezentate rezultatele care au fost obținute datorită implementării metodei elaborate de noi pentru testarea rezistenței plantelor de grâu după adaptarea lor în cele două faze de călire la temperaturi extreme și a impactului influenței BS *Reglalg* asupra acesteia. De asemenea, acest capitol prezintă analiza științifică a datelor ce argumentează posibilitatea de menținere, chiar și sporire, a parametrilor ce caracterizează productivitatea și

calitatea grâului comun de toamnă în condiții de ger sau arșiță prin administrarea soluției de BS *Reglalg* la semințe, înainte de semănat.

În **Concluziile generale** și **Recomandări practice** sunt prezentate concluziile studiului de față și posibilitățile de implementare în practică a rezultatelor obținute.

Volumul și structura tezei: Teza include adnotare, introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografia din 354 de surse, 39 de figuri și 10 tabele

1. REZISTENȚA LA FACTORII DE STRES ȘI MODIFICAREA ACESTEIA CU AJUTORUL SUBSTANȚELOR CE INFLUENȚEAZĂ CREȘTEREA ȘI PRODUCTIVITATEA PLANTELOR

1.1. Rezistența plantelor la factorii de stres abiotic

În condiții naturale de cultivare plantele sunt frecvent supuse acțiunii factorilor de stres abiotic, printre care temperaturile extreme, seceta, salinitatea, substanțele toxice, excesul de apă etc. [14, 20, 133, 149, 175]. Acești factori acționează în mod separat sau combinat. Efectul nociv final al lor este dependent de doza și natura factorului de stres [14, 133, 194, 195]. În condiții de stress abiotic se dereglează procesele metabolice, eficiența fotosintetică, biosinteza proteinelor, fenomene ce au consecințe negative asupra dezvoltării și productivității plantelor [156, 176, 198, 266]. În condiții naturale expunerea plantelor diferitor specii de cereale, inclusiv a celor de grâu, la acțiunea factorilor de stres abiotic poate avea loc la toate etapele ontogenezei lor [28, 198, 260, 302]. Una dintre cele mai importante etape ale ciclului de viață a plantelor de grâu reprezintă cea de germinare a semințelor. La această etapă plantele sunt sensibile la factorii de stres abiotic [11]. În timpul germinării semințelor, sub influența temperaturilor extreme, se inhibă procesele germinative ale semințelor asociate cu reducerea densității plantelor, ceea ce în final cauzează diminuarea recoltei [75, 120, 204, 319]. Acțiunea factorilor de stres la etapele de înfrățire și înflorire duce la diminuarea productivității cauzate de reducerea numărului de lăstari per plantă și semințe per spic. [186, 82]. După înflorire, sub influența temperaturilor înalte, diminuează atât numărul de semințe în spic, cât și perioada de umplere a boabelor [37, 39]. Important este aportul frunzei stindard la asigurarea umplerii boabelor și productivității plantelor de grâu [91, 149]. Frunza stindard asigură semințele cu aproximativ 30-50% de carbohidrați, de aceea are un impact major asupra eficacității plantelor [39]. Stresul abiotic poate accelera senescența frunzelor, ceea ce reduce conținutul de clorofilă și activitatea fotosintetică, randamentului plantelor și calitatea boabelor de grâu [36, 39, 136]. Viabilitatea plantelor de grâu se datorează capacității acestora de a menține constanța mediului intern (homeostazia) și de a realiza ciclul de viață în condiții variabile. Cercetările au demonstrat că genotipurile de grâu se caracterizează printr-o diferență diferită în ceea ce privește rezistența plantelor la factorii de stres termic în timpul germinării semințelor, înfrățirii și înfloririi plantelor, precum și colmatării/umplerii boabelor [273, 320, 321]. Având în vedere că capacitatea plantei de a răspunde în mod adecvat la stresul abiotic depinde de eficacitatea funcționării mecanismelor de protecție atât constitutive (specifice), cât și indicibile (nespecifice), este necesar să analizăm parametrii care caracterizează această diferență.

În general, adaptarea plantelor la condițiile nefavorabile ale mediului ambiant asigură modificări ale proceselor morfologice, fiziologice, biochimice și moleculare care diminuează expunerea la stres a plantei și funcțional limitează daunele și facilitează recuperarea deteriorărilor [155, 199, 211, 223, 258,]. La nivel morfologic și anatomic, răspunsul plantelor include trei componente: inhibarea alungirii celulare, stimularea localizată a diviziunilor celulare și modificarea stării de diferențiere celulară [22, 123]. Modificările anatomice ale organelor plantelor, cum ar fi dimensiunea rădăcinilor, tulpinilor și frunzelor, contribuie la adaptarea plantei la condițiile critice de mediu [56, 95]. Datorită influenței asupra stării fiziologice a plantelor, fitohormonii joacă un rol semnificativ în inducerea toleranței acestora la acțiunea factorilor de stres [4, 182]. Biosinteza și acumularea substanțelor de protecție osmotică, activarea enzimelor antioxidante și sinteza poliamidelor reprezintă mecanisme de influență asupra toleranței la stres la nivel biochimic [23]. În condiții de stres se modifică expresia mai multor gene, ceea ce reprezintă reglajul la nivel molecular. Produsele acestora contribuie la sporirea toleranței celulelor și la aclimarea plantelor la noile condiții [167, 224, 245]. În perioada de aclimare plantele dobândesc nivelul de rezistență și eficacitate a proceselor fiziologice ce corespund noilor condiții. Aceste reacții se realizează și sunt eficiente atunci când cerințele condițiilor de mediu nu depășesc limitele normei de reacție, specifice genotipului [93, 94, 165, 335]. Cu alte cuvinte, plantele manifestă capacitatea de a se adapta la schimbările de mediu în cadrul limitelor determinate de genotip [262, 263]. Cu cât capacitatea genotipului de a se adapta la condițiile de stres este mai înaltă, cu atât mai largi sunt condițiile în care acesta poate supraviețui și da urmași. Din punct de vedere practic, este important de a cunoaște metodele de determinare a parametrilor, factorilor de mediu în care genotipurile de plante supraviețuiesc și sunt productive [172]. Rezistența și eficacitatea plantelor în aceste condiții depinde de mecanismele de evitare și de o gamă largă de procese specifice ce determină rezistența constitutivă, capacitatea de adaptare, ceea ce determină nivelul de rezistență indusă la nivel funcțional [170, 250]. De regulă, variațiile moderate ale factorilor de mediu, care acționează pe termen scurt, nu duc la dereglări semnificative ale funcțiilor fiziologice ale plantelor. Aceasta se datorează capacității plantelor de a menține o stare relativ stabilă într-un interval limitat de modificare a acestora, asigurând viabilitatea și productivitatea în aceste condiții [85, 170, 208, 245]. La schimbări majore și de lungă durată a mediului, plantele, ca și alte organisme, funcționează la un nivel mai jos de menținere a homeostaziei, din care cauză rezistența și productivitatea lor scade. La depășirea condițiilor, în afara unui prag specific pentru fiecare genotip, productivitatea și viabilitatea genotipului poate fi compromisă [104, 171, 209].

Adaptarea proceselor metabolice ale plantelor la condițiile de stres abiotic sunt asociate cu modificările în expresia genelor. Inițierea răspunsului la factorii de stres are loc la apariția

primelor semnale ale acțiunii lor, printre care în primul rând se modifică metabolismul, apar speciile reactive de oxigen, care, la rândul lor, induc alte componente ce servesc în calitate de semnale ale acestora. Acestea induc schimbări în expresia genelor, biosinteza proteinelor asociate de stres, care au loc doar în organul supus factorului de stres, dar și în alte celule și organe ale plantei [215, 306]. Datorită acestui fapt, răspunsul organismului la acțiunea factorilor de stres devine integral, influențând diferite procese fiziologice și în primul rând creșterea și dezvoltarea plantei [31, 261].

Mecanismele de recepție și căile de transmitere a semnalului sunt multiple. Ele implică compoziția și activitatea fitohormonilor. În condiții de stres un rol deosebit îndeplinesc inhibitorii, care sunt implicați în reglarea răspunsului plantelor la stres [81, 318]. Sub influența acestora se induce expresia specifică a unor gene care asigură adaptarea la noile condiții, ceea ce în final duce la sporirea rezistenței plantelor în dependență de factorul de stres și doza de acțiune a acestuia [8, 295, 328]. În așa fel, procesele de adaptare și sporire a rezistenței sunt combinate cu cele de creștere și dezvoltare, care, la rândul lor, duc la sporirea productivității plantelor în dependență de gravitatea schimbărilor induse de stres [318].

Sistemele de rezistență a plantelor la factorii de stres abiotic sunt foarte eficiente, contribuind la supraviețuirea plantelor la acțiunea acestora. Cu toate acestea, nivelurile și mecanismele de rezistență pot varia în funcție de faza de ontogeneză a plantelor și, de asemenea, de genotip [197, 263]. Astfel, din punctul de vedere al rezistenței constitutive, unele genotipuri sunt mai puțin protejate în comparație cu altele, rezistența lor fiind variabilă în diferite țesuturi, organe și depinzând de etapa de dezvoltare [77, 259, 268]. La fel, există diferite sisteme de inducere a rezistenței, ceea ce suplimentar determină variații ale rezistenței la nivel fenotipic [148, 149]. În diferite condiții și etape ale ontogenezei, rolul relativ al acestor mecanisme în protecția și supraviețuirea plantelor poate varia semnificativ.

1.1.1. Rezistența plantelor la acțiunea temperaturilor negative

Încălzirea globală a schimbat în mod semnificativ distribuția variabilității temperaturii [147, 220, 297, 298]. Aceste schimbări influențează frecvența, intensitatea și durata stresului la temperaturi scăzute (inclusiv stresul de răcire și cel de îngheț) în timpul sezonului de creștere a plantelor de grâu, ceea ce poate avea consecințe grave asupra productivității grâului [147, 190]. Încălzirea climei duce la accelerarea proceselor de creștere și dezvoltare a plantelor de grâu, ceea ce, la rândul lor, accelerează semnificativ reducerea nivelului de călire la trecerea de la perioada de iarnă la cea de primăvară, precum și la trecerea plantelor la etapele ontogenezei în care sensibilitatea plantelor la ger devine mai înaltă [330]. În ultimele decenii trecerea bruscă la

temperaturile scăzute negative au provocat diminuarea recoltei de grâu obținute atât în Europa [5, 226, 297], cât și pe alte continente [57]. Din cauza creșterii temperaturii medii globale, actualmente, majoritatea studiilor sunt consacrate determinării influenței stresului cu temperaturi pozitive asupra plantelor. Cercetările influenței nefavorabile ale temperaturilor scăzute negative asupra creșterii, dezvoltării și productivității plantelor au rămas în umbră [77].

Temperaturile scăzute negative afectează viabilitatea plantelor de grâu din cauza înghețului intracelular și chiar extracelular, diminuării conținutului de apă în țesuturile plantelor [23]. Efectele înghețului depind de viteza scăderii temperaturii. Ea influențează dinamica retragerii moleculelor de apă din celulă în spațiul intracelular. În cazul scăderii rapide a temperaturii, cristalele de gheață se produc intracelular, ceea ce inevitabil duce la moartea celulei și deseori chiar a plantei. Diminuarea lentă a temperaturii este mai puțin dăunătoare, cristalele de gheață formându-se în spațiul intercelular. Atât înghețul intracelular, cât și cel intercelular, produce deshidratarea celulei, ceea ce afectează grav funcțiile acesteia, precum și multe procese fiziologice care se petrec la nivel de organism [238, 252]. Efectele înghețului se reflectă asupra creșterii, dezvoltării și productivității plantelor diferitor soiuri de grâu [184, 314]. Nivelul de toleranță la ger este specific pentru diferite specii de plante și soiuri de grâu [184, 327]. Parametrii care determină gradul de afectare a funcției fiecărui genotip sunt dependenți de intensitatea și durata expunerii plantelor la stresul cu temperaturi negative [184, 314]. Plantele rezistente la ger pot tolera înghețarea datorită diferitor mecanisme genetice și fiziologice care s-au format pe parcursul evoluției [293]. După tipul de exprimare ele pot fi divizate în mecanisme ce determină evitarea acțiunii factorului de stres și mecanisme ce determină tolerarea acestuia datorită activității funcționale, asigurate de schimbările în expresia genelor [29, 148, 225, 305]. În principiu, ambele tipuri de mecanisme sunt induse sub acțiunea temperaturilor scăzute, fenomen denumit aclimare. Nivelul de aclimare depinde de procesele care se desfășoară treptat și implică modificări ale caracteristicilor morfologice, fiziologice și biochimice ale plantelor. De aici rezultă că rezistența plantelor la temperaturi negative este un fenomen complex care în comun determină nivelul de aclimare [109, 226, 349]. Rezistența la temperaturi scăzute negative depinde de rezistența constitutivă a plantelor, la care se adaugă adaptările induse sub influența temperaturilor joase [189]. Gravitatea deteriorărilor provocate de temperaturile scăzute negative, specifice pentru genotipurile cu diferită rezistență la îngheț, depinde de valoarea temperaturii (factorul intensiv) și de durata de expozitie (factorul extensiv) [41, 341].

La genotipurile de grâu procesele de aclimare la acțiunea temperaturilor negative se induc după emergența plantelor, sub influența temperaturilor scăzute pozitive și negative în toamna târzie, precum și a fotoperiodismului zilelor din acest sezon [10, 45]. Reacția plantelor la acțiunea

temperaturilor scăzute pozitive și negative poate fi divizată în trei faze distincte. În prima fază se realizează procesele de aclimare (pre-călire), care au loc la temperaturi scăzute, dar pozitive. În faza a doua se realizează călirea, în timpul căreia se atinge gradul final de toleranță. Faza a treia, finală, este asociată cu recuperarea activității fiziologice a plantelor după iernare [184]. Plantele de grâu nu pot tolera temperaturile negative fără aclimarea la rece [191, 326]. Organele plantelor diferă în ceea ce privește nivelul lor de toleranță. De obicei, rădăcinile sunt mult mai sensibile la temperaturi negative în comparație cu nodul de înfrățire [45]. Aceasta nu este fatal pentru viața plantei, deoarece în perioada de trecere treptată a condițiilor sezoniere de la temperaturi negative la cele pozitive meristemele nodului de înfrățire au capacitatea de a forma rădăcini și lăstari noi. Din cauza reversibilității călirii, care se activează sub influența fluctuațiilor de temperatură pe parcursul iernii, rezistența plantelor la ger poate la fel fluctua în diapazoane largi [15]. Numeroase experimente au demonstrat că soiurile de grâu suportă temperaturi foarte joase în unii ani, dar în alți ani pier sub influența unor înghețuri mai slabe. În așa fel, rezistența plantelor de grâu la temperaturi scăzute negative depinde nu doar de sezon, atingând nivelul maxim iarna, dar și de specificul variațiilor de temperatură care au loc pe parcursul iernii [98, 276, 277]. Din cele menționate reiese că rezistența la îngheț nu este o însușire constantă și ea se dezvoltă într-o strânsă interdependență a plantei cu condițiile mediului extern.

Variația rezistenței la temperaturi negative este determinată de expresia genelor produsele cărora influențează direct sau indirect capacitatea de iernare a plantelor. Cum a fost menționat anterior, aclimarea plantelor de grâu la gerurile de iarnă se induce datorită expunerii plantelor la temperaturi scăzute pozitive și negative în timpul toamnei și iernii. Sporirea rezistenței la temperaturi negative este un proces gradual și se realizează cu atât mai rapid, cu cât rezistența plantelor în curs de aclimare devine maximală [324]. Nivelul de rezistență la temperaturi negative și menținerea acestuia depinde de specificul genetic și de succesiunea schimbărilor temperaturilor în timpul iernării. Există un interval restrâns de temperaturi, în interiorul căruia se realizează inducerea rezistenței plantelor cerealiere la ger. Ca regulă, acest interval se manifestă între 0 și 10°C [98, 99]. Sub influența temperaturilor din acest interval plantele trec de la starea de vegetare activă la cea de repaus. Aceasta asigură sporirea rezistenței plantelor la acțiunea temperaturilor negative. Mai multe mecanisme determină sporirea rezistenței în această perioadă [203]. În plante are loc acumularea rezervelor de substanțe organice cu funcția de protectori (zaharuri, proteine solubile, amidon etc.), reducerea consumului de carbohidrați pentru respirație, scăderea conținutului de auxine, creșterea activității AIA-oxidazei și sporirea conținutului de acid abscisic [251, 349, 353]. În membrane crește conținutul de acizi grași nesaturați, scade punctul de îngheț al citoplasmei, se micșorează cantitatea de apă intercelulară, care este un impediment în formarea

gheții intercelulare și o contribuție enormă la creșterea considerabilă a rezistenței la ger. Astfel, se modifică conținutul de lipide în membranele mitocondriilor, ceea ce promovează asigurarea celulelor cu energie și inducerea unor proteine de stres. Rata maximală a călirii se manifestă la temperaturi mai joase de 0°C, între -4 și -6°C [181]. Fiind expuse la aceste temperaturi în plante are loc deshidratarea treptată a celulelor și țesuturilor, coloizii protoplasmatici trec din starea de soluție în gel, măbind viscozitatea protoplasmei și sporind în același timp rezistența cerealelor la ger. Totodată, datorită concentrației înalte a sucului celular, scaderii conținutului de apă liberă și creșterii cantității de apă legată, se reduce formarea cristalelor de gheață în interiorul celulelor [252]. În urma măririi permeabilității plasmalemei, apa din protoplast trece în spațiile intercelulare. Aceasta previne formarea cristalelor de gheață în protoplast și deteriorarea acestuia. Exodul de apă duce la sporirea viscozității citosolului, scăderea ratei proceselor de transport intracelular și la inhibarea metabolismului [252]. Aceste schimbări previn acumularea în protoplast a produselor metabolice dăunătoare. În cele din urmă, din cauza dispariției plasmodesmelor, protoplastele devin izolate, iar planta intră într-o stare de repaus, reducându-se la maximum activitatea metabolismului. În această stare planta este pregătită pentru a suporta temperaturile scăzute negative fără a suferi daune ireversibile [252, 287].

Sporirea rezistenței genotipurilor la acțiunea temperaturilor negative are loc treptat, ritmul fiind determinat de procesele ce se petrec la nivel fiziologic, biochimic și de expresie a genelor [72, 178, 207, 275,]. A fost demonstrat că sinteza și acumularea zaharozei în celule joacă un rol esențial în sporirea rezistenței genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor negative [289, 292]. La plantele rezistente la ger conținutul de zahăr și de alte substanțe cu efecte caracteristice substanțelor osmoreglatoare și de protecție la stres este mult mai înalt în comparație cu cel ce se detectează în plantele cu rezistență scăzută [107, 109]. Odată cu acumularea de zaharuri și alți metaboliți, cantitatea cristalelor de gheață formate în interiorul celulei se reduce, ceea ce duce la diminuarea nivelului de deshidratare și a concentrației de substanțe toxice în celule [76].

Pe parcursul procesului de diminuare a temperaturii, viscozitatea stratului lipidic al membranelor celulelor plantei scade. Are loc trecerea lipidelor membranelor de la stare lichid-cristalină la cea cristalină, ceea ce cauzează reducerea permeabilității membranelor. În același timp, funcțiile de transport ale membranelor, procesele de fotosinteză și producere a energiei, precum și funcționarea proteinelor membranelor sunt perturbate [248]. Pe parcursul adaptării plantelor la temperaturi scăzute, datorită sporirii conținutului de acizi grași nesaturați în fosfolipidele membranelor, crește fluiditatea acestora. Aceste modificări previn deteriorarea membranelor la expunerea plantelor la temperaturi negative în timp de iarnă [176]. La plantele sensibile la ger conținutul de acizi grași saturați în lipide este mai înalt în comparație cu cel ce se

detectează la plantele cu rezistență înaltă la ger. Conținutul acizilor nesaturați în plantele sensibile la ger, dimpotrivă, este mai scăzut în comparație cu cel în plantele mai rezistente [107]. Astfel, adaptarea plantelor la temperaturi negative se realizează datorită capacității lor de a diminua conținutul de cristale de gheață în interiorul celulelor în timpul expunerii plantelor la temperaturi negative. Pe măsură ce temperatura scade, cristalele intracelulare de gheață cresc din cauza tranziției moleculelor de apă din protoplastul, care durabil rămâne neînghețat. Deshidratarea treptată a protoplastului este una dintre condițiile necesare pentru supraviețuirea plantelor la temperaturi negative. În principal această capacitate determină diferențele dintre rezistența genotipurilor datorită faptului că aceste transformări diminuează nivelul de deteriorări cauzate celulelor plantei la atingerea unei hipotermii profunde [52, 287].

Expunerea plantelor la temperaturi scăzute induce biosinteza proteinelor, care au capacitate înaltă de hidratare. Acestea inhibă creșterea cristalelor de gheață în interiorul celulei, fără a afecta punctul de îngheț al soluției. În cazul acesta, prin intermediul forțelor care previn sau încetinesc creșterea ulterioară a cristalelor de gheață, apa este reținută în jurul moleculelor de proteine. Acest tip de proteine se acumulează în apoplast în principal în timpul adaptării la frig. Ele au fost detectate la diferite specii de plante, inclusiv la cele de grâu. La plantele sensibile la îngheț acest tip de proteine nu au fost detectate [30]. Biosinteza proteinelor este necesară pentru sporirea rezistenței plantelor la îngheț [191, 252]. În prezent, ca răspuns la stresul termic, au fost identificate mai multe gene și proteine codificate de acestea [160, 310, 312, 326]. La rândul lor, aceste proteine sunt importante pentru adaptarea plantelor la deficitul de apă. În plus, în perioada de adaptare sunt sintetizate desaturazele acizilor grași. Datorită activității acestora se mărește conținutul de acizi grași nesaturați, ceea ce duce la sporirea gradului de fluiditate a membranelor. În condiții de frig la fel se induce expresia chaperonilor moleculari, omologi ai HSP-90 și HSP-70. Aceștia previn denaturarea proteinelor celulare sub acțiunea temperaturilor scăzute negative [113, 140]. În condiții de expunere la rece, în plante se induce expresia genelor care codifică componentele de recepție și transducție a semnalelor, precum și a proteinelor reglatoare, care au importanță majoră pentru declanșarea și coordonarea răspunsului adecvat al plantelor la ger. Astfel, în prezent există dovezi directe despre faptul că unele dintre genele induse de temperaturi scăzute sunt responsabile de biosinteza proteinelor implicate în sporirea rezistenței plantelor la acțiunea temperaturilor scăzute negative ceea ce asigură supraviețuirea lor [72].

Trecerea plantelor din starea activă la cea de repaus, caracterizată prin încetarea vizibilă a creșterii este însoțită, de regulă de sporirea rezistenței lor la îngheț. Dimpotrivă, ieșirea din repaus și începutul vieții active primăvara este inevitabil asociată cu scăderea bruscă a rezistenței plantelor la îngheț. Prin urmare, înghețurile de primăvară sunt mai distructive decât cele de iarnă.

Există o tendință universală: celulele care proliferază activ se caracterizează cu o rezistență mai joasă la acțiunea radiației ionizante și a altor factori de stres în comparație cu cele aflate în stare de repaus [110]. La diferite perioade de creștere și dezvoltare rezistența plantelor la factorii de stres este specifică. În perioada de vegetație, rezistența plantelor la temperaturi extreme este mai înaltă în comparație cu cea a plantelor aflate în perioada de înflorire. Organele de reproducere sunt cele mai sensibile la frig, iar lăstarii sunt mai puțin sensibili. Pe parcursul iernii, nodurile de înfrățire, în care sunt concentrate țesuturile embrionare în stare de repaus, sunt mai rezistente la îngheț în comparație cu frunzele [98]. De asemenea, capacitatea de rezistență a plantelor la acțiunea temperaturilor variază de la an la an, în funcție de starea fiziologică și pregătirea lor, precum și de evoluția condițiilor mediului extern.

1.1.2. Rezistența plantelor la acțiunea temperaturilor înalte

Temperaturile înalte afectează creșterea, dezvoltarea și productivitatea plantelor de grâu în diferite regiuni ale globului [117]. Conform modelului climatic global se presupune că până la sfârșitul secolului XXI temperatura medie anuală va crește cu 6°C [68, 254]. Mărirea temperaturii medii pe glob cu 1°C față de cea actuală ar reduce cu 6% producția de grâu, ceea ce este doar una dintre consecințele grave ale tendinței de încălzire globală a climei [9, 100, 180, 187,]. În vederea soluționării acestei dileme, este necesară selectarea unor soiuri de grâu cu toleranță înaltă la temperaturi înalte [229]. De aceea, în ultimul timp se acordă atenție caracteristicilor fiziologice și metabolice pentru a evalua toleranța genotipurilor de grâu la temperaturi înalte [26].

Efectele expunerii plantelor la temperaturi înalte depind de perioada ontogenezei, durata de expunere (factorul extensiv) și valoarea temperaturii de expunere (factorul intensiv) [27, 64, 146, 257]. Valoarea temperaturii influențează semnificativ rata de absorbție a apei și consumarea substanțelor din endosperm, care sunt necesare pentru germinarea semințelor, creștere și dezvoltarea plantelor. Temperatura plantei depinde de echilibrul dintre absorbția radiației solare și efectul de răcire datorită transpirării apei. Diminuarea conținutului de apă în sol pe parcursul verii este asociată cu mărirea temperaturii plantelor, ceea ce provoacă stresul termic, afectând dezvoltarea și productivitatea plantelor de grâu [9, 102, 229, 236, 265,]. Temperaturile cuprinse între 20°C și 25°C sunt favorabile pentru germinarea semințelor de grâu, emergență și formarea unor plante viguroase [158]. Unul dintre efectele importante ale temperaturii asupra germinării se datorează influenței acesteia asupra capacității semințelor de a utiliza eficient substanțele de rezervă din endosperm [44, 62, 242, 274,]. Creșterea temperaturii afectează mai puțin germinarea semințelor genotipurilor rezistente la temperaturi înalte. Numărul de cercetări privind caracteristicile germinării, mobilizarea substanțelor de rezervă și eficiența translocării acestora din

endosperm în embrion în raport cu toleranța temperaturilor înalte de către plante este foarte limitat [242, 274]. La nivel molecular temperaturile înalte afectează negativ metabolismul celulelor și provoacă perturbări procesului de biosinteză a proteinelor. Temperaturile care depășesc cele optime suprimă setul normal de proteine celulare, provoacă inducerea biosintezei și acumulării proteinelor șocului termic, care este influențată de termorezistența genotipului [13, 159, 280]. În perioada de germinare, stresul termic afectează la un nivel diferit eficiența utilizării substanțelor de rezervă pentru germinarea semințelor genotipurilor cu nivel diferit de rezistență [116, 265, 274]. Specificul acestor procese a stat la baza separării genotipurilor de grâu în conformitate cu termotoleranța acestora la etapa de germinare a semințelor. La genotipurile cu termotoleranță înaltă, substanțele de rezervă se mobilizează mai complet pentru germinarea semințelor și creșterea plantulelor de grâu [158].

Sub influența temperaturilor înalte în plantele de grâu se modifică procesele fiziologice, biochimice și moleculare [117, 246, 315]. Printre acestea sunt de menționat reducerea capacității fotosintetice [12, 16, 173, 199], scăderea activității metabolice [91, 166], modificarea compoziției fitohormonilor [166], senescența prematură a frunzelor [95, 117, 157], scăderea conținutului de clorofilă, [78, 224], amidon [73, 279, 309,], proteine [135, 307]. În plus, sub influența temperaturilor înalte se induce producerea speciilor reactive de oxigen, ceea ce promovează denaturarea proteinelor, oxidarea acizilor grași nesaturați. Ca urmare, crește permeabilitatea membranei celulare [55], apar dereglări în stabilitatea membranelor, se induce peroxidarea lipidelor, oxidarea proteinelor și degradarea acizilor nucleici [205]. Din cauza reducerii potențialului osmotic, stresul termic cauzează sporirea transpirației și a nivelului de deshidratare a celulelor [270]. Caracteristicile menționate pot servi în calitate de indicatori ai stării plantelor în condiții de stres termic, datorită cărui fapt ele sunt utile pentru selectarea genotipurilor tolerante la temperaturi înalte [224, 249]. În timpul etapei de reproducere, creșterea temperaturii cu 1°C peste valoarea temperaturii optime cauzează reducerea numărului de semințe în spic [80, 153, 128, 192, 193,] și diminuarea productivității plantelor de grâu [236, 322]. Temperaturile optime pentru plantele de grâu aflate la etapele de înflorire și de formare a boabelor sunt cuprinse între 12 și 22°C [270]. Mărimea boabelor depinde de durata de formare a lor, foarte sensibilă la temperaturi înalte [105, 129]. În aceste condiții formarea și maturizarea semințelor se accelerează mai substanțial decât durata de acumulare a substanțelor de rezervă în boabe [279]. Sub influența temperaturilor înalte durata ciclului de viață a plantelor se scurtează semnificativ [121, 234]. Ca urmare a efectelor menționate productivitatea plantelor și calitatea semințelor diminuează [234, 235].

Pentru a diminua daunele provocate de stresul termic la plantele de grâu s-au dezvoltat diferite mecanisme care promovează repararea leziunilor; ca urmare, se restabilesc procesele de

creștere și dezvoltare a plantelor în condiții cu temperaturi ce depășesc cele optimale [183, 266]. Mecanismele care asigură viabilitatea plantelor și rezistența lor la condițiile cu temperaturi înalte pot fi divizate în două grupe cu proprietăți specifice: mecanisme ce asigură evitarea expunerii la factorul de stres (1) și mecanisme ce asigură recuperarea deteriorărilor provocate de stres (2) [218, 234, 270]. Toleranța în urma expunerii la temperaturi înalte în timpul germinării semințelor și creșterii timpurii a plantulelor induce atât adaptările constitutive, cât și cele ce asigură aclimarea funcțională a plantelor la condițiile specifice de mediu [125, 139, 301]. La genotipurile cu rezistență sporită, sub influența temperaturilor înalte, se manifestă mărirea rapidă a ratei de acumulare a acizilor grași saturați, care permit creșterea nivelului de stabilitate a membranelor datorită diminuării fluidității acestora, ceea ce contribuie la menținerea homeostaziei celulelor în condiții de arșiță [127, 333].

Sub influența unor temperaturi moderate ridicate în plante se sintetizează un set nou de proteine, denumite proteine ale șocului termic, datorită cărui fapt plantele devin mai termorezistente [13, 127]. Atunci când plantele sunt expuse brusc la temperaturi ce depășesc cu 5°C sau mai mult pe cea optimă, se manifestă reducerea biosintezei proteinelor obișnuite, asociată cu creșterea biosintezei proteinelor de șoc termic [159, 187]. Inducerea expresiei genelor acestora poate avea loc la câteva secunde după mărirea temperaturii și durează nu mai puțin de două ore [222]. Proteinele apărute după acțiunea ΔT contribuie la menținerea plierii și replierii macromoleculelor, la degradarea agregatelor de proteine și la biosinteza proteinelor necesare pentru menținerea viabilității celulelor [119, 264, 270]. Majoritatea proteinelor biosintetizate în urma acțiunii ΔT sunt solubile în apă, contribuie la hidratarea structurilor celulare. Toleranța conferită de acestea se manifestă în ameliorarea fotosintezei, separarea și depozitarea asimilatelor, eficientizarea utilizării apei și a nutrimenților, stabilitatea membranelor [127].

Detoxificarea speciilor reactive de oxigen, apărute în urma expunerii plantelor la temperaturi înalte, are loc datorită activării sistemului enzimatic și non-enzimatic de protecție [168, 237, 272]. La genotipurile tolerante la temperaturi ridicate activitatea sistemelor antioxidante, ca regulă, este mai înaltă decât la cele cu termotoleranță joasă [51, 206]. În mod general, creșterea moderată a temperaturii duce la mărirea activității enzimelor antioxidante. Temperaturile prea înalte, dimpotrivă, cauzează diminuarea activității acestor enzime.

Temperaturile înalte provoacă sporirea aspirării apei din țesuturile plantei, fenomen ce induce activarea sintezei substanțelor cu proprietăți de osmolit, permițând recapturarea apei din sol și menținerea viabilității plantei [38, 125, 126]. Osmoliții compatibili sunt substanțe care chiar și în concentrații mari nu au efecte adverse asupra metabolismului plantelor. Printre aceștia sunt de menționat zaharurile solubile, prolina și glicinbetaina [257, 258]. A fost demonstrat că

expunerea pe parcursul a patru ore la temperatura de 45°C a unei varietăți de plante de grâu termotolerante conținutul de apă aspirat din frunze a fost mai mic decât din cele ale soiurilor sensibile la căldură/arșiță. Această legătură a fost asociată cu conținutul sporit de prolină și glicină betaină în plantele soiului cu termotoleranță înaltă [132, 241]. Răspunsurile la temperaturi înalte pot fi, de asemenea, activate prin căi de semnalizare dependente de fitohormoni, cum ar fi acidul abscizic, acidul salicilic și etilena [4].

Capacitatea frunzelor de a menține culoarea verde (*stay green /rămâne vierde*) contribuie la sporirea indicilor de productivitate ai plantelor de grâu în condiții de stres termic. Aceasta are loc datorită păstrării conținutului înalt de clorofilă, capacității fotosintetice înalte și extinderii perioadei de umplere a boabelor [174, 177, 269, 294]. Conținutul de pigmenți fotosintetici în plante a fost frecvent utilizat ca indicator de toleranță a plantelor la stresul termic [247].

1.1.3. Rezistența plantelor la acțiunea temperaturilor extreme negative și pozitive

Ca urmare a încălzirii globale a climei, se produc schimbări importante în calendarul sezonier de realizare a multor evenimente naturale, inclusiv a duratei perioadei de ontogeneză a grâului comun de toamnă, efectul final fiind deseori nefavorabil [86, 235]. Perioadele cu temperatură extremă devin tot mai frecvente cu intensități și durate crescânde [30]. Drept urmare a schimbărilor climatice, observațiile fenologice au demonstrat modificarea ritmului anual de creștere și dezvoltare a plantelor [152, 216, 230, 323,]. Având în vedere aceasta, pentru a menține și spori fiabilitatea cultivării plantelor, sunt necesare schimbări radicale în tehnologiile de selectare și cultivare în condițiile specifice pentru fiecare zonă [324]. Pentru a reacționa corespunzător la schimbările prognozate pentru viitor este necesar să înțelegem mecanismele ce determină capacitatea plantelor de a rezista la influența temperaturilor extreme [256]. Aceasta ar da posibilitatea de a selecta soiuri bine adaptate la noile condiții și a preveni consecințele nefaste ale acestora asupra productivității plantelor agricole [49, 53, 180]. Culturile cerealiere, îndeosebi grâul, reprezintă un interes strategic pentru alimentarea populației [232]. De aceea, determinarea impactului temperaturilor excesive reprezintă o necesitate evidentă. Temperaturile care se află în afara intervalului optim pentru fiecare specie sau soi provoacă stresul termic la plante. Sub influența lui se modifică toate etapele de creștere și dezvoltare a grâului [20, 278]. Aceste modificări pot fi reversibile sau chiar ireversibile, provocând moartea plantei [221]. Stresul termic influențează negativ germinarea semințelor și viabilitatea plantelor, cauzează scăderea duratei de umplere a cariopselor, reducerea numărului de cariopse și a ratei de translocare a asimilatelor, senescența prematură a frunzelor, scăderea conținutului de clorofilă și a capacității fotosintetice etc. [24, 95, 115, 130, 193]. Prin urmare, stresul termic poate afecta creșterea și dezvoltarea grâului

[105, 147], diminua semnificativ rentabilitatea plantelor sau chiar poate periclita complet recolta [19, 141, 214,]. Mai mult decât atât, stresul termic induce formarea speciilor reactive de oxigen, peroxidarea lipidelor și oxidarea proteinelor care provoacă schimbări în stabilitatea membranelor, diminuează stabilitatea acizilor nucleici [71, 106, 151]. În condiții cu temperaturi extreme se reduce rata de acumulare a materiei uscate, iar la valori letale survine moartea plantelor [2]. Variația temperaturii în perioada de trecere de la un anotimp la altul cauzează răspunsul anticipat la schimbările sezoniere, ceea ce deseori duce la diminuarea rezistenței sub pragul necesar pentru a supraviețui aceste tranziții sezoniere [300]. Pentru diferite genotipuri de grâu au fost identificate punctele cardinale (minimale, optime, maxime) caracteristice pentru diferite etape de dezvoltare [122]. Grâul este considerat ca o specie pentru care pe parcursul întregului sezon de creștere intervalul de temperaturi optime se află între 17 și 23°C, cea minimală fiind respectiv egală cu 0°C și cea maximală cu 37°C. În afara acestui interval creșterea plantelor se inhibă sau se stopează [304]. Valorile temperaturii influențează ritmul proceselor fiziologice și biochimice, etapele de dezvoltare și fenologice ale plantelor de grâu [50]. Mecanismele de rezistență ale plantelor previn sau diminuează valoarea dozei de acțiune a stresului termic prin evitare și toleranță. Astfel, nivelul de rezistență a plantei la stresul termic depinde de activarea mecanismelor de toleranță și de adaptările prin evitare [58, 220, 303]. La plante, stresul termic este în primul rând receptat, distribuit între celule și organe prin căi de semnalizare, care induc schimbări în expresia genelor [33, 172, 188, 305]. În comparație cu alte tipuri de stres, la plante stresul termic provoacă schimbări rapide și pe termen scurt, fiind evidente de la câteva minute până la câteva ore după expunere [130]. Plantele răspund rapid la variațiile de temperatură ce au loc pe parcursul zilei. Majoritatea mecanismelor de rezistență implică modificări fiziologice și biochimice care sporesc nivelul de toleranță. Plantele originale din regiuni mai reci sunt sensibile la temperaturile înalte, iar cele din regiuni mai calde sunt tolerante la temperaturi ridicate și receptive la cele negative. Grâul comun de toamnă posedă o limită termică relativ îngustă, de aceea este considerat ca sensibil atât la temperaturi extreme negative, cât și la cele pozitive. Această situație este condiționată, probabil, de variabilitatea genetică scăzută, cauzată de selectarea soiurilor în scopuri comerciale, cu productivitate înaltă [221].

Grâul comun de toamnă posedă mecanisme de toleranță la temperaturi negative din timpul iernii și la cele pozitive din perioada de vară. Sporirea nivelului de toleranță are loc datorită adaptărilor în urma expunerii la temperaturi scăzute toamna sau iarna. Ulterior, planta obține capacitatea de a rezista expunerii la temperaturi considerate anterior letale [111, 149, 188]. Aceasta are loc datorită faptului că la plante homeostaza și starea de echilibru dinamic se ajustează la condițiile specifice de mediu [329, 330]. În acest caz, homeostaza și fiziologia stării de echilibru

a plantei sunt ajustate, ceea ce le face să reziste noilor condiții temperate [111, 136]. Nivelul de aclimare, capacitatea de menținere a nivelului înalt de rezistență determină supraviețuirea plantelor în condițiile schimbătoare de mediu. Expunerea plantelor la temperaturi scăzute în perioada de toamnă asigură călirea treptată a tuturor organelor plantei [196]. În consecință, aclimarea la rece a organelor plantelor de grâu depinde de expunerea fiecărui organ la temperaturi scăzute. Pe parcursul iernii rădăcinile și frunzele plantelor de grâu deseori pier. Cu toate acestea, țesuturile nodului de înfrățire rămân viabile. Ulterior, în condiții favorabile, din țesuturile nodului de înfrățire regenerează rădăcini și frunze [316]. Această adaptare are loc datorită reducerii conținutului de umiditate și acumulării de carbohidrați solubili în nodul de înfrățire a plantelor de grâu, determinând reducerea ratei de creștere în această etapă, asigurând rezistența lor la temperaturile negative [316]. În final, țesuturile nodului de înfrățire determină rezistența plantelor de grâu la acțiunea temperaturilor negative, iar valoarea acestor temperaturi este influențată de profunzimea amplasării acestuia în sol [98]. Experimental a fost demonstrat că rezistența la ger a țesuturilor nodului de înfrățire bine adaptate la ger în timpul expunerii prelungite la temperaturi extreme negative treptat scade, ceea ce poate duce la deteriorarea plantelor [98]. Datele literaturii de specialitate sugerează că compromiterea pe parcursul iernii a semănăturilor grâului de toamnă este în principal determinată de distrugerea țesuturilor nodului de înfrățire [15, 96]. În așa fel, viabilitatea plantelor pe parcursul iernii este determinată de nivelul de rezistență la ger a țesuturilor nodului de înfrățire și de temperatura solului la nivelul acestuia. Temperatura în straturile superioare ale solului, unde este amplasat nodul de înfrățire, sporește exponențial cu adâncimea, fapt ce sugerează că valorile negative ale temperaturii de expunere a nodului de înfrățire diminuează exponențial cu creșterea profunzimii amplasării acestuia în sol [316].

Cu toate că procesele fiziologice și biochimice ce determină răspunsul plantelor la acțiunea temperaturilor negative sunt similare atât la diferite genotipuri din interiorul unei specii, cât și la diferite specii de cereale, rezistența la ger a soiurilor de grâu este diferită [276]. Potențialul genetic de rezistență la ger a genotipurilor de grâu poate fi detectat doar la plantele care s-au adaptat pe parcursul iernii (rezistența maximă), dar și la plantele care încă n-au fost supuse acțiunii factorilor care induc procesele de adaptare [257]. La plantele de grâu, diferențele dintre rezistența la ger a diferitor genotipuri determinată înainte de inițierea proceselor de adaptare, denumită *rezistența constitutivă* (primară) [60], sunt mult mai mici în comparație cu cele care se evidențiază după prima și a doua fază de călire [340]. Pe parcursul aclimării comportamentul plantelor la *temperaturi extreme negative* sporește cu atât mai rapid, cu cât rezistența lor constitutivă la acestea este mai mare [340]. Odată cu derularea proceselor de aclimare, valoarea absolută a diferenței dintre rezistența genotipurilor de grâu la temperaturi extreme negative sporește. În așa fel,

diferența dintre temperaturile letale în perioada atingerii nivelului maximal de rezistență la temperaturi extreme negative în urma aclimării genotipurilor devine maximală. Totodată, perioada necesară pentru atingerea acestui nivel de rezistență este cu atât mai mare, cu cât rezistența finală este mai înaltă [293]. Metodele actuale de apreciere a diferenței dintre rezistența genotipurilor de grâu la ger presupun compararea acestuia în perioada atingerii nivelului maximal de adaptare [50, 98]. Este clar că perioada diferită de atingere a acestuia de către genotipurile de grâu și scăderea nivelului de călire la expunerea îndelungată a plantelor la temperaturile negative [45] determină complexitatea problemei privind clasificarea genotipurilor de grâu incluse în cercetări în conformitate cu rezistența lor la ger cu ajutorul acestor metode.

Variabilitatea răspunsului plantelor de grâu la acțiunea temperaturilor extreme este determinată nu doar de derularea proceselor de călire și decălire, dar și de faza ontogenezei plantelor. Pragurile rezistenței de bază și zonele temperaturilor optime pentru dezvoltare depind de etapa acesteia [22]. Plantele de grâu sunt mai puțin sensibile la acțiunea temperaturilor extreme pe parcursul fazei vegetative, dar manifestă rezistență scăzută la temperaturile extreme în faza de reproducere [124, 229]. Pentru a optimiza procesele de creștere și dezvoltare în condițiile încălzirii globale, perioada de semănat poate fi deplasată în termeni calendaristici mai târziu în comparație cu cea realizată tradițional. În așa fel, va fi asigurat un nivel înalt de umiditate a solului și aerului în timpul germinării semințelor și diminuarea riscului decăririi plantelor la sfârșitul perioadei de iarnă. O altă fază esențială în dezvoltarea grâului reprezintă cea de înspicare terminală. Această fază este semnificativă, deoarece marchează sfârșitul inițierii spiculețului primordial. În această fază plantele sunt foarte sensibile la temperaturi extreme, ele fiind chiar mai vădite în comparație cu cea caracteristică pentru plantele aflate în faza de germinare a semințelor sau de inițiere a înfloritului [89, 229]. În perioada de formare a spicului, înainte de anteză, temperaturile înalte condiționează reducerea numărului de spiculețe per spic și al semințelor per spiculeț, ceea ce în final duce la reducerea productivității plantelor [229]. Cele menționate demonstrează complexitatea relațiilor dintre legăturile privind influența temperaturii asupra plantelor aflate la etapele ontogenezei caracteristice pentru genotipurile de grâu, ceea ce determină necesitatea adaptării diferitor tehnologii de cultivare a grâului în noile condiții climatice [124]. Tolerate sunt variațiile de temperatură care nu depășesc zona de menținere adaptivă a homeostaziei, caracteristice pentru fiecare soi. Adaptările specifice sporesc rezistența plantelor la temperaturi ce depășesc cele optime, de aceea cunoașterea potențialului de aclimatizare este esențială pentru alegerea soiurilor care corespund condițiilor specifice [33, 55]. Studiile privind efectele schimbărilor climatice asupra plantelor trebuie să fie considerate un argument suplimentar al necesității determinării influenței extremelor climatice asupra productivității plantelor cu grad

diferit de plasticitate [195, 257]. În prezent, cunoașterea răspunsului soiurilor de grâu și al altor culturi la extremele meteorologice este incompletă. De regulă, în mod explicit acest obiectiv nu se include în modelele de cercetare a culturii grâului de toamnă. Deoarece pentru populația umană cerealele reprezintă sursa principală de calorii alimentare, calendarul etapelor de creștere și dezvoltare, inclusiv de formare a recoltei la cereale, necesită a fi corect stabilit.

Plantele grâului comun de toamnă parcurg ciclul de viață în anotimpurile cu temperaturi minimale (negative de iarnă) și maximale (pozitive de vară), manifestând diferite adaptări anatomice, morfologice și funcționale [308]. Genotipurile acestei specii pot servi în calitate de organisme – model pentru a elucida mecanismele de rezistență, precum și căile de adaptare a plantelor la schimbările sezoniere ale temperaturii. Pe parcursul evoluției la plante s-au format mai multe mecanisme care le dă posibilitatea de a supraviețui în condițiile climatice caracteristice perioadelor critice ale vieții. Printre acestea putem menționa controlul fenologic al latenței [228] și corespunderea calendarului de dezvoltare în ontogeneză schimbărilor condițiilor de mediu pe parcursul anotimpurilor. Cunoașterea mecanismelor de influență a factorilor genetici asupra dezvoltării, precum și a celor de inducere a acestora de către temperaturile extreme negative și pozitive, asigură posibilitatea de a evalua influența acestora asupra caracterelor fenologice la diferite genotipuri. Este necesar de cercetat influența expunerii plantelor la acțiunea temperaturilor extreme pozitive, deseori asociate cu seceta, precum și expunerii pe anumite perioade la acțiunea temperaturilor extreme joase sau negative asupra supraviețuirii și productivității plantelor [153, 296, 325]. Cele menționate pot contribui la selecția unor genotipuri cu rezistență înaltă la temperaturi extreme și bine adaptate la condițiile specifice de mediu, precum și la elaborarea unor tehnologii de cultivare care corespund noilor parametri ai factorilor de mediu.

1.2. Substanțele biologice active și rezistența plantelor la factorii de stres termic

În condiții naturale răspunsul plantelor la acțiunea factorilor de stres este mediat de activitatea *substanțelor biologice active* (SBA). Ele participă activ la reglajul creșterii și dezvoltării, precum și rezistenței plantelor la factorii de stres [35, 88, 90, 163, 351]. Acest reglaj este deosebit de important, deoarece în condiții naturale plantele sunt expuse în mod constant sau periodic la anumiți factori de mediu nefavorabili, în special la cei abiotici. La rândul lor, ultimii provoacă efecte adverse asupra creșterii plantelor care pot reduce productivitatea culturilor de grâu [166]. În ultimii ani, schimbările climatice globale au cauzat creșterea nu doar a intensității, dar și a frecvenței fenomenelor extreme, în deosebi a celor de temperatură [24]. De regulă, sub influența temperaturilor extreme negative sau pozitive conținutul de substanțe stimulatoare din țesuturile plantelor scade și, dimpotrivă, crește concentrația de substanțe care sunt inhibitori ai creșterii. Se

acceptă, în general, că toate *SBA*, fiind componente importante ale sistemului de reglare a plantelor, pot juca un rol important în reacțiile de adaptare, asigurând viabilitatea plantelor în condiții nefavorabile [239, 240]. *SBA*, fiind utilizate pentru tratarea semințelor sau a plantelor, modifică caracteristicile de creștere, dezvoltare, rezistență la factorii de stres termic și în final influențează parametrii de productivitate [17, 137, 290]. După modul de acțiune *SBA* se împart în stimulatori, inhibitori și retardanți. Aceste trei grupe de substanțe interacționează, astfel încât toate fazele de creștere și dezvoltare reprezintă rezultatul unui echilibru între compușii stimulatori și inhibitori, care se manifestă preponderent în cadrul proceselor sezoniere. Pe cale sintetică au fost obținute mai multe substanțe care reproduc efectele caracteristice pentru *SBA* recomandate pentru aplicarea în agricultura contemporană [47, 239, 240], fiind denumite în continuare regulatori naturali de creștere (*RNC*). Printre aceștia pot fi menționați unii stimulatori care stimulează creșterea plantelor de grâu [219] și inhibitori care suprimă creșterea lor, precum și retardanții care rețin creșterea plantelor prin frânarea diviziunilor celulare și elongația celulelor tulpinii, astfel reglând înălțimea plantelor, fără a influența morfologia lor [288, 331]. De menționat că, deși *RNC* acționează specific, aplicarea lor exogenă în mod separat sau în combinație poate produce foarte variate răspunsuri de protecție la stresul termic în dependență de compoziție și genotipul plantelor [164]. Aplicarea exogenă a *RNC* este o metodă alternativă și mai rapidă de promovare a toleranței plantelor la stresul termic decât dezvoltarea noilor soiuri cu toleranță sporită la temperaturi extreme. Mai mult ca atât, ameliorarea genetică a plantelor pentru toleranță la stresul termic este un efort pe termen lung, care necesită, printre altele, disponibilitatea surselor genetice de toleranță, cunoașterea mecanismelor fiziologice și a controlului genetic al particularităților de toleranță în diferite stadii de dezvoltare, precum și utilizarea unor protocoale adecvate pentru screening-ul și reproducerea germoplasmei [164]. La oara actuală din grupa *RNC* a plantelor a fost separată o grupă specifică, numită biostimulatori (*BS*) [83, 101, 317]. Inițial, unii cercetători au propus definiția științifică de biostimulatori vegetali, care menționau că aceștea sunt substanțe, altele decât îngrășămintele, care favorizează creșterea plantelor, fiind administrate în cantități minime. Apoi, definiția a fost completată de alții, definind că biostimulatorul este orice substanță activă sau microorganism aplicat plantelor cu scopul de a spori eficiența nutrițională, toleranța la stres abiotic și sau caracteristicile calității plantelor de cultură, indiferent de nutrienții acesteia [83]. Printre cele mai importante proprietăți ale biostimulatorilor putem menționa capacitatea acestora de a manifesta activitate biologică în concentrații mici, comparabile cu cele de acțiune ale fitohormonilor. În baza sursei și componenței, *BS* au fost clasificați în trei grupe ce conțin: 1) substanțe humice, 2) acizi aminici și 3) substanțe extrase din algele marine [87, 271, 345]. Ultimele reprezintă o sursă naturală și inepuizabilă de *BS* care pot avea diferite aplicații în agricultură. În

afară de efectele de îmbunătățire a proprietăților fizice și chimice ale solului, ele produc o gamă largă de RNC și de protecție a plantelor [83, 169, 299]. Componente și efecte biologice asemănătoare cu cele descrise pentru algele marine au fost descrise pentru substanțele eliminate în extractele din algele cu habitatul în lacuri [114, 201, 290]. Tratarea semințelor înainte de semănat și a plantelor pe parcursul vegetației cu preparate obținute din acestea demonstrează efecte benefice asupra rezistenței la stresul termic și productivității plantelor [63, 83, 142, 231, 347]. Spre deosebire de substanțele sintetice de protecție a plantelor, preparatele obținute din alge, cum ar fi BS *Reglalg*, nu exercită efecte negative asupra mediului ambiant, de aceea ele sunt compatibile cu agricultura organică [65, 332, 339,]. A fost demonstrat că utilizarea extractelor din alge în agricultură poate genera mai multe beneficii, incluzând stimularea creșterii sistemului radicular, sporirea fotosintezei și a rezistenței față de factorii de stres abiotic. Aceste extracte pot fi aplicate separat sau împreună cu reglatori, sau cu substanțe sintetice de protecție a plantelor, diminuând doza efectivă a acestora [65, 253, 340]. Prin urmare, BS conțin substanțe a căror funcție, atunci când sunt aplicați per plante sau introduși în rizosferă, independent de conținutul nutritiv al produsului, stimulează procesele naturale de sporire a vigoriei și rezistenței plantelor față de factorii de stres termic, contribuind la mărirea cantității și calității producției [66, 83, 101].

La tratarea plantelor cu BS se induc mai multe procese fiziologice, datorită cărora plantele devin pregătite pentru a răspunde mai rapid sau mai complet la influența factorilor de stres abiotic. Aceasta se realizează datorită inițierii activității diferitor procese metabolice și de modificare a expresiei genelor, contribuind la stimularea creșterii rădăcinilor, transportul, stocarea și asimilarea substanțelor nutritive, la sporirea rezistenței față de factorii de stres termic [48, 79, 179, 347]. La acțiunea factorilor de stres termic în plante se activează diferite mecanisme de rezistență care implică schimbarea calitativă și/sau cantitativă a proceselor de biosinteză a metaboliților, activarea căilor de semnalizare prin intermediul substanțelor inhibitoare și prin implicarea speciilor reactive de oxigen [150, 244]. Mai mult decât atât, stresul termic poate induce emisia unor compuși organici comuni, amploarea emisiilor induse depinzând de toleranța genotipului la stres, severitatea și durata de aplicare a factorului de stres. Acești componenți reprezintă semnale de răspuns intern la factorii de stres, care ulterior induc procesele de adaptare. Efecte similare se manifestă și la aplicarea exterioară a BS, diferența esențială fiind determinată de faptul că inițierea proceselor de adaptare are loc în lipsa acțiunii factorului de stres, el fiind preîntâmpinat datorită inițierii reacțiilor de rezistență [42, 43, 200]. În procesul acțiunii factorilor de stres, datorită stării inițiate a proceselor de adaptare, inducerea rezistenței se realizează mai rapid și mai complet. În stadiul inițial al ontogenezei plantelor această stare poate fi inițiată prin procedura de tratare a semințelor (datorită tratării lor cu apă sau soluții de unii compuși naturali și sintetici) [43, 255]. La

plantele rezultate din semințele tratate se manifestă inducerea unei stări fiziologice care asigură sporirea vigorii și toleranței la stresul termic. Astfel, sub influența biostimulatorilor starea fiziologică a plantelor se modifică. BS activează procesele de germinare, creștere și dezvoltare, stimulează activitatea fotosintetică și degradarea speciilor reactive de oxigen, modifică gradientul de fitohormoni și, datorită acestora, sporesc rezistența și capacitatea de restabilire a deteriorărilor provocate de stresul termic [40, 83, 313,]. În rezultatul acestor procese sub influența BS se modifică în mod complex metabolismul, expresia genelor, creșterea și dezvoltarea, rezistența la factorii de stres abiotic și productivitatea plantelor [32, 61, 340]. În complex, aceste procese influențează reglajul homeostaziei, care se instalează prin mecanisme specifice, în dependență de nișele ecologice cu fluctuații caracteristice condițiilor de mediu. Adaptarea plantelor se realizează datorită implicării mai multor strategii [61], incluzând influența directă a factorilor de mediu asupra expresiei genelor și metabolismului în plante, și influența indirectă asupra microorganismelor benefice și nocive cu care interacționează rădăcinile și lăstarul plantei [46, 219]. Dinamica proceselor de inducere și gradul de desfășurare a adaptărilor sunt determinate de semnalele interne care apar în urma reacției genotipului la condițiile de stres. Cum a fost menționat anterior, aceste semnale pot fi atât de proveniență internă, cât și externă, provocate de substanțele care intră în componența BS. Rezultatul final al aplicării BS va depinde de genotip, faza de dezvoltare, condițiile de mediu, componența, doza și modul de aplicare a acestuia [83, 253].

Având o compoziție complexă, BS pot simultan activa mai multe semnale, a căror funcționare se desfășoară complet și rapid doar în caz de reală necesitate. Este clar că procesele de inițiere necesită alocarea unor costuri suplimentare, care nu vor fi îndreptățite prin desfășurarea rapidă în cazul lipsei condițiilor de stres. Totuși, pierderile din cauza răspunsului tardiv și relativ slab la acțiunea factorului de stres pot fi mult mai mari. Beneficiile aplicării BS au fost detectate cu utilizarea diferitor preparate și la mai multe culturi [83, 332]. Efectul pozitiv se datorează, probabil, existenței unor căi comune de semnalizare ca răspuns la diferiți factori de stres. Acest rezultat nu este neașteptat, deoarece este cunoscut că la acțiunea diferitor factori de stres se induce un set de proteine comune cu proteinele șocului termic, răspunsul final fiind determinat de starea plantelor, dar nu neapărat de natura factorului care a indus această stare. În mod obișnuit (în lipsa acțiunii BS), rezistența de bază a plantei la factorul de stres este prea slabă, iar cea indusă se manifestă prea târziu, fiind suprimată și de desfășurarea rapidă a dereglărilor cauzate de factorul de stres. Stimularea rezistenței datorită tratării semințelor cu BS este destul de eficientă nu doar datorită inițierii în prealabil a proceselor necesare în desfășurarea proceselor ce asigură vigurozitatea față de factorii de stres abiotic, dar și pentru sporirea productivității plantelor. Aplicarea BS reprezintă o alternativă pentru gestionarea durabilă a factorilor de stres. BS dau

posibilitatea de a reduce utilizarea preparatelor sintetice de protecție și reprezintă o sursă importantă pentru extinderea agriculturii organice [46, 217, 332,]. Datorită faptului că sub influența BS procesele adaptive doar se inițiază, iar desfășurarea lor accelerată are loc îndată după acțiunea eventuală a factorului de stres, se reduce nu doar nivelul deteriorărilor, dar și *costurile* alocate de plantă pentru restabilirea acestora. Inducerea stării de alertă permite desfășurarea rapidă și intensă a proceselor ce duc la sporirea rezistenței plantelor îndată după inițierea acțiunii factorilor de stres [48, 142, 233]. BS pot spori disponibilitatea factorilor nutritivi, menținerea apei, ridică activitatea antioxidantă, conținutul de clorofilă etc. Interacțiunea dintre diferiți componenți poate influența în mod diferit starea fiziologică a plantei în dependență de specie și de etapa de dezvoltare, de aceea este necesar de cercetat activitatea biologică a BS în dependență de specie și chiar genotip [162]. În așa fel, datorită înțelegerii mai profunde a specificului interacțiunii diferitor componente asupra spectrului activității BS, pot fi optimizate regimurile de aplicare a lor.

1.3. Concluzii la capitolul 1

1. Factorii abiotici, cum ar fi temperaturile extreme, afectează creșterea, dezvoltarea și productivitatea plantelor. În aceste condiții, pentru a menține și chiar a spori productivitatea plantelor sunt necesare metode eficiente de cultivare a genotipurilor existente și selectarea de noi forme, corespunzătoare condițiilor specifice pentru fiecare zonă. Succesul rezolvării acestor probleme depinde de elucidarea mecanismelor care determină rezistența plantelor la acțiunea temperaturilor înalte și scăzute. Cunoașterea lor oferă posibilitatea nu doar de a selecta soiuri de plante bine adaptate noilor condiții, ci și de a distribui rațional soiurile existente pentru cultivare în zonele adecvate, realizându-se astfel potențialul lor biologic și agricol.

2. Temperaturile extreme negative și pozitive pot provoca scăderea sau chiar pierderea completă a culturii. Rezistența plantelor la astfel de temperaturi depinde de specificul integrării proceselor la diferite niveluri de organizare. Dinamica și integrarea acestor procese determină rezistența constitutivă și capacitatea plantelor de a se adapta la schimbările condițiilor de mediu. Morfologia organelor plantelor, vigoarea și viabilitatea semințelor se schimbă în funcție de condițiile de cultivare. Aceste modificări influențează atât mecanismele de evitare/ reducere a dozei factorului de stres, cât și mecanismele genetice de transmitere a rezistenței constitutive și adaptive a plantelor la acțiunea factorilor de stres. În acest context se poate afirma că prevenirea pierderilor de cultură este posibilă prin dezvoltarea unor metode – expres pentru determinarea rezistenței constitutive și induse a genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor extreme negative și pozitive.

3. Printre substanțele ce influențează creșterea și productivitatea plantelor se regăsesc și BS. Aceștia sunt implementați în practică pentru soluționarea unor probleme de ordin științific și tehnologic. Sub influența acestor substanțe se modifică în mod complex metabolismul, expresia genelor, creșterea și dezvoltarea, rezistența față de factorii de stres abiotic și productivitatea plantelor. Datorită utilizării acestora, plantele devin pregătite pentru a răspunde mai rapid și complet la eventuala acțiune a factorului de stres. Răspunsul de adaptare rapid reduce severitatea daunelor, concomitent intensificând procesele de recuperare a lor. Aceasta sporește în mod integral rezistența și productivitatea plantelor. Rezultatul final al aplicării BS va depinde de genotip, faza de dezvoltare, condițiile de mediu, componența, doza și modul de aplicare a acestuia.

2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

Activitățile experimentale efectuate în scopul elaborării metodelor eficiente de pregătire pentru germinare uniformă a semințelor și expunerea lor la stresul termic în vederea elaborării metodelor de determinare rapidă a rezistenței de bază și indusă la plantele de grâu comun pe parcursul ontogenezei, precum și evaluarea particularităților morfologice, fiziologice și biochimice a genotipurilor luate pentru studiu au fost realizate în cadrul Laboratorului de Biochimie a Plantelor al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor.

Cercetările prezentate au fost realizate în cadrul proiectului instituțional 15.817.05.13A (2015-2018) „Influența proceselor de inițiere și reglare a transformărilor speciilor reactive de oxigen SRO asupra proceselor de dezvoltare și rezistență a plantelor față de factorii de stres abiotic”, cu continuarea investigațiilor în proiectul de cercetare și inovare din cadrul Programelor de Stat 2020-2023 (20.80009.7007.07) „Determinarea parametrilor ce caracterizează rezistența plantelor cu nivel diferit de organizare la acțiunea temperaturilor extreme în scopul diminuării efectelor schimbărilor climatice”

2.1. Caracteristica materialului de cercetare

Obiectul de studiu. În calitate de material biologic au servit 21 de soiuri de grâu (*Triticum aestivum* L.) cultivate pe câmpul experimental al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor (IGFPP) din Chișinău; 10 soiuri și 40 de linii cultivate în regiunea Harkov (Ucraina). Lista soiurilor și liniilor de grâu utilizate în cercetări sunt incluse în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1. Lista soiurilor și liniilor implicate în cercetări

Soiurile reproduse pe câmpul experimental al IGFPP	Soiurile și liniile reproduse în regiunea Harkov, Ucraina	
	Soiuri	Linii
Antonovka, Auriu, Avantaj, Blagodarca, Căpriana, Chevalier, Ephoros, Epoha, H-333, Kuialnik, Matrix, Missia, Moldova 11, Moldova 5, Moldova 66, Odessaia 267, Odessaia 51, Pisanka, Plai, Skagen, Vdala.	Arctic, Batco, Coliciuga, Odessaia 267, Ovidii, Samurai, Scagen, Șestopalovca, Tuluza, Actor.	21, 29, 48, 83, 87, 91, 111, 123, 126, 140, 287, 300, 317, 372, 379, 420, 423, 464, 466, 471, 506, 517, 542, 543, 594, 634, 781, 857, 1013, 1014, 1032, 1051, 1054, 1079, 1087, 1088, 1101, 1108, 1150, 1169.

Soiurile de grâu comun de toamnă Kuialnik, Missia, Moldova 5, care au fost cultivate pe câmpul experimental al institutului, prezintă următoarele caracteristici:

• **'Kuialnik'** – soiul face parte din varietatea *Erythrosperrum*. Acest soi are spicul cu lungimea de 9-10 cm, formă cilindrică, cu 23 de spiculețe per spic. Bobul ovoid – oval, roșu, masa a 1000 de boabe constituie 40-42 g. Conține 13,0-13,7% proteine și 27,5-28,7% gluten. Numărul

de boabe în spic variază între 62 și 68. Perioada de vegetație constituie 273-281 de zile. Înălțimea plantelor este de 85-100 cm, gradul de înfrățire – 3-4 tulpini la o plantă. Manifestă toleranță înaltă la secetă și iernare (peste medie 7 din 9 baluri). Recolta obținută în condițiile de stepă din Ucraina constituie 5,4 – 6,1 t/ha. Posedă calități de panificație înalte. Norma de semănat este de 4,5-5,5 mil de boabe la 1 ha.

- **'Moldova 5'** – soiul face parte din varietatea *Lutescens*. Spic fără ariste cu lungimea de 7,1-7,5 cm, formă cilindrică, cu 21-24 de spiculețe per spic. Bobul oval, roșu, masa a 1000 de boabe constituie 43-45 g. Conține 12,8-14,0% proteine și 26,8-30% gluten. Numărul de boabe în spic variază între 33 și 41. Perioada de vegetație constituie 267-274 de zile. Înălțimea plantelor este de 70,8-92,0 cm, gradul de înfrățire – 2,6-2,8 tulpini la o plantă. Manifestă toleranță la secetă, iernare și maladii. Recolta obținută în condițiile Republicii Moldova constituie 4,7-5,2 t/ha. Posedă calități de panificație înalte. Norma de semănat este de 5,0-5,5 mil de boabe la 1 ha.

- **'Missia'** – soiul face parte din varietatea *Erytrospermum*. Spicul de lungime medie, formă cilindrică, de densitate medie. Bobul oval, masa a 1000 de boabe constituie 36-44 g. Conține 12,8-14,0% proteină și 26,8-30% gluten. Numărul de boabe în spic variază între 33 și 41. Perioada de vegetație constituie 226-278 de zile. Înălțimea plantelor este de 78-110 cm. Manifestă rezistență medie la secetă, iernare și maladii. Recolta în condițiile din regiunea Rostov variază între 3,9 și 4,4 t/ha. Posedă calități de panificație bune.

2.2. Metode de determinare a rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu la temperaturi extreme negative și pozitive în condiții de laborator

2.2.1. Determinarea rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu la șocul indus de temperaturile negative și pozitive

În cercetările preliminare au fost utilizate semințele soiului de grâu (*Triticum aestivum* L.) Odessaia 267, cu umiditatea relativă de 14%, uniforme după culoare, formă și dimensiune. Înainte de a fi supuse cercetărilor semințele au fost imersate pe parcursul diferitor perioade în apă distilată, la temperatura +4°C. Precizând cinetica de îmbibare a apei prin cântărirea semințelor, a fost apreciată perioada de imersare a semințelor suficientă pentru asigurarea gradului de umețare suficient pentru a asigura germinarea uniformă și rapidă a lor. Înainte de amplasare la germinare semințele au fost dezinfectate prin scufundare în soluție de 0,01% permanganat de potasiu pe parcursul a 10 min, apoi spălate cu apă distilată. După aceasta semințele din varianta martor au fost amplasate la germinare, iar cele din variantele experimentale au fost prealabil supuse șocului indus de temperaturile pozitive și negative, denumit în continuare șoc hipotermic și hipertermic.

Pentru a determina rezistența constitutivă la temperaturi negative, semințele din variantele experimentale au fost expuse la șoc hipotermic, fiind incubate la diferite temperaturi negative (*factorul intensiv*) și perioade de expunere (*factorul extensiv*). Incubarea a fost realizată în camera climatică RUMED TIP 3401 (RFG) cu exactitatea menținerii temperaturii $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ [341].

Pentru a determina rezistența constitutivă la temperaturi înalte, semințele din variantele experimentale au fost expuse la șoc hipertermic prin imersarea în apă la diferite temperaturi ridicate (exactitatea menținerii $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$) și durate de incubare. Temperatura de expunere a fost menținută cu ajutorul ultratermostatului U-10 (FRG) [146].

Pentru a preciza capacitatea de germinare a semințelor și creșterea ulterioară a plantulelor, semințele din varianta martor și cele experimentale au fost amplasate în cutii Petri, pe hârtie de filtru umedă și incubate în termostată la întuneric cu temperatura de $+25^{\circ}\text{C}$ și umiditatea relativă a aerului 75-85%. Semințele se considerau germinate atunci când radica atinge lungimea de 2-3 mm.

Pentru a determina influența șocului hipotermic și hipertermic asupra germinării semințelor, în ziua a cincea de la momentul amplasării în termostată pentru germinare a fost calculat procentul de germinare (G) a semințelor din variantele martor și experimentale conform formulei:

$$P_g = N_g / N \cdot 100,$$

unde: N_g și N – numărul de semințe germinate și numărul total de semințe semănate respectiv.

Numărul mediu de rădăcini la o plantulă (N_r) a fost determinat în baza calculării raportului dintre suma numărului de rădăcini ale tuturor plantulelor și suma numărului de plantule obținute din semințele care au fost în prealabil expuse la șocul cu temperaturi negative și pozitive:

$$N_r = (a_1 + a_2 + \dots + a_i) / n,$$

unde: n – numărul de plantule, a_i – numărul de rădăcini ale celei de-a i – lea plantulă, $1 \leq i \leq n$.

Viteza creșterii zilnice (VCZ, mm/zi) în lungime a radiclei și a coleoptilului plantulei a fost determinată după următoarea formulă:

$$VCZ = (L_i - L_{i-1}) / (t_i - t_{i-1}),$$

unde: L_i – lungimea radiclei sau a coleoptilului înregistrată în a i -zi, iar t_i – numărul zilei în care s-au efectuat măsurările (i – primește valorile 1, 2, 3, 4, 5; $t_0 = 0$, $t_1 = 1$, $t_2 = 2$, ...).

2.2.2. Determinarea „costului” rezistenței plantulelor genotipurilor de grâu obținute din semințe expuse la șoc hipotermic și hipertermic

Înainte de pregătirea semințelor pentru germinare a fost determinată masa uscată a acestora (MUS). La sfârșitul perioadei de incubare pentru germinare a fost determinată masa uscată a rădăcinilor (MUR), a lăstarului (MUL) și masa uscată a endospermului după germinarea seminței

și creșterea plantulei (*MUE*). Pentru a determina masa uscată, materialul vegetal a fost introdus în termostatul climatic la temperatura de 105°C și incubat până la atingerea unei mase constante. Parametrii menționați au fost determinați atât la plantele din variantele martor, cât și la cele din variantele experimentale.

Pentru a determina eficacitatea utilizării biomasei endospermului pentru germinare și creștere a fost determinată masa rădăcinilor, lăstarului, plantulei întregi, pe de o parte, și masa neutilizată a endospermului și calculată cea consumată pentru respirație, pe de altă parte. Masa endospermului consumată pentru respirație (*MCR*) a fost determinată din ecuația:

$$MCR = MUS - (MUR + MUL + MUE),$$

unde: *MUS* – masa uscată a seminței înainte de germinare, *MUR* – masa uscată a rădăcinilor, *MUL* – masa uscată a lăstarului, *MUE* – masa uscată a endospermului după germinarea seminței și creșterea plantulei (după 120 ore de la momentul amplasării semințelor în termostaț pentru germinare).

Ulterior, rata din biomasa endospermului translocată pentru creșterea rădăcinilor (*MER*), lăstarului (*MEL*), plantulei (*MEP*), masa endospermului neutilizat (*MEN*) și cea consumată pentru respirație (*MEE*) au fost determinate după următoarele formule:

$$MER = (MUR / MUS) * 100\%,$$

$$MEL = (MUL / MUS) * 100\%,$$

$$MEP = (MUR + MUL) / MUS * 100\%,$$

$$MEN = (MUE / MUS) * 100\%,$$

$$MEE = (MCR / MUS) * 100\%.$$

Eficacitatea metabolică a semințelor (*EMS*) a fost evaluată utilizând raportul dintre biomasa uscată a plantulei și cea eliminată pentru respirație conform formulei [274]:

$$EMS = ((MUR + MUL) / MUE) * 100$$

În baza acestor parametri, determinați pentru semințele soiului Odesskaia 267 și Moldova 5, au fost determinate duratele și temperaturile de expunere la șocul cu temperaturi pozitive și negative care în varianta experimentală au cauzat diminuarea procentului de germinare a semințelor cu 50% față de cel în varianta martor. Aceste doze de șoc hipotermic și hipertermic au fost alese pentru a fi ulterior aplicate pentru a aprecia rezistența constitutivă la arșiță sau ger a genotipurilor de grâu, precum și a costului alocat de acestea pentru germinare și creștere. Datele obținute cu semințele din variantele experimentale au fost comparate cu cele din variantele martor. În baza acestor date, pentru a determina rezistența constitutivă a genotipurilor de grâu la temperaturi negative a fost aplicat șocul hipotermic de -7°C pe parcursul a 8 ore, iar rezistența la temperaturi înalte – prin expunerea lor la +50 sau +52°C pe parcursul a 30 min. După aplicarea

acestor doze de șoc hipotermic și hipertermic au fost obținute rezultate, care au dat posibilitatea de a selecta genotipurile de grâu, incluse în cercetări, în conformitate cu rezistența lor constitutivă la acțiunea temperaturilor înalte și negative [60, 143, 341, 342].

2.2.3. Determinarea influenței biostimulatorului *Reglalg* asupra rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu la șoc hipertermic și hipotermic

În vederea evaluării influenței BS *Reglalg* asupra reacției genotipurilor la șocul hipertermic și hipotermic, în cercetări au fost utilizate semințele a 9 genotipuri de grâu cu rezistență diferită la temperaturi extreme. Înainte de a fi expuse factorului de stres, semințele au fost tratate cu soluție de BS *Reglalg* extras în condiții specifice din biomasa algelor genului *Spirogyra* [59]. Pentru a determina influența preparatului asupra soiurilor de grâu, semințele înainte de semănat au fost tratate cu soluție de BS *Reglalg*, diluată cu apă în raport de 1/200. Umeectarea uniformă a semințelor a fost asigurată prin imersarea de scurtă durată (2-5 minute) a semințelor în apă distilată (*martor*) și în soluție de BS *Reglalg* (*experiment*). În această perioadă, datorită adsorbției apei sau a BS *Reglalg*, masa totală a semințelor s-a mărit cu 3%. Ulterior semințele au fost amplasate pe peliculă de polietilenă și lăsate pentru a se zvânta la temperatura de 18-20°C, pe parcursul a 30 de minute. Modalitatea de pregătire a semințelor pentru aplicarea ȘT cu temperaturi pozitive și negative, germinație și creștere a plantulelor în condiții de laborator, a fost analoagă cu celei expuse în 2.2.1.

2.3. Metode de determinare și de modificare a rezistenței plantelor genotipurilor de grâu cultivate în condiții de câmp la temperaturi extreme negative și pozitive

2.3.1. Determinarea rezistenței plantelor genotipurilor de grâu la acțiunea șocului hipotermic și hipertermic

În cercetările efectuate în condiții de câmp, experimentele au fost amplasate pe 18 parcele dreptunghiulare cu suprafața de 9 m² fiecare (lungimea – 9 m, lățimea – 1 m) amplasate în bloc, în trei repetiții randomizate pentru fiecare variantă, și mărginite cu parcele de protecție.

Înainte de semănat semințele genotipurilor incluse în cercetare au fost repartizate în variantele *martor* (semințele în prealabil imersate în apă) și variantele experimentale (semințele în prealabil imersate în soluție de BS *Reglalg*). Semințele tuturor variantelor menționate au fost semănate mecanizat la adâncimea de 6 cm pe parcelele din câmpul experimental al IGFPP. Cercetările în condiții de câmp au fost efectuate pe parcursul anilor 2014-2017.

În perioada de vegetație au fost realizate observații fenologice asupra proceselor de creștere (fazele de răsărire, pre-înfrățire, înfrățire, apariția rădăcinilor adventive) și dezvoltare a plantelor (fazele de burduf, înflorire și formare a boabelor – maturitate în lapte, ceară și maturitate deplină).

Cercetările privind rezistența la iernare au vizat determinarea stării plantelor la intrarea și ieșirea din iarnă, fiind vizual apreciat gradul de rărire a semănăturilor și stabilit procentul de plante afectate de îngheț. Se cunoaște că pe parcursul toamnei, iernii și primăverii timpurii în plantele de grâu se petrec o serie de procese ce determină înfrățirea și rezistența lor la ger [98]. Având în vedere această constatare, la 60 și 90 de zile după semănat, după realizarea primei și celei de a doua faze de călire [99], plantele din variantele martor și din cele experimentale au fost prelevate din câmp pentru a determina rezistența lor la șocul hipotermic și hipertermic. Pentru aceasta plantele din toate variantele în prealabil au fost separate în trei grupe: 1) pentru analiza imediată a parametrilor fiziologici; 2) pentru analiza parametrilor fiziologici după expunerea plantelor la șocul hipertermic; 3) pentru analiza parametrilor fiziologici după expunerea plantelor la șocul hipotermic.

Expunerea la șocul hipertermic a fost efectuată prin imersarea plantelor în apă la temperaturile de +41, +43, +45, +46, +47, +48°C, timp de 15 min, iar expunerea la șocul cu temperaturi negative a fost realizată prin incubarea în camera climatică la diferite temperaturi negative (între -10 și -14°C) pe parcursul a 8 ore. La plantele martor și la cele expuse șocului hipotermic și hipertermic a fost înlăturat epicotilul prin scindarea lui la 0,5 mm distanță de la primul internod (el reprezintă baza nodului de înfrățire). Pentru a induce apariția rădăcinilor adventive din acest internod, plantele au fost introduse în apă distilată (internodul fiind imersat în apă) și incubate în termostat la temperatura de +22°C și fotoperioada naturală din lunile decembrie – ianuarie. După aceasta, pe parcursul a 7 zile a fost monitorizată starea plantelor. Plantele la care în această perioadă s-a manifestat creșterea frunzelor și apariția rădăcinilor adventive din nodul de înfrățire au fost considerate viabile. În ziua a 7-a au fost prelevate probe din frunzele plantelor luate în cercetare atât din experimentul cu expunerea lor la temperaturi scăzute negative, cât și din cel cu temperaturi pozitive, precum și din plantele care nu au fost supuse șocului. În extractele din probele prelevate a fost determinat conținutul clorofilei “a”, “b” și a carotenoidelor după metoda descrisă în 2.3.3.

2.3.2. Determinarea influenței biostimulatorului Reglalg asupra rezistenței plantelor genotipurilor de grâu la acțiunea șocului hipotermic și hipertermic

În primul an de cercetare (2014- 2015) în experimentele de câmp au fost utilizate semințele grâului Moldova 5 tratate cu apă (martor) și cu soluții de BS *Reglalg* (experiment), diluate cu apă în raport de 1/1000, 1/800, 1/400, 1/200, 1/100. După aceasta semințele au fost semănate manual la adâncimea de 6 cm în sol pe câmpul experimental. Variantele respective au fost amplasate separat pe parcele cu suprafața de 5 m² (lungimea 5 m și lățimea 1 m). Astfel au fost asigurate

condiții identice de germinare, creștere și dezvoltare a plantelor. La faza de trei frunze a fost determinată lungimea epicotilului și indirect profunzimea amplasării în sol a nodului de înfrățire (a primului internod). Luând în considerare adâncimea identică a semănatului, a fost posibilă calcularea corectă a profunzimii amplasării în sol a nodului de înfrățire, egală cu diferența dintre adâncimea semănatului (6 cm) minus lungimea epicotilului. Aceste calcule au fost realizate atât pentru plantele martor, cât și pentru cele experimentale. În așa fel a devenit posibil de determinat diluția optimă de BS *Reglalg* care a influențat benefic asupra organogenezei, creșterii și dezvoltării plantelor cultivate în câmp. Cele mai productive rezultate au fost obținute în urma tratării semințelor cu soluție de BS *Reglalg* diluată cu apă în raport de 1/200. Anume această diluție a preparatului a fost aplicată în cercetările ulterioare la tratarea înainte de semănatul în câmp a semințelor genotipurilor de grâu destinate pentru aprecierea influenței BS *Reglalg* asupra rezistenței genotipurilor de grâu la arșiță și ger. Procedurile de expunere la temperaturi extreme a plantelor obținute din semințe tratate cu BS *Reglalg* au fost identice cu cele care au fost utilizate pentru testarea plantelor din varianta martor. Prelevarea plantelor pentru testarea expunerii la șocul hipertermic și hipotermic a fost efectuată concomitent la plantele din variantele martor și la cele din variantele experimentale [142].

2.3.3. Determinarea influenței biostimulatorului Reglalg asupra conținutului de pigmenți asimilatori în frunza stindard a plantelor genotipurilor de grâu

Pe parcursul dezvoltării plantelor martor și a celor experimentale, cultivate în câmp, a fost determinat indicele clorofilic după metoda [282] și conținutul de pigmenți asimilatori din frunzele stindard a trei soiuri de grâu comun de toamnă (Kuialnik, Moldova 5, Missia). În scopul determinării conținutului de pigmenți clorofilieni și carotinoide a fost colectată frunza stindard de la plantele aflate în fazele de burduf, înflorire și formare a boabelor (maturitate în lapte, ceară). Pentru a înlătura praful, frunzele au fost spălate cu apă distilată. După zvântarea lor, cu ajutorul ștanței a fost efectuată decuparea unor porțiuni circulare de limb foliat cu diametrul de 9 mm. Câte 0,1g de segmente circulare de limb foliat au fost mărunțite în acetonă (100%). Extragerea pigmenților din materialul vegetal macerat a fost realizată prin adăugarea în porții a acetonei. După adăugarea fiecărei porții de soluție, amestecul se filtra prin filtrul de sticlă nr.3 în colba Bunzen unită la pompa de vid format de apa curgătoare. Pentru decolorarea completă a materialului macerat erau suficiente 5 porții a câte 3-5 ml de acetonă. Volumul final de extracție a constituit 25 ml pentru fiecare probă. Determinarea concentrației de pigmenți fără separarea lor preliminară a fost efectuată pe un spectrofotometru (T60 U UV/VIS) la lungimile de undă 662, 644, 440 nm.

Concentrația (C) mg/l și conținutul clorofilei “a” și “b”, precum și al carotenoidelor a fost calculat după formulele din metoda descrisă în [346].

$$C_a = 9,784 \cdot D_{662} - 0,990 \cdot D_{644},$$

$$C_b = 21,426 \cdot D_{644} - 4,650 \cdot D_{662},$$

$$C_c = 4,695 \cdot D_{440} - 0,268 \cdot C_{a+b},$$

unde: C_a – concentrația clorofilei “a”, mg/l; C_b – concentrația clorofilei “b”, mg/l; C_c – concentrația carotenoidelor, mg/l; D – este absorbția găsită pentru extractul investigat (cu grosimea stratului de 1 cm) la lungimile de undă indicate.

Determinarea conținutului acestor pigmenți la 1 g a fost realizată conform formulei:

$$A = (C \cdot V) / (1000 \cdot m),$$

unde: A – conținutul de pigmenți, mg/g masa proaspătă; C – concentrația pigmenților, mg/l; V – volumul extractului de pigmenți, ml; m – masa materialului vegetal, g.

2.4. Metode de apreciere și modificare a productivității plantelor și calității semințelor genotipurilor de grâu

2.4.1. Determinarea influenței biostimulatorului Reglalg asupra elementelor de productivitate a plantelor de grâu

În perioada de recoltare a grâului au fost colectate plantele de pe 1 m² în trei repetiții din fiecare parcelă a variantei martor și a celei experimentale. Plantele de pe fiecare metru pătrat, legate în snop, au fost aduse în laborator, unde au fost desprinse spicele. În continuare spicele din fiecare snop au fost numărate și cântărite. Astfel a fost determinat numărul de spice productive și masa spicelor obținute de pe 1 m². După aceasta au fost numărate spiculețele și boabele din spic, determinând numărul mediu de spiculețe și boabe per spiculeț și spic. Din semințele de grâu colectate de la spicele fiecărei probe au fost numărate 1000 de semințe în trei repetiții și a fost determinată masa medie la 1000 de boabe [338]. Aceste determinări au servit pentru calcularea recoltei așteptate de pe un hectar (Rh) atât pentru plantele din varianta martor, cât și pentru cele din varianta experimentală conform formulei [210]:

$$Rh = N_{r_s} \cdot N_{r_b} \cdot MMB / 10\,000, \text{ q/ha},$$

unde: N_{r_s} – numărul de spice per m², N_{r_b} – numărul de boabe în spic; MMB – masa la 1000 de boabe.

2.4.2. Determinarea influenței biostimulatorului Reglalg asupra elementelor de calitate a semințelor de grâu

a) Indicele de sedimentare a proteinelor în făină. Unul dintre parametrii cei mai importanți în aprecierea calității făinii este rata de sedimentare a proteinelor. Prin efectuarea

testului indicelui Zeleny de sedimentație se obțin informații cu privire la conținutul de proteine și duritatea boabelor de grâu. El se exprimă prin volumul (ml) sedimentului obținut din suspensia de făină în soluție de 6% de acid acetic.

Pentru a determina indicele de sedimentare în probele de semințe recoltate din spicele productive din varianta martor și din cea experimentală, în prima etapă probele destinate pentru analiză au fost separate de impurități prin sitarea manuală, folosind o sită cu dimensiunea ochiurilor 25 mm x 3 mm. Probele constituite din 30 g semințe au fost măcinate cu ajutorul morii Retsch GM 200. Pentru analize a fost utilizată făina trecută printr-o sită cu dimensiunea ochiurilor de 300 μ m. Pentru analizele ulterioare din fiecare probă au fost cântărite 3 g de făină cu precizia de $\pm 0,01$ g și transferate în tuburile de sedimentare adăugându-se 50 ml soluție de albastru de brom-fenol în concentrație de 0,0004%. Tuburile astupate cu dopuri se agitau manual prin mișcare în poziție orizontală a cilindrului timp de 5 secunde. Ulterior tuburile erau amplasate în agitator, unde se agitau timp de 5 minute, după ce în ele s-a adăugat 25 ml de acid acetic de 6%, agitarea continuând încă 5 minute. După agitarea probelor, tuburile au fost lăsate în repaus, valoarea de sedimentare (ml) fiind citită/înregistrată după 15 minute. Volumul sedimentului din cilindru exprimat în mililitri reprezintă indicele Zeleny. Pentru fiecare probă acest indice a fost determinat în trei repetări. Ca rezultat a fost calculată media aritmetică a rezultatelor celor trei determinări. Rezultatul a fost exprimat prin numărul întreg al valorii medii. Valori ale indicelui de sedimentare pentru făina de grâu, calitatea făinii pentru toate probele analizate au fost apreciate în conformitate cu cerințele din [337].

b) Conținutul și calitatea de gluten în făină

Pentru a determina conținutul de gluten umed și uscat au fost cântărite câte 50 g de semințe din recolta colectată de la spicele fiecărei probe martor sau experimentală, apoi măcinate în moara de laborator Retsch GM 200 până la formarea făinii. Din făina obținută au fost prelevate câte 25g, introduse fără pierderi într-un mojar de porțelan, ulterior fiind adăugate 12,5 ml de clorură de sodiu cu concentrația de 2%. Amestecul a fost frământat 3-4 minute până la obținerea unui aluat omogen. Astfel obținut, aluatul a fost acoperit cu peliculă de celofan, lăsat în repaus timp de 15 minute, după ce aluatul a fost spălat pe suprafața unei site dese de mătase în soluție de clorură de sodiu cu concentrația menționată. Temperatura soluției de pregătire a aluatului și de spălare a fost menținută la 18-20°C. Spălarea se considera terminată atunci când picăturile ce se scurgeau la stoarcerea glutenului în amestec cu soluție de iod (cutanată) în concentrația de 5% nu se colorau în albastru (nu conțineau amidon). La acest moment pe suprafața sitei rămânea doar glutenul purificat. Pentru fiecare probă întreaga operație de spălare a durat aproximativ 30 de minute.

Pentru eliminarea excesului de soluție, glutenul umed a fost stors manual până la momentul când acesta începea să se lipească de degete. Astfel zvântat, glutenul a fost plasat direct pe platanul balanței și cântărit, cu precizie de $\pm 0,0001$ g. Pentru fiecare probă au fost efectuate trei determinări ale masei glutenului obținute în urma extragerii din 25 g de făină. Calculul conținutului de gluten în 100 g de făină a fost efectuat după următoarea formula (%) :

$$\text{Gluten} = (m_1/m) \times 100,$$

unde: m_1 – masa glutenului rămas după zvântare, g; m – masa probei de făină luată pentru analiză, g. Menționăm că diferența dintre datele obținute în cele trei determinări paralele a glutenului din 100 g de făină nu au depășit 2 g [336].

Pentru a evalua calitatea glutenului, din probele obținute au fost separate porțiuni cu masa egală cu 4 g fiecare, modelate în formă sferică și imersate în recipiente cu 3 dm³ de apă, la temperatura de +18 – +20°C. După 15 minute de imersare de pe globulele de gluten sferice au fost eliminate picăturile de apă prin scurgere și apoi așezate cu baza în centrul coloanei sub poansonul glutografului ИДК-1М (РУСЬКРАНСНАБ, Белгород). Durata presării globulei de gluten a fost egală cu 30 de secunde, după ce a fost citită valoarea indicată de pe ecran. Astfel, după însușirile reologice au fost apreciate proprietățile de extensibilitate a glutenului, ele fiind exprimate în unități convenționale (mm). În funcție de semnificația valorilor obținute, glutenul a fost referit la grupul de calitate în conformitate cu cerințele specificate în [336].

2.5. Metode statistice de prelucrare a datelor

Datele obținute au fost prelucrate statistic prin calcularea următorilor indici: media aritmetică ($\bar{x}$), intervalul de confidență pentru medie (Δ), devierea standard (DS), eroarea standard a mediei (ES), coeficientul de variație (CV). Toate datele sunt prezentate ca $\bar{x} \pm DS$ [54]. Diferențele statistic semnificative între mediile aritmetice ale parametrilor din variantele martor și experiment au fost determinate cu ajutorul t-testului pentru două variabile independente (Student test, Statistica 12). Deviația procentuală (δ) a valorilor medii ale indicilor soiurilor între martor și experiment a fost calculată după formula $\delta = [ABS(\bar{x}_M - \bar{x}_E) / \bar{x}_M] \times 100\%$; unde $\bar{x}_M$, $\bar{x}_E$ – media aritmetică martor și experiment, respectiv. Rezultatele experimentale au fost analizate cu utilizarea pachetului de programe pentru analiză statistică (Statistica 12), urmat de testul comparațiilor multiple și analizate prin analiza varianței și a testului Duncan, care indică diferența statistic semnificativă ($p < 0,05$) dintre soiuri. Dendrograma a fost construită în baza coeficientului de distanță *Euclidiană* calculat prin metodele de clusterizare. Reprezentarea grafică, tabelară și textuală a fost efectuată cu utilizarea programelor Microsoft Word, Microsoft Excel.

2.6. Concluzii la capitolul 2

1. Au fost elaborate și testate metode moderne în vederea stabilirii în mod rapid a diferenței dintre rezistența constitutivă sau cea indusă a genotipurilor de grâu comun de toamnă la acțiunea temperaturilor extreme pozitive și negative.

2. Metodele au fost testate utilizând semințele a 50 de genotipuri de grâu cultivate în Ucraina și semințelor a 21 de genotipuri cultivate în Moldova. Eficacitatea metodelor a fost testată prin determinarea rezistenței la temperaturi extreme a plantelor obținute în urma cultivării a trei genotipuri de grâu pe Câmpul Experimental al IGFPP, analizele fiind efectuate la plantele colectate în timpul iernii după realizarea primei și a celei de a doua etape/faze de călire.

3. Elaborarea metodelor de determinare a dozelor optime de tratare a semințelor cu biostimulator pentru aplicarea eficientă al acestuia, în vederea sporirii rezistenței și productivității plantelor de grâu.

4. Utilizarea metodelor biotenologice, biofizice, biometrice, fiziologice, biochimice și analiza statistică de prelucrare a datelor în rezultatul realizării metodologiei propuse.

3. ESTIMAREA REACȚIEI GENOTIPURILOR DE GRÂU COMUN DE TOAMNĂ LA ACȚIUNEA STRESULUI TERMIC ÎN ETAPELE ÎNȚIALE ALE ONTOGENEZEI PLANTELOR

În condițiile de încălzire globală a climei, sporește riscul depășirii pentru perioade îndelungate a temperaturii de +33°C, care se consideră limitativă pentru dezvoltarea și productivitatea plantelor de grâu comun de toamnă. Actualmente sporește probabilitatea extinderii nu doar a frecvenței expunerii îndelungate a plantelor la temperaturi extreme, dar și a creșterii valorii maximelor acestora, ceea ce în general va aprofunda dereglările funcționale ale plantelor de grâu cultivate în aceste condiții [125]. Luând în considerare cele expuse, devine iminentă necesitatea perfecționării metodelor de testare rapidă și selecție a unor genotipuri de grâu rezistente la factorii de stres termic și înalt productive. Din punct de vedere practic, deosebit de importantă este elaborarea unor metode rapide și fiabile de determinare a rezistenței genotipurilor de grâu la etapele inițiale ale ontogenezei, în special la cea de germinare a semințelor. Aceasta ar da posibilitatea de a aprecia în mod separat rezistența constitutivă (primară) a genotipului, fapt ce ar permite ulterior de a aprecia și specificul derulării proceselor de adaptare la factorii de stres termic a genotipurilor cu rezistență constitutivă diferită. Pentru a soluționa această problemă, ne-am propus să aplicăm metodologia de apreciere rapidă a rezistenței plantelor la factorii de stres, elaborată pentru determinarea rezistenței la factorii de stres a sistemelor tehnice [348]. Utilizând principiile acestei metodologii, am elaborat metode de determinare rapidă a rezistenței genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor înalte și joase, prin expunerea semințelor și a plantelor la stresul termic cauzat de temperaturile negative sau mult mai înalte în comparație cu cele ce sunt caracteristice pentru mediul de cultivare.

3.1. Influența șocului hipertermic asupra germinării semințelor soiului de grâu Odessaia 267

Procesele de germinare a semințelor de grâu se inițiază la un nivel optimal în perioada când în urma absorbției ele acumulează 40-47% de apă, relativ la masa totală. În timpul îmbibării cu apă din semințe se elimină treptat oxigenul. Fenomenul se manifestă cu atât mai pronunțat, cu cât este mai ridicată temperatura în timpul îmbibării cu apă [227, 334]. Din aceste considerente, în experimentele de laborator pregătirea semințelor pentru germinare și expunere la stresul termic a fost realizată prin imersarea prealabilă a lor în apă distilată la temperatura de +4°C. În Figura 3.1 este prezentată dinamica acumulării apei în semințele de grâu, soiul Odessaia 267, în dependență de durata de umectare a lor cu apă. În dependență de viteză, curba de acumulare a apei în semințe poate fi divizată în trei faze cu cinetică de acumulare a apei diferită: (I) 0 - 12 ore; (II) 12 - 56 de

ore; (III) 56-130 de ore. La trecerea de la o fază la alta, ritmul de acumulare a apei în semințe a scăzut progresiv. Dacă în perioada (I) în fiecare oră în semințe s-a acumulat 2,8% de apă relativ la masa uscată a seminței, apoi în perioadele (II) și (III) viteza de acumulare a diminuat respectiv până la 0,9 și 0,7% timp de o oră. În așa fel, în comparație cu perioada (I) viteza medie de acumulare a apei în perioadele (II) și (III) s-a micșorat de 3 și 4 ori, respectiv. Cinetica de acumulare a apei în interiorul fiecărei perioade se descrie satisfăcător cu ecuații de gradul doi. Analiza ecuațiilor (Figura 3.1) dă posibilitatea de a confirma modificarea intensității acumulării apei la trecerea de la o perioadă la alta. În dinamica de adsorbție a apei menționăm existența a două praguri, care indică scăderea bruscă a ratei de absorbție a apei la trecerea de la o etapă la alta. Aceasta se confirmă de schimbarea valorilor absolute ale coeficienților de proporționalitate la componenții X și X^2 ai ecuațiilor ce descriu absorbția apei în fiecare perioadă (Figura 3.1). La trecerea de la etapa I la etapele II și III valoarea coeficientului lângă X s-a schimbat de la 2,15 la 0,69 și 0,44, iar a celui lângă X^2 – de la 0,055 în perioada (I) la 0,0039 și 0,0018 în perioadele (II) și (III), respectiv. În așa fel, valoarea acestui coeficient lângă variabila X în perioadele (II) și (III) diminuează în comparație cu cel din perioada (I) de 3,1 și 4,9 ori, iar lângă variabila X^2 – de 14,1 și 30,6 ori.

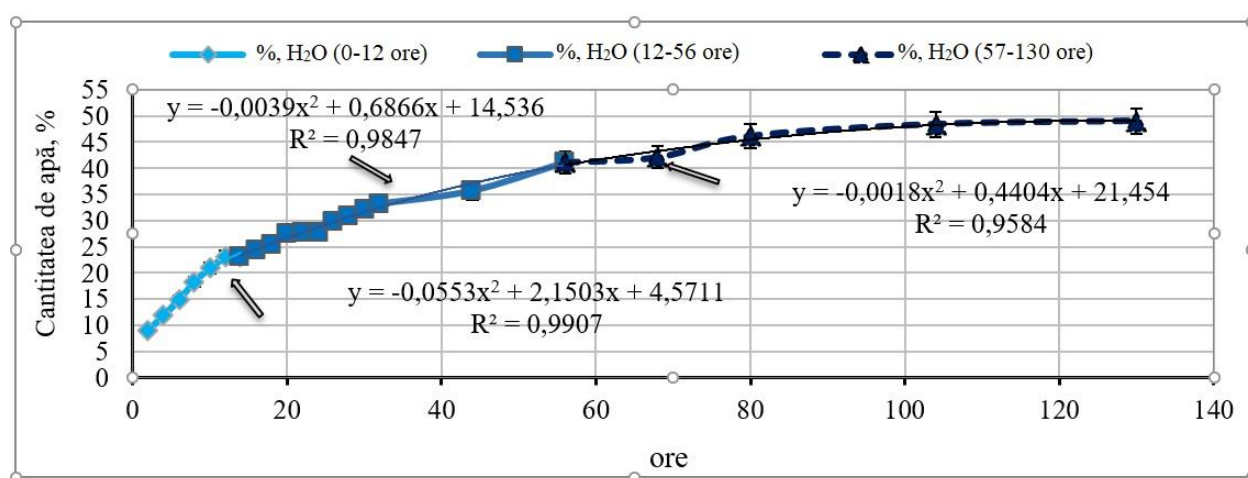


Fig. 3.1. Dinamica absorbției apei de către semințele soiului de grâu Odesskaia 267 în dependență de durata de imersare în apă la temperatura de +4°C

În literatura de specialitate există informație că în perioada (I) are loc hidratarea învelișului seminal, a straturii aleuronice și a embrionului, iar la sfârșitul perioadei (I) și pe parcursul perioadei (II) are loc penetrarea apei din straturile exterioare ale endospermului, atunci când în perioada (III) se realizează echilibrul în distribuția apei în interiorul seminței [334]. Aceste schimbări majore ale cantității de apă și dispersarea apei în sămânță, ce au loc pe parcursul celor trei perioade menționate, influențează starea fiziologică a semințelor, în special capacitatea lor germinativă. În

prima perioadă de imersare parametrii ce caracterizează viteza de acumulare a apei în semințe sunt preponderent influențați de proprietățile fizico-chimice ale compușilor biochimici din semințe, iar ulterior, în perioada a doua – de creșterea progresivă a aportului proceselor de acumulare activă a apei.

Despre aceasta ne sugerează și datele privind energia de germinare a semințelor în interiorul perioadelor menționate (Figura 3.2), ale căror valori medii prezintă diferențe statistice semnificative ($p < 0,05$). Putem remarca majorarea procentului de germinare a semințelor imersate în apă pe parcursul a 36 de ore în comparație cu cele imersate numai 12 ore. Totodată, mărirea duratei de îmbibare de la 36 de ore până la 72 de ore a influențat negativ germinarea semințelor. Aceste date certifică informațiile din literatura de specialitate privind activarea proceselor biochimice necesare pentru inițierea germinării în primele 9 ore de penetrare a apei (în perioada (I)), ceea ce asigură derularea proceselor metabolice și inițierea consecutivă a biosintezei proteinelor și ARN, iar prelungirea imersării semințelor în apă (perioada (II)) asigură inițierea biosintezei ADN [212, 311]. Anume în această perioadă se manifestă trecerea celulelor embrionului din faza *pre-sintetică* (G_1) în cea *sintetică* (S) a ciclului mitotic [21, 138]. Deoarece în normă durata fazei G_1 nu depășește 3 ore, reținerea trecerii de la faza G_1 la faza S la semințele aflate în starea de repaus, începutul germinării este determinat de mai mulți factori [95, 96, 212, 311].

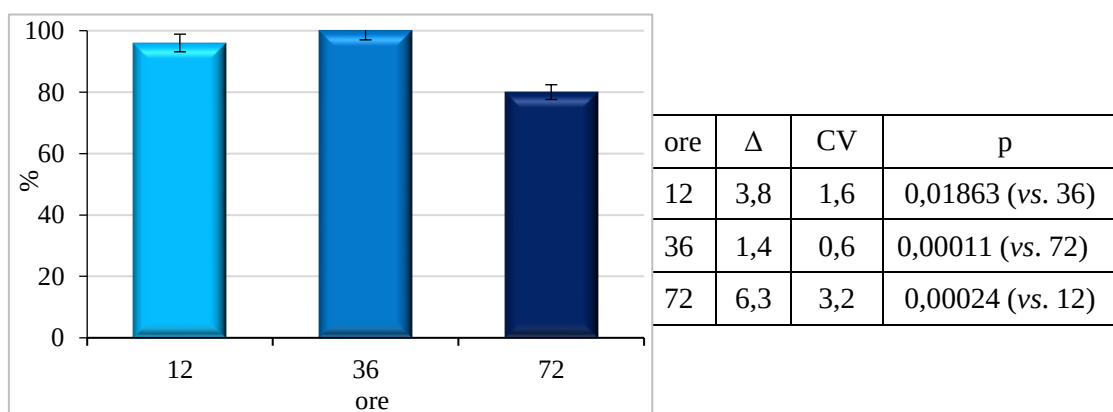


Fig. 3.2. Influența duratei de imersare în apă la temperatura de +4°C asupra capacității germinative a semințelor soiului de grâu Odessaia 267

Printre aceștia în primul rând menționăm frânarea metabolismului cauzat de nivelul redus de apă și de lipsa unor componente proteice necesare pentru inițierea biosintezei ADN-ului. Extinderea duratei de umectare până la trecerea semințelor în perioada (III) de îmbibare cu apă are efecte negative asupra energiei germinative a semințelor. Probabil, aprofundarea stării de anoxie,

activarea respirației și stoparea unor procese biochimice care au fost inițiate în perioadele anterioare, dar a căror finalizare necesită utilizarea oxigenului, sunt cauzele principale ale diminuării capacității germinative a semințelor în această perioadă [34, 334].

Pentru a analiza mai profund diferențele posibile dintre starea fiziologică a semințelor imersate în apă pe parcursul a 12, 36 și 72 de ore, înainte de amplasarea lor la germinare ele au fost supuse la diferite temperaturi înalte pe parcursul a 30 de minute (Figura 3.3). Diferența semnificativă statistic a valorilor medii ale procentului de germinare a semințelor între martor și experiment este confirmată de valoarea $p < 0,05$. În dependență de temperatura de expunere, efectul șocului hipertermic asupra procentului de germinare a semințelor s-a manifestat la un nivel diferit. De exemplu, sub influența temperaturilor de +48, +50 și +52°C asupra semințelor prealabil imersate în apă pe parcursul a 12 ore capacitatea germinativă a acestora a scăzut de la 96% în varianta martor până la 80, 70 și 50% în variantele experimentale. Devierea procentuală a acestor valori a scăzut în comparație cu varianta martor cu 16,9, 27,7 și, respectiv, 48,1%. Totodată după imersarea semințelor în apă pe parcursul a 36 ore procentul de germinare în varianta martor a atins 100%. În cazul în care această perioadă de imersare semințele au fost expuse la aceleași temperaturi, procentul de germinare a scăzut până la 70, 60 și 40%. Diferența procentuală dintre aceste valori ale variantelor experimentale și ale celor din varianta martor a diminuat cu 30,1, 39,8 și 60,2%, respectiv.

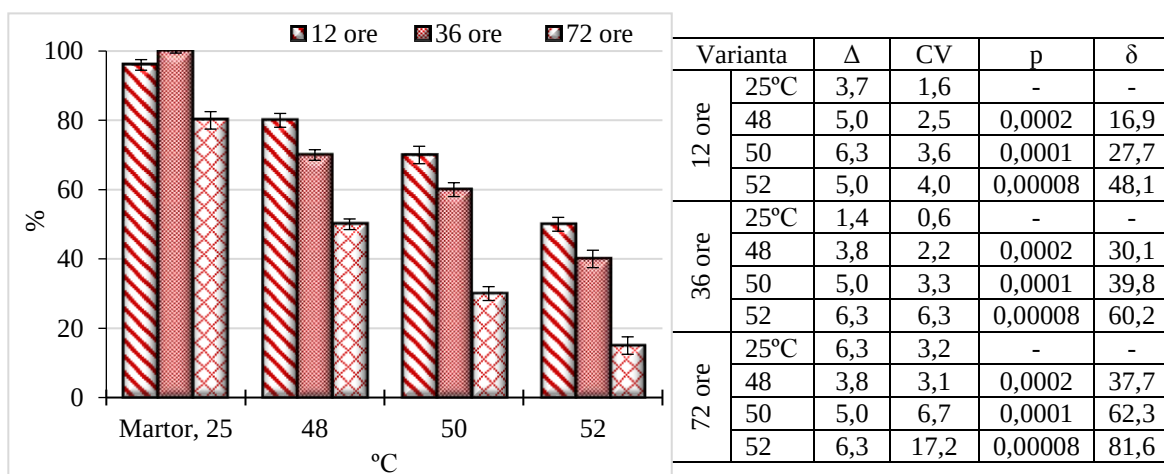
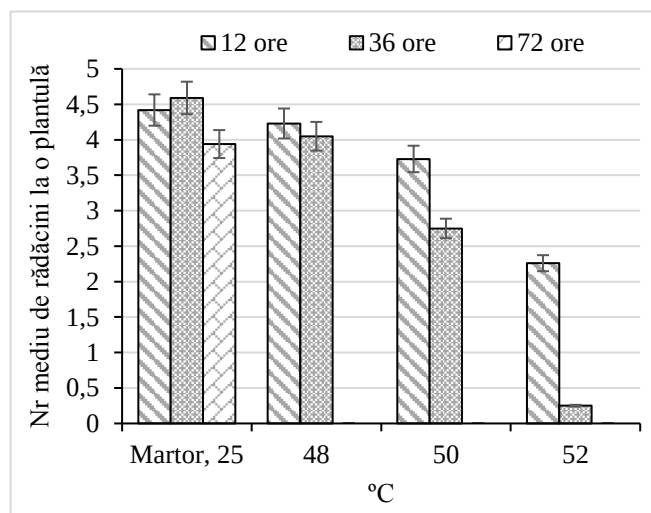


Fig. 3.3. Modificarea capacității germinative a semințelor soiului de grâu Odessa 267 în dependență de durata de imersare în apă și de expunere la șocul hipertermic

Notă: $p < 0,05$ când se compară valorile medii ale procentului de germinare a semințelor separat pentru fiecare dintre cele trei perioade de imersare a lor în apă.

Imersarea semințelor cu apă pe parcursul a 72 de ore a avut efecte negative atât asupra semințelor din varianta martor, cât și asupra semințelor din variantele experimentale. În varianta martor au germinat 80% dintre semințe, iar după expunerea la șT cu aceleași temperaturi procentul

de germinare a semințelor a scăzut până la 50, 30 și, respectiv, 15%. Devierea procentuală a valorilor medii dintre variantele experimentale și cele martor a diminuat cu 37,7, 62,3 și 81,6%. Cum era de așteptat, stresul hipertermic indus de temperatura de +52°C a cauzat diminuarea și mai semnificativă a germinării semințelor. Diferențele dintre datele obținute pentru semințele imersate pe parcursul a 12, 36 și 72 de ore au manifestat aceleași legități ca și la expunerea la șocul cauzat de temperaturile mai joase. Totodată, menționăm că în toate variantele experimentale, după expunerea semințelor la șocul hipertermic, rădăcinile plantulelor germinate n-au manifestat o creștere care ar fi depășit 5 mm. Aceasta sugerează că sub influența ΔT provocat de temperaturile înalte se frânează diviziunea celulelor din meristemul apical al rădăcinilor. La plantulele experimentale apariția acestora s-a manifestat în principal datorită extinderii celulelor, proces mai puțin sensibil la acțiunea factorilor de stres în comparație cu cel al diviziunii celulelor prin mitoză [138]. Semințele imersate pe parcursul a 36 de ore în apă înainte de amplasare pentru germinare (martor) au avut nu doar o mai bună capacitate germinativă, dar au demonstrat și tendința de a accelera formarea rădăcinilor la plantule. Totodată, la semințele imersate în apă înainte de amplasare la germinare timp de 72 de ore s-a manifestat o inhibare clară a procesului de formare a rădăcinilor (Figura 3.4, varianta martor). Cu mărirea temperaturii mult mai clar s-au evidențiat diferențele dintre semințele imersate în apă timp de 12 și 36 de ore.



Varianta		Δ	CV	p	δ
12 ore	25°C	0,05	0,47	-	-
	48	0,05	0,49	0,0004	4,2
	50	0,09	1,01	0,0001	15,5
	52	0,13	2,34	0,00008	48,8
36 ore	25°C	0,07	0,58	-	-
	48	0,22	2,21	0,0002	11,8
	50	0,05	0,75	0,0001	39,8
	52	0,07	10,58	0,00008	94,6

Fig. 3.4. Rizogeneza plantulelor soiului de grâu Odesskaia 267, provenite din semințe imersate în apă (12, 36, 72 de ore) și expuse la șocul hipertermic timp de 30 de minute

Notă: $p < 0,05$ când se compară valorile medii ale numărului de rădăcini la plantulele din lotul martor și din cel experimental.

La plantulele, obținute din semințele imersate în apă pe parcursul a 36 de ore și expuse la acțiunea șocului indus de temperaturile de +48, +50 și +52°C pe parcursul a 30 de minute, numărul mediu de rădăcini în ziua a cincea s-a micșorat de 1,04; 1,04; 1,36 și 9,04 ori, în comparație cu

cele care au fost imersate în apă pe parcursul a 12 ore. De aici rezultă că la semințele care înainte de amplasare la germinare au fost imersate în apă 36 de ore sporește capacitatea germinativă și ritmul de formare a rădăcinilor, dar totodată scade termorezistența lor. Dacă în cazul a 36 de ore de imersare a semințelor cu apă, valoarea parametrului (numărul de rădăcini la plantule) s-a modificat cu 11,8 – 94,6% atunci în cazul a 12 ore – doar cu 4,2 – 48,8%. La unele dintre plantulele germinate a fost menționată absența sau dezvoltarea slabă a *radiculei (rădăcinii primare)* și creșterea normală a următoarelor rădăcini. La semințele care înainte de germinare au fost imersate în apă pe parcursul a 72 de ore a diminuat nu doar capacitatea germinativă și ritmul de formare a rădăcinilor, dar a diminuat și termorezistența celulelor din meristemul rădăcinilor. După imersarea semințelor din variantele martor în apă pe parcursul a 12, 36, 72 de ore, procentul plantulelor cu rădăcina primară absentă sau slab dezvoltată a fost, respectiv, egală cu 14, 17 și 29%. Sub influența șocului hipertermic indus de temperaturile de +48 și +52°C procentul acestui tip de plantule obținute din semințele prealabil imersate în apă timp de 12 ore a sporit până la 17 și 20%, iar din cele imersate în apă 36 de ore – 27 până la 44 %, respectiv. Aceste efecte pot fi cauzate de sporirea sensibilității celulelor din meristemul rădăcinii față de șocul hipertermic odată cu prelungirea perioadei de îmbibare a apei. Totodată, luând în considerare datele prezentate în Figura 3.5, putem menționa că apariția rădăcinilor adventive a fost mai puternic afectată de temperatura de +52°C în comparație cu influența ei asupra apariției rădăcinii. Dacă după expunerea la această temperatură numărul plantulelor fără rădăcină obținute din semințe imersate în apă timp de 12 și 36 de ore a diminuat de 1,6 și 2,6 (27/17 și 44/17) ori, apoi numărul total de rădăcini a diminuat de 2,0 și 15,3 ori. Această constatare susține viziunea expusă anterior, conform căreia după expunerea la șocul hipertermic apariția rădăcinii uneori se datorează extinderii celulelor meristemului, cu toate că sub influența acestuia diviziunea lor a fost stopată. În literatura de specialitate există informație despre faptul că în timpul dezvoltării reproductive, pe parcursul primelor 9 zile după polenizare, temperaturile înalte și seceta cauzează sporirea procentului de semințe care în timpul germinării la un genotip de grâu cu termotoleranță redusă formează doar rădăcina primară (radicula) [89, 103]. Autorii presupun că acest efect se datorează insuficienței conținutului de carbohidrați în endospermul semințelor obținute din plantele supuse stresului. Aceștia se presupun a fi necesari pentru dezvoltarea completă a inițialelor rădăcinii. Datele obținute de noi, în combinație cu cele din literatura de specialitate, dau posibilitatea de a explica acest fenomen dintr-un alt punct de vedere. Este cunoscut faptul că inițialele rădăcinilor grâului provin din celulele „centrului de repaus” și că acestea se află în faza G_1 a ciclului mitotic [70, 295]. Celulele „centrului de repaus” sunt amplasate în apexul rădăcinii și ocupă circa 1% din numărul celulelor meristemului. Ele se deosebesc de alte celule ale acestuia prin aceea că durata ciclului mitotic la ele este de 6-10 ori

mai îndelungată, iar rezistența la radiația ionizantă [21] și la alți factori de stres este mai înaltă în comparație cu cea a altor celule ale meristemului. De-a lungul meristemului, înainte de trecerea în *zona de extindere*, descendenții celulei inițiale se divid nu mai mult de 6 ori [138]. Celulele inițiale ale meristemului care provin din cele ale „*centrului de repaus*” se divid mai rapid, de aceea devin mai susceptibile la factorii de stres [138, 218, 139]. Suprimarea sub influența acestora a diviziunii celulelor duce la diminuarea vitezei de creștere din cauza reducerii numărului de celule care trec din meristem în zona de extindere. Totodată activarea diviziunii celulelor „*centrului de repaus*”, care sunt mai rezistente față de factorii de stres, duce la proliferarea meristemului și restabilirea vitezei de creștere după expunerea la factorii de stres [185, 212]. Luând în considerare cele menționate, se poate presupune că sub acțiunea temperaturilor înalte și a secetei, în perioada după polenizare, s-au realizat procese ce au cauzat deteriorarea inițialelor rădăcinilor adventive care se inițiau anume în acest interval. Totodată, la radiculă, care deja avea inițiat și bine format „*centrul de repaus*”, s-a manifestat restabilirea meristemului. Datorită cărui fapt radica acestui genotip a fost mai slab afectată de secetă și temperaturile înalte. Probabil, sub acțiunea șocului hipertermic asupra semințelor pregătite pentru germinare prin imersie în apă rece au fost afectate mai puternic celulele rădăcinilor embrionare adventive, deoarece la acestea se activează mai devreme divizarea celulelor „*centrului de repaus*” și procesele de creștere.

Pentru a cerceta mai detaliat influența duratei de îmbibare asupra termorezistenței semințelor, a fost determinată dinamica de apariție a rădăcinilor la plantele obținute din semințele care înainte de germinare au fost imersate în apă 12 și 36 de ore, iar apoi supuse șocului cu temperaturi pozitive pe parcursul a 30 de minute (Figura 3.5). Sub influența șocului indus de temperatura de +48°C la semințele prealabil îmbibate cu apă 12 ore apariția primelor trei rădăcini s-a reținut cu o zi, dar ulterior dinamica de apariție a noilor rădăcini era identică cu cea caracteristică pentru semințele din varianta martor. Sporirea temperaturii de la +48 până la +50 și +52°C s-a manifestat prin diminuarea cu 4,3, 15,6 și 48,9% a numărului mediu de rădăcini la o plantulă apărute în ziua a 5-a de incubare în condiții optime pentru germinarea semințelor, în comparație cu cel caracteristic pentru plantulele din varianta martor. În același timp, umectarea semințelor timp de 36 de ore a redus valoarea acestor parametri cu 11,8, 40,1 și 94,6%, respectiv. La compararea rezultatelor privind răspunsul semințelor imersate în apă timp de 12 și de 36 de ore la stresul hipertermic, la acestea din urmă se observă o tendință de scădere semnificativă atât a dinamicii apariției noilor rădăcini, cât și a numărului mediu de rădăcini. Această tendință s-a manifestat cu atât mai pronunțat, cu cât valoarea temperaturii a fost mai înaltă. Aplicarea ȘT cu temperatura de +52°C asupra semințelor care au fost prealabil imersate în apă 36 de ore a redus practic la zero numărul de rădăcini formate la o plantulă. Aceste rezultate susțin ideea că semințele

îmbibate cu apă pe parcursul a 36 de ore sunt cel mai bine „pregătite” pentru germinare. Despre aceasta sugerează accelerarea apariției și sporirea numărului de rădăcini formate în ziua a cincea la plantele martor (datorită accelerării diviziunilor celulare) (I) și reținerea mai substanțială a apariției rădăcinilor la semințele umectate preventiv și expuse la șocul cu temperaturi pozitive (II).

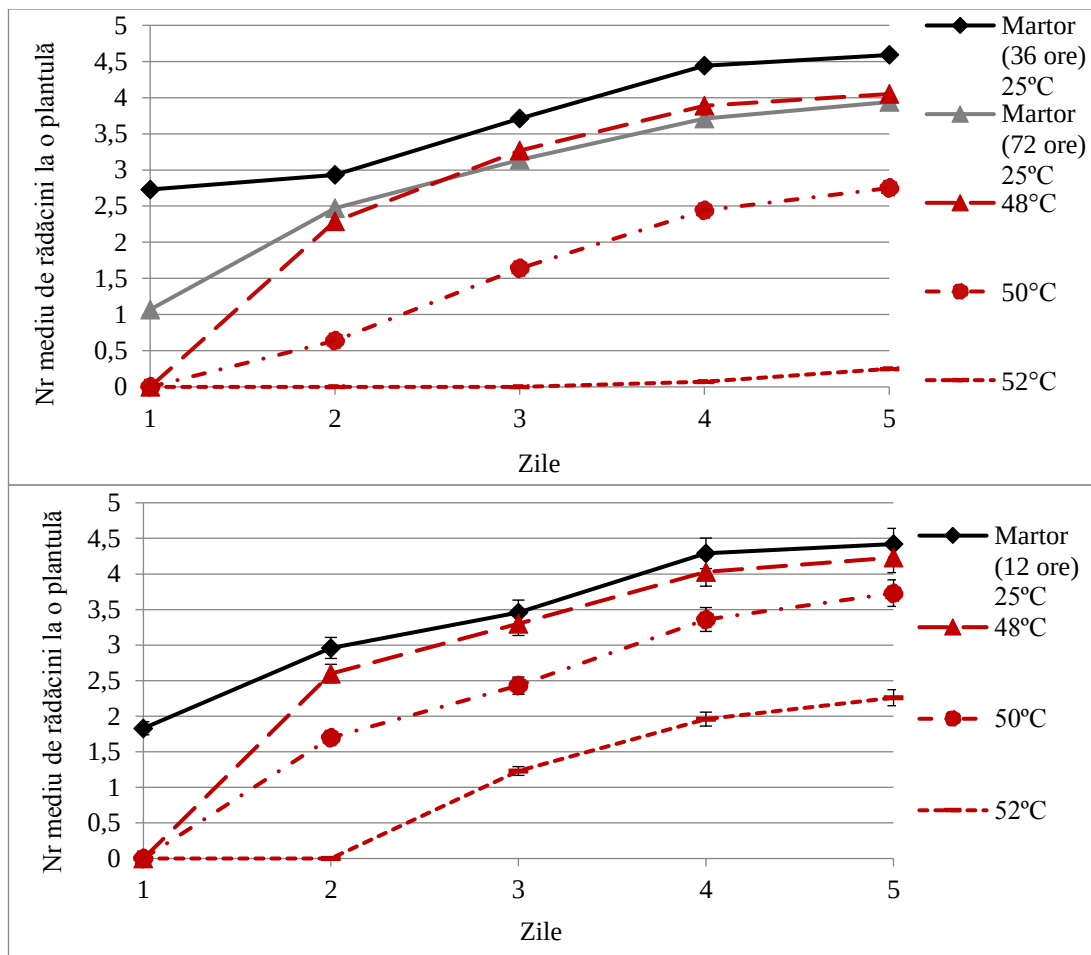


Fig. 3.5. Dinamica apariției rădăcinilor la plantulele soiului de grâu Odesskaia 267 crescute din semințele imersate în apă (12, 36, 72 de ore) și expuse șocului hipertermic

Ultimul fenomen se datorează atenuării rezistenței la acțiunea $\dot{S}T$ a celulelor din meristemul rădăcinilor la semințele care au fost cel mai bine pregătite pentru germinare. De menționat, că umectarea cu apă a semințelor din varianta martor pe parcursul a 72 de ore (Figura 3.5) nu a influențat semnificativ apariția primelor două rădăcini. Efectul imersării îndelungate asupra numărului total de rădăcini a fost aproximativ egal cu cel care s-a manifestat la plantulele obținute din semințele imersate în apă timp de 36 de ore și ulterior expuse la temperatura de +48°C. De aici rezultă că imersarea semințelor în apă pe parcursul a 72 de ore este prea îndelungată și are influență toxică asupra embrionului ca urmare a anoxiei cauzate de utilizarea oxigenului de către semințe în perioada de îmbibare. Datele prezentate în Figura 3.5 dau posibilitatea de a concluziona că

toleranța la șocul hipertermic a semințelor de grâu imersate în apă pe parcursul a 12 ore era mai înaltă în comparație cu a celor care au fost imersate 36 de ore, iar perioada de imersare a semințelor pe parcursul a 72 de ore era prea îndelungată, fiind toxică pentru semințe. Aceste date sunt în concordanță cu rezultatele obținute de alți autori. De exemplu, a fost demonstrat că termorezistența semințelor de grâu rămâne mai înaltă în primele 9-12 ore de îmbibare cu apă în comparație cu cele îmbibate mai îndelungat. Anume în această perioadă la ele nu se induce sporirea termorezistenței prin incubarea prealabilă a semințelor la doze moderate de șoc cu temperaturi pozitive. În această perioadă la semințe se manifestă inducerea biosintezei unor componente proteice caracteristici pentru proteinele ζT [181, 212]. Totodată, în primele 12 ore de impregnare s-a manifestat diminuarea progresivă a procentului de germinare și reținerea mai îndelungată a germinării semințelor îmbibate mai îndelungat și supuse ζT [1]. La acestea s-a manifestat o toleranță sporită față de ζT cauzat de temperaturile înalte în comparație cu semințele care înainte de aplicarea șocului au fost imersate în apă pe parcursul a 36 de ore.

Scopul cercetărilor prezentate anterior a fost de a elabora o metoda optimă de pregătire a semințelor de grâu pentru germinare care ar asigura ieșirea lor sincronă din dormitare, urmată de germinarea uniformă în cazul transferului lor în condiții optime. Concomitent, o sarcină importantă, urmărită de noi, consta în aceea ca semințele să fie aduse doar la starea uniformă de inițiere a germinării. Derularea mai îndelungată a germinării semințelor ar putea induce eterogenitatea stării fiziologice a acestora și a proceselor adaptive a plantulelor, ceea ce ar denatura ireversibil rezistența constitutivă a genotipului. Cu alte cuvinte, important a fost ca semințele să fie pregătite pentru germinarea sincronă, dar procesele de germinare să fie doar inițiate nu și finalizate. Din cauza eterogenității perioadei de maturare a semințelor în spic [89] și a celei de acumulare a apei în timpul îmbibării și ieșirii din repaus [96], procesul de sincronizare a stării fiziologice a semințelor înainte de germinare este foarte complex. Totodată, numai după atingerea acestei stări sincrone apare posibilitatea de a testa diferențele posibile dintre rezistența constitutivă a plantelor de diferite genotipuri de grâu. Sincronizarea stării fiziologice a semințelor a dat posibilitatea de a determina în mod rapid diferențele dintre rezistența constitutivă a genotipurilor de grâu la temperaturi înalte sau la ger. Dozele ζT aplicate semințelor de grâu care au cauzat stoparea germinării sau creșterii rădăcinilor au fost obținute prin expunerea semințelor îmbibate timp de 36 de ore (*bine pregătite pentru germinare*) la ζT cu temperatura de +52°C pe parcursul a 30 de minute (Figura 3.5). Diferența dintre temperaturile care stopează creșterea rădăcinilor la plantele obținute din semințele imersate în apă timp de 12 ore față de cele imersate timp de 36 ore este determinată, probabil, de rezistența mai mare a inițialelor tuturor rădăcinilor embrionare aflate în stare de repaus la semințele îmbibate la rece pe parcursul a 12 ore. Inițialele rădăcinilor

semințelor îmbibate în apă timp de 36 de ore au ieșit din repaus și sunt mai sensibile la stresul termic. Desigur, nu se exclude influența și a altor factori asupra termorezistenței inițialelor rădăcinilor [161]. Semințele imersate în apă la rece pe parcursul a 36 ore erau foarte bine *pregătite* pentru germinare. La toate soiurile implicate în cercetare, deja în ziua a cincea au germinat nu mai puțin de 98% din semințe. Fiind obținute și păstrate în condiții identice, semințele diferitor soiuri nu se deosebeau după viabilitate. Având în vedere faptul că dinamica de germinare a semințelor poate fi mult mai ușor și exact studiată în comparație cu cea a creșterii rădăcinilor, pentru a separa genotipurile de grâu după rezistența constitutivă la temperaturi extreme, noi am determinat parametrul de acțiune a $\dot{S}T$ care caracterizează influența asupra procentului de germinare a semințelor.

3.1.1. Estimarea rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu la acțiunea șocului hipertermic

Anterior a fost studiată reacția la $\dot{S}T$ cauzat de temperaturile pozitive a semințelor soiului de grâu Odesskaia 267 imersate în apă pe parcursul diferitor perioade și demonstrat că durata optimă de imersare pentru a aprecia rezistența constitutivă a genotipului este de 36 de ore. La fel a fost apreciată reacția semințelor acestui soi expuse la temperaturi înalte și diferite durate de aplicare. Doza $\dot{S}T$ care a cauzat diminuarea germinării semințelor acestui soi până la 50 - 60% a fost obținută după incubarea acestora în apă cu temperatura de +50 și +52°C pe parcursul a 30 de minute. Anume din acest diapazon de temperatură a fost aleasă, în continuare, doza de expunere la șocul hipertermic. În special, temperatura de +50°C a fost aleasă pentru a evalua răspunsul semințelor de grâu de diferite soiuri la temperaturi înalte aplicate pe parcursul diferitor perioade de timp (Figura 3.6).

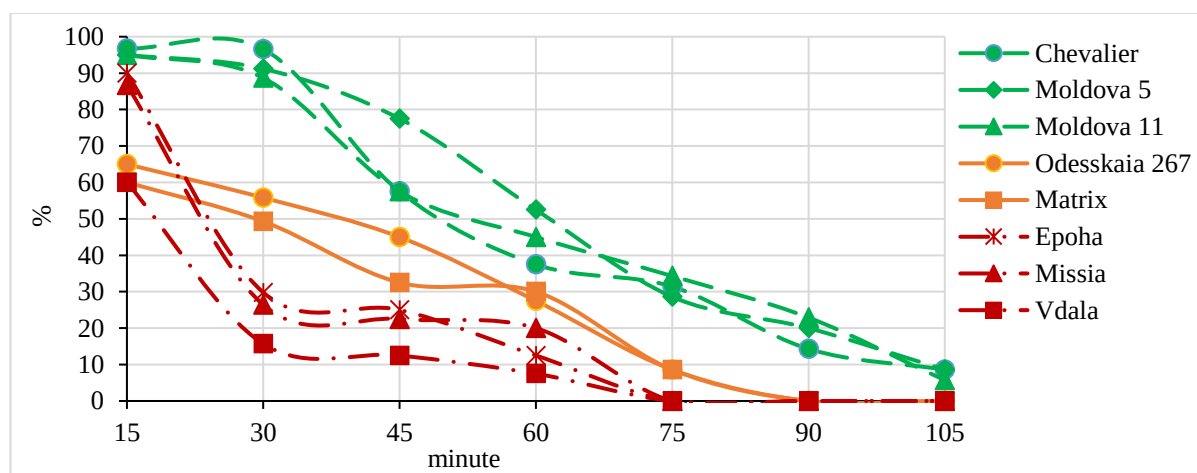


Fig. 3.6. Dinamica modificării capacității germinative a semințelor genotipurilor de grâu în urma imersării în apă timp de 36 de ore și expunerii la diferite durate ale șocului hipertermic de +50°C

În baza analizei dinamicii procentului de germinare a semințelor în dependență de durata ȘT cu temperatura de $+50^{\circ}\text{C}$ ca rezistente s-au manifestat semințele soiurilor Moldova 5, Moldova 11 și Chevalier (grupul I). După expunerea la șoc pe parcursul a 30 și 90 minute, la aceste soiuri procentul semințelor germinate a depășit 90 și 15%, respectiv. Moderat rezistente la această temperatură și durate de expunere s-au dovedit a fi semințele soiurilor Matrix și Odesskaia 267 (grupul II), la care procentul de germinare a semințelor a atins 50-55 și 0%. Semințele soiurilor Vdala, Epoha și Missia au fost cele mai sensibile la stresul termic (grupul III). Germinarea semințelor acestor soiuri după expunerea la temperatura de $+50^{\circ}\text{C}$ pe parcursul a 30 de minute s-a încadrat între 15 și 30%, fiind însă, complet stopată după expunerea pe parcursul a 75 minute. În așa fel, luând în considerare influența ȘT asupra procentului de germinare, semințele soiurilor din grupurile I, II și III pot fi considerate, respectiv, soiuri cu rezistență constitutivă înaltă, medie și joasă la acțiunea temperaturilor ridicate. Rezultatele experimentului au demonstrat că după aplicarea ȘT timp de 30, 45 și 60 de minute soiurile studiate pot fi împărțite în funcție de termorezistență. Valorile diferențelor dintre procentul de germinare a semințelor soiurilor, apreciat după aplicarea șocului cu temperatura de $+50^{\circ}\text{C}$ pe parcursul a 30 de minute, sunt cele mai mari ($p < 0,05$, Anexa 6: Tabelul 6.1). Aceste date au confirmat concluzia că anume doza menționată de ȘT poate fi folosită pentru a separa în mod rapid diferite genotipuri de grâu după rezistența lor constitutivă la temperaturi înalte (arșiță).

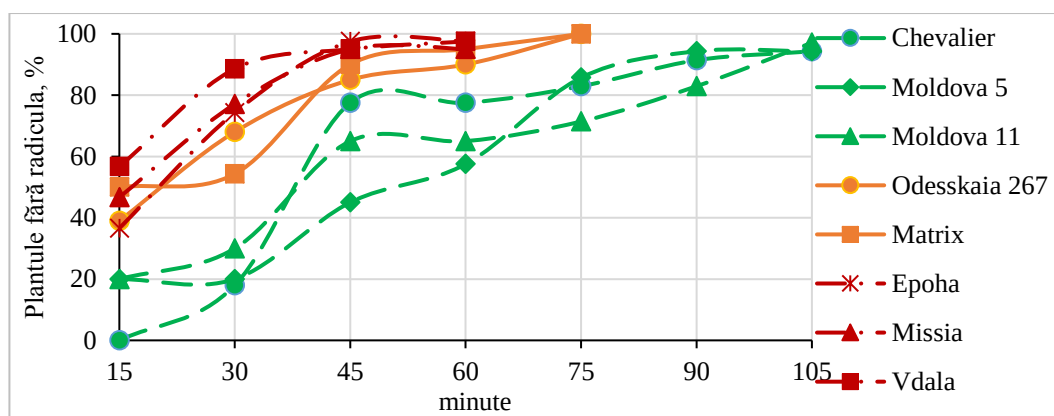


Fig. 3.7. Dinamica modificării procentului de plantule a genotipurilor de grâu la care a fost inhibată creșterea radiclei din semințele îmbibate cu apă și expuse la diferite durate ale șocului hipertermic de $+50^{\circ}\text{C}$

Important este de menționat că în urma analizei influenței șocului hipertermic de $+50^{\circ}\text{C}$ cu durată diferită de expoziție asupra procentului de semințe care au germinat, dar la care din cauza aplicării șocului n-a apărut radiculă, observăm aceeași repartizare a soiurilor în grupuri (Figura 3.7), ca și cea realizată în urma determinării procentului de semințe care au germinat (Figura 3.6). Deoarece la inițierea germinării semințelor de grâu activarea diviziunilor celulare în meristemul

radiculei se manifestă mai timpuriu în comparație cu cea care se realizează la alte rădăcini embrionare, putem menționa că rezistența constitutivă a genotipurilor la acțiunea șocului hipertermic corespunde nivelului de rezistență a inițialelor radiclei.

În cercetări suplimentare noi am verificat dacă expunerea semințelor la o singură doză a șocului hipertermic dă posibilitatea de a distribui genotipurile de grâu după rezistența lor constitutivă la acțiunea temperaturilor înalte. Pentru a verifica aceasta, pentru testare noi am ales expunerea semințelor (imersate în apă pe parcursul a 36 de ore) la temperatura de +50°C pe parcursul a 30 de minute.

Datele prezentate în Figura 3.7 demonstrează că distribuția soiurilor după rezistența lor la temperatura și durata menționată corespunde perfect cu distribuția acestora obținută în urma expunerii lor la diferite temperaturi extreme pozitive (Figura 3.8). Germinarea semințelor soiului Vdala a fost complet inhibată după expunerea la temperatura de +51°C. Micșorarea temperaturii cu 1°C (până la +50°C) a asigurat germinarea a 15,7% dintre semințele acestui soi (Figura 3.8). Aceste date confirmă că anume doza obținută prin expunerea la temperatura de +50°C este potrivită pentru a separa genotipurile de grâu după nivelul de rezistență constitutivă a acestora la temperaturi înalte. Comparând valorile indicelui la toate genotipurile rezultă valoarea medie $p < 0,05$. Cu toate acestea, la ȘT de +51°C, soiurile Missia și Epoha ($p = 0,293$), precum și Moldova 11 și Chevalier ($p = 0,287$) au reacții similare la ele. Aceste rezultate indică faptul că fiecare dintre aceste perechi aparține propriului grup de rezistență (Anexa 6: Tabelul 6.2 – 6.4).

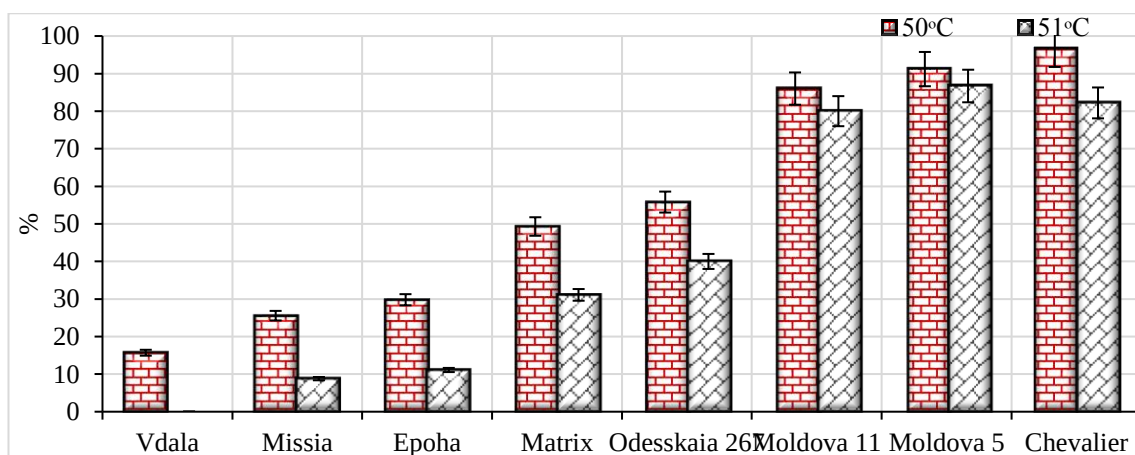


Fig. 3.8. Capacitatea germinativă a semințelor genotipurilor de grâu îmbibate cu apă și expuse șocului hipertermic de +50 și +51°C pe parcursul a 30 de minute

După analiza datelor prezentate în Figurile 3.7 și 3.8 a apărut întrebarea dacă distribuția soiurilor care au manifestat toleranță înaltă la șocul hipertermic va rămâne neschimbată în cazul măririi temperaturii până la +52°C (doza letală pentru semințele soiurilor cu toleranță joasă).

Datele comparative obținute în urma expunerii semințelor la șocul cauzat de temperaturile de +50, +51 și +52°C sunt prezentate în Figura 3.9. Cum era de așteptat, expunerea semințelor la ȘT cu temperaturi pozitive a dus la inhibarea germinării semințelor tuturor soiurilor cu atât mai semnificativă, cu cât temperatura de expunere a fost mai înaltă. Nu totdeauna soiurile care după expunerea la o singură doză a șocului cu temperaturi pozitive se repartizează în grup cu termorezistență înaltă rămân în același grup după testarea cu alte temperaturi ale ȘT. Soiul Chevalier a arătat un răspuns netipic la șocul cu diferite temperaturi. După aplicarea șocului cu temperatura de +50°C procentul de germinare a semințelor acestui soi a fost cel mai înalt. La mărirea temperaturii până la +51°C procentul de germinare a semințelor a fost practic egal cu cel detectat la semințele soiurilor Moldova 5 și Moldova 11. Aceste rezultate sugerează că mecanismele ce determină toleranța constitutivă a semințelor pot fi specifice la diferite soiuri de grâu. Acest salt calitativ s-a manifestat nu doar în urma măririi temperaturii de expunere (factorul intensiv), dar și după extinderea duratei de expoziție la șocul hipertermic (factorul extensiv).

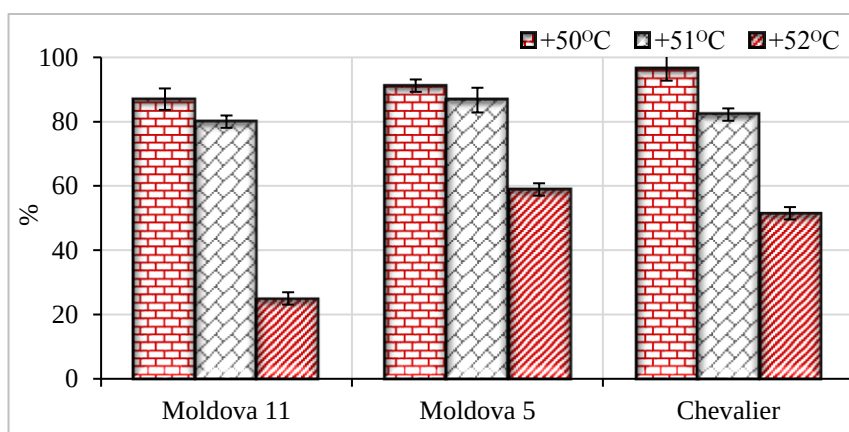


Fig. 3.9. Capacitatea germinativă a semințelor genotipurilor de grâu îmbibate cu apă și expuse la șocul hipertermic de +50, +51 și +52°C pe parcursul a 30 de minute

Probabil, aceste caracteristici specifice pot fi explicate prin faptul că la semințele soiului Chevalier procesele de proliferare a meristemului în urma deteriorărilor provocate de șocul cu temperaturi pozitive sunt mai active în comparație cu cele la alte soiuri. Răspunsul lor la acest tip de șoc este mai profund influențat de termorezistența constitutivă și mai puțin de cea indusă (dependentă de procesele de recuperare a deteriorărilor). Probabil, din această cauză la semințele acestui soi capacitatea joasă de proliferare a meristemului a fost evidentă doar după expunerea la temperatura de +52°C, doză ce cauzează deteriorări masive celulelor meristemului rădăcinilor, ceea ce face imposibilă proliferarea meristemului. Anume după ȘT cu această temperatură semințele soiului Chevalier au germinat semnificativ mai slab decât semințele soiului Moldova 5,

cu toate că în această privință răspunsul la temperatura de +51°C a demonstrat doar tendința de diminuare a procentului de germinare (Figura 3.8 și 3.9).

În general, aceste sugestii sunt susținute de datele obținute și de alți autori, care au demonstrat că aplicarea temperaturii înalte și a secetei la etape tardive după polenizare (în ziua a 5-a, – a 10-a după polenizare) la un genotip de grâu termorezistent nu a afectat creșterea rădăcinilor embrionare a semințelor formate în aceste condiții, pe când la cele ale unui alt genotip, cu termorezistență redusă, a cauzat sporirea ratei de semințe care după germinare au format doar o singură rădăcină [89, 103]. Aceste date pot fi explicate prin faptul că la această etapă numai în meristemul radiclei s-a dezvoltat „centrul de repaus”, celulele căruia se divid mai lent și sunt mai stabile la factorii de stres în comparație cu celelalte celule ale meristemului. Probabil, la această etapă timpurie de formare a embrionului, în meristemele altor rădăcini embrionare „centrul de repaus” nu era încă format, de aceea inițialele acestor rădăcini s-au dovedit a fi mai sensibile la acțiunea combinată a secetei și arșitei.

3.1.2. Clasificarea genotipurilor de grâu în corespundere cu rezistența lor constitutivă la temperaturi extreme pozitive

Pentru a demonstra eficacitatea repartizării unui număr mare de genotipuri după termorezistență prin aplicarea unei doze specifice de șoc hipertermic, noi am inclus în cercetări 18 genotipuri de grâu, reproduse pe câmpul experimental al IGFPP, și semințele a 50 de genotipuri reproduse în regiunea Harkov (Ucraina).

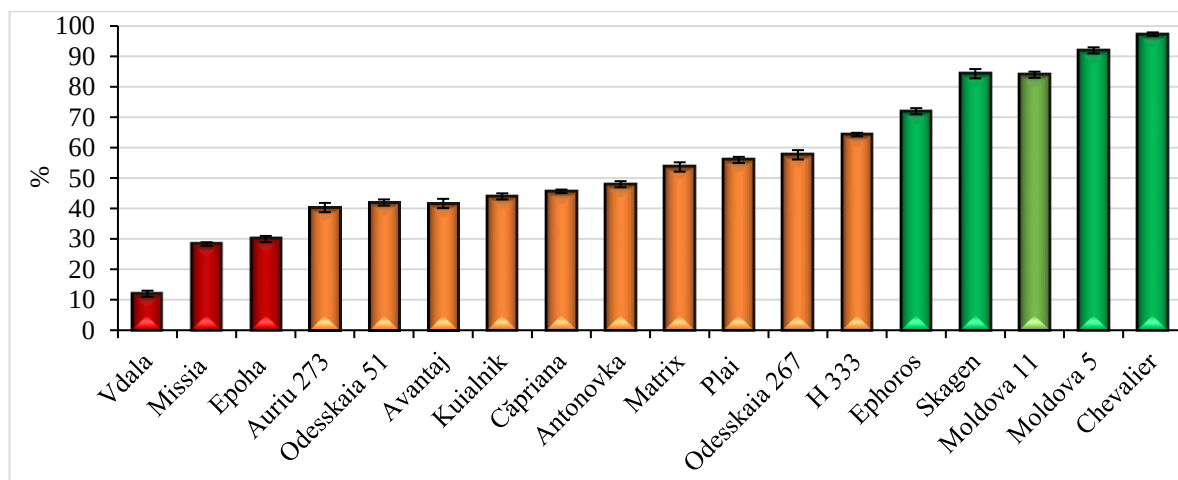


Fig. 3.10. Distribuția genotipurilor de grâu comun, reproduse în anul 2016 pe câmpul experimental al IGFPP, după rezistența lor constitutivă la temperaturi înalte în baza reacției de germinare a semințelor la șocul hipertermic

După aplicarea șocului hipertermic de +50°C pe parcursul a 30 de minute (Figura 3.10) în grupul genotipurilor cu termorezistență înaltă au nimerit genotipurile la care au germinat mai mult

de 70% de semințe. Printre aceste genotipuri se regăsesc soiurile Ephoros, Skagen, Moldova 11, Moldova 5 și Chevalier. Termorezistență medie au manifestat genotipurile Auriu 273, Odesskaia 51, Avantaj, Kuialnik, Căpriană, Antonovka, Matrix, Plai, Odesskaia 267 și linia H333, germinarea semințelor a căroră, după expunerea la ST , s-a repartizat între 30 și 70%. Toleranță joasă au manifestat semințele soiurilor Vdala, Missia și Epoha, care după expunerea la șocul hipertermic au germinat sub 30%.

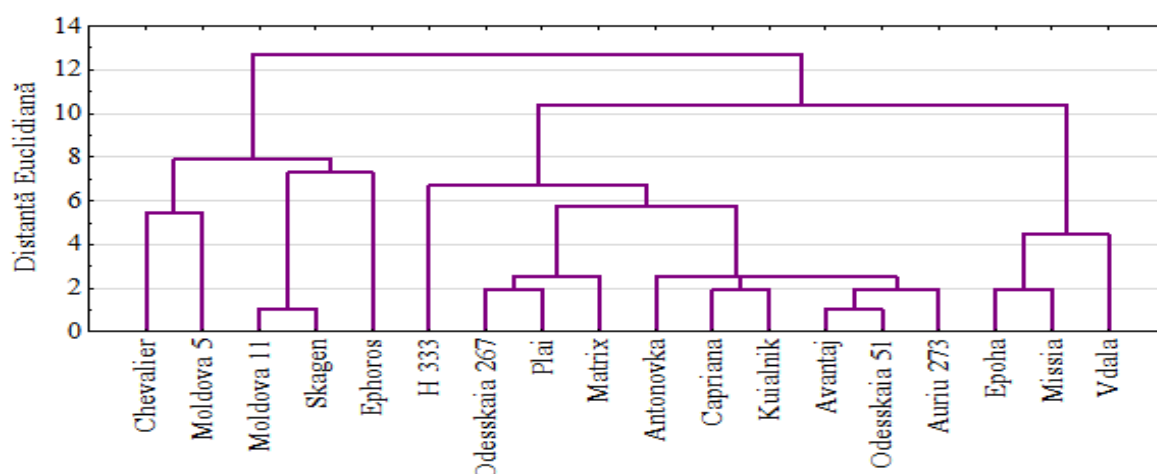


Fig. 3.11. Dendrograma privind repartizarea genotipurilor de grâu în baza reacției de germinare a semințelor la șocul hipertermic de +50°C pe parcursul a 30 de minute

Prin analize clusteriene (dendogramă) a fost stabilit modul de repartizare a soiurilor luate în studiu în baza rezistenței constitutive la doza specifică de ST (Figura 3.11). Pe dendrograma repartizării a genotipurilor de grâu comun de toamnă observăm aceeași clasificare a genotipurilor în grupuri. Valorile medii ale procentului de germinare a genotipurilor din diferite grupuri diferă semnificativ statistic ($p < 0,05$, Anexa 6: Tabelul 6.5). Cu toate acestea, în cadrul fiecăruia dintre grupuri putem observa reacții similare ale genotipurilor la șocul hipertermic, ceea ce confirmă împărțirea corectă a grupurilor.

Datele privind influența șocului cu temperatura de +50°C, pe parcursul a 30 de minute, asupra germinării semințelor a 50 de genotipuri de grâu reproduse în Ucraina sunt prezentate în Figura 3.12. Este necesar să subliniem că pe parcursul a 5 zile în fiecare din varianta martor (fără aplicarea șocului hipertermic) au germinat nu mai puțin de 95% de semințe. Conform răspunsului semințelor la șocul hipertermic, genotipurile de grâu pot fi repartizate în trei grupe: cu rezistență înaltă (I), în interiorul acesteia au germinat nu mai puțin de 70% din semințe; cu rezistență medie (II) au germinat 30 - 70% de semințe și cu rezistență scăzută (III) au germinat mai puțin de 30% de semințe. Cu ajutorul analizei statistice a fost realizată interpretarea semnificației diferențelor. Astfel, prin compararea în pereche a valorilor medii ale indicelui menționat între grupurile I, II,

III a fost determinat că există diferențe semnificative între acestea, având valoarea $p < 0,05$ (Anexa 6: Tabelul 6.6). Ca rezultat, au existat cazuri în cadrul grupurilor în care valorile medii ale indicelui nu au fost diferite statistic semnificativ. Acest rezultat indică asemănarea reacțiilor genotipului la șocul hipertermic în cadrul fiecărui grup.

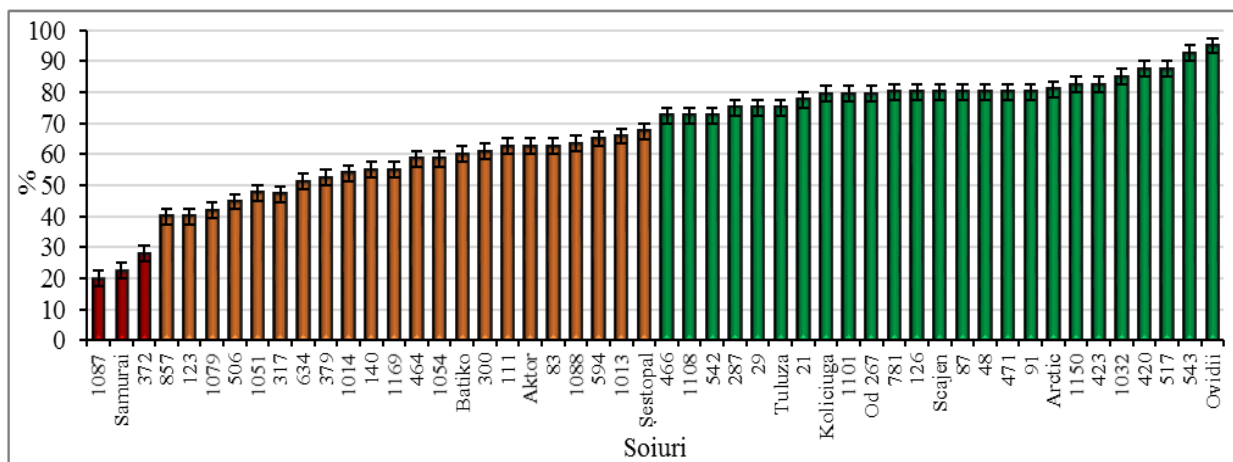


Fig. 3.12. Distribuția genotipurilor de grâu, reproducute în anul 2016 în regiunea Harkov (Ucraina), după rezistența lor constitutivă la temperaturi înalte în baza reacției de germinare a semințelor la șocul hipertermic de +50°C pe parcursul a 30 de minute

Analiza rezultatelor obținute demonstrează că cu rezistență înaltă, medie și scăzută la acțiunea șocului hipertermic s-au evidențiat respectiv 25, 22 și 3 genotipuri, ceea ce constituie 50, 44 și 6% din numărul total de genotipuri testate. Cele menționate sugerează că repartizarea în mod rapid a genotipurilor de grâu după rezistența lor constitutivă la temperaturi înalte poate fi realizată prin aplicarea unei singure doze de $\dot{S}T$ asupra semințelor bine *pregătite* pentru germinare. Totuși, această metodă poate fi considerată ca una prealabilă. Pentru a repartiza în mod general o gamă largă de genotipuri după termotoleranță este cu perspectivă procedura de aplicare a $\dot{S}T$ cu temperatură relativ moderată (+50°C, 30 min), iar pentru a repartiza după termotoleranță doar genotipurile cu rezistență înaltă, poate fi recomandată testarea prin aplicarea temperaturilor de +51°C sau +52°C pe parcursul a 30 de minute.

3.1.3. Aprecierea „costului” alocat de semințele genotipurilor de grâu pentru rezistența la temperaturi extreme pozitive

O metodă alternativă de determinare a rezistenței genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor înalte, elaborată de noi, a constat în aprecierea ratei substanțelor de rezervă alocate de endosperm pentru creșterea plantulelor, denumită și costul alocat de semințe pentru aceste procese. Datele prezentate în Figura 3.13 demonstrează că odată cu creșterea valorii temperaturii, rata substanțelor de rezervă neconsumate din endosperm a crescut, în timp ce consumarea lor

pentru respirație și creșterea plantulei, dimpotrivă, a scăzut. Biomasa consumată a endospermului a fost doar parțial inclusă în cea acumulată de plantulă, o mare parte fiind consumată pentru respirație în timpul germinării seminței și creșterii plantulei. Biomasa eliminată prin respirație a fost utilizată anume pentru menținerea germinării semințelor, creșterii și viabilității plantulelor. De asemenea, datele obținute demonstrează că odată cu creșterea valorii temperaturii, scăderea ratei biomasei endospermului stocate în biomasa plantulei a fost mai pronunțată în comparație cu ceea care a fost cauzată de diminuarea nivelului de respirație. Rezultă că procesele de acumulare a biomasei plantulelor au fost inhibitate la un nivel relativ mai înalt în comparație cu cel ce a fost determinat de consumul substanțelor endospermului alocate pentru germinarea, menținerea viabilității și creșterea fiecărei unități a biomasei acumulate de către plantulă. Acest fapt sugerează că cu mărirea nivelului de stres, cauzat semințelor de către șocul cu temperaturi pozitive, se mărește raportul dintre masa substanțelor de rezervă alocate pentru restabilirea daunelor cauzate de acest șoc și normalizarea funcționării proceselor de creștere a biomasei plantulei, în comparație cu cea alocată nemijlocit în biomasa acumulată de către plantulă. Concomitent, odată cu sporirea stării de stres a semințelor incubate la temperaturi tot mai ridicate, s-a înregistrat și sporirea ratei de biomasă uscată rămasă în endosperm neutilizat după germinarea și creșterea plantulelor. Din cele menționate rezultă că raportul dintre biomasa endospermului care a fost inclusă în plantulă și cea care a fost consumată prin respirație pentru germinarea și creșterea plantulelor reprezintă un parametru fundamental ce caracterizează starea fiziologică a semințelor expuse la șocul hipertermic. În același timp, cu creșterea stării de stres sporește procentul biomasei endospermului neutilizat.

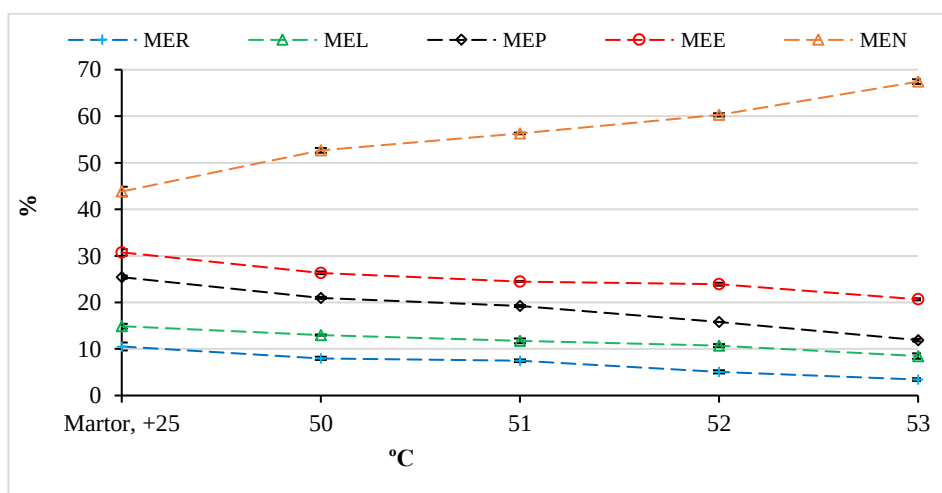


Fig. 3.13. Modificarea ratei de biomasă a endospermului din semințele soiului de grâu Moldova 5 în urma aplicării șocului hipertermic

Datele incluse în Figura 3.13 demonstrează că biomasa substanțelor de rezervă (varianta martor) utilizată pentru germinarea semințelor și acumularea biomasei plantulelor a constituit 56% din masa endospermului înainte de inițierea germinației. În variantele experimentale, cu expunerea la șocul cu temperaturile de +50, +51, +52 și +53°C pe parcursul a 30 de minute, valorile acestui parametru a diminuat până la 47, 44, 40 și 33%, respectiv. Biomasa endospermului alocată pentru respirație s-a micșorat de la 31% în varianta mator, până la 26, 25, 24 și 21% în variantele experimentale menționate. Cu toate că, cu creșterea temperaturii au diminuat valorile tuturor parametrilor ce caracterizează rata substanțelor alocate de semințe pentru creșterea și menținerea viabilității plantulelor a diminuat progresiv, pentru fiecare parametru dinamica acestor schimbări a fost diferită.

Efectul șocului hipertermic de +53°C poate fi estimat prin raportul dintre valorile parametrilor studiați ai variantei martor și valorile corespunzătoare ale experimentului. Valorile ratei de biomasă a endospermului care a fost introdus în rădăcini (*MER*) și lăstar (coleoptil și frunze) (*MEL*) sau plantulă integră (*MEP*), respirată (*MEE*) și ale biomasei neutilizate a endospermului (*MEN*) a fost respectiv mai mică de 3,1; 1,7; 2,1; 1,5 și 0,7 ori. Astfel, cu sporirea stării de stres a semințelor expuse șocului hipertermic cel mai puternic au fost influențate rădăcinile, raportul dintre valoarea *MER* din varianta martor și cea din varianta experimentală (+53°C) fiind egal cu 3,1. Aceasta se reflectă și asupra raportului valorii *MEP* dintre aceste variante, egal cu 2,1. Valorile schimbării raportului respectiv al indicilor *MEE* și *MEL* au fost aproximativ egale, acesta fiind respectiv egal cu 1,5 și 1,7. De menționat că în varianta martor raportul dintre valoarea *MEP* și cea a *MEE* a fost egal cu 0,82. Valorile acestui raport în variantele cu expunerea la temperaturile de +50, +51, +52 și +53°C ating respectiv valorile 0,80; 0,78; 0,67 și 0,57. Analizând în mod integral aceste date, putem constata că nivelul relativ înalt alocat de endosperm pentru respirație în comparație cu cel alocat pentru acumularea biomasei la plantulele din varianta martor se datorează alocării preponderente a energiei pentru creșterea rapidă a plantulelor. Sub influența unor doze specifice de șoc hipertermic se manifestă sporirea tot mai mare a resurselor utilizate pentru menținere, exprimate prin respirație, pentru a asigura procesele de restabilire. Din cauză măririi severității deteriorărilor provocate de șocul hipertermic, odată cu mărirea temperaturii se constată diminuarea progresivă a raportului dintre *MEP* și *MEE*. Calculul relației parametrilor a arătat o corelație pozitivă foarte mare între *MER*, *MEL*, *MEP*, *MEE* (0,961...0,991) și o corelație negativă între *MEN* și ceilalți parametri (-0,991... -0,985).

Valorile eficienței metabolice a semințelor (*EMS*) soiului Moldova 5 sunt prezentate în Figura 3.14. Acestea indică că, cu creșterea temperaturii, raportul dintre biomasa endospermului translocată în plantulă și cea consumată pentru respirație în procesele de germinare și creștere a

plantulelor diminuează. *EMS* reprezintă un parametru fundamental ce caracterizează starea fiziologică a semințelor expuse la șocul hipertermic și, indirect, rezistența lor la acțiunea temperaturilor înalte. Datele incluse în Figura 3.14 demonstrează că, în comparație cu varianta martor, la semințele expuse temperaturii de +53°C *EMS* a diminuat de 1,4 ori, adică doar o mică parte din biomasa endospermului este translocată într-o plantulă. Pe când la cele expuse la temperaturile de +50, +51 și +52°C valorile au scăzut respectiv de 1,04; 1,05 și 1,25 ori. Aceste rezultate sugerează că reacțiile genotipului la primele două temperaturi sunt similare cu reacția matorului. Comparând rezultatele cu cele obținute în experimentul anterior (Figura 3.9), concluzionăm că aplicarea temperaturii de +52°C este cea mai potrivită pentru evaluarea comparativă a rezistenței genotipului.

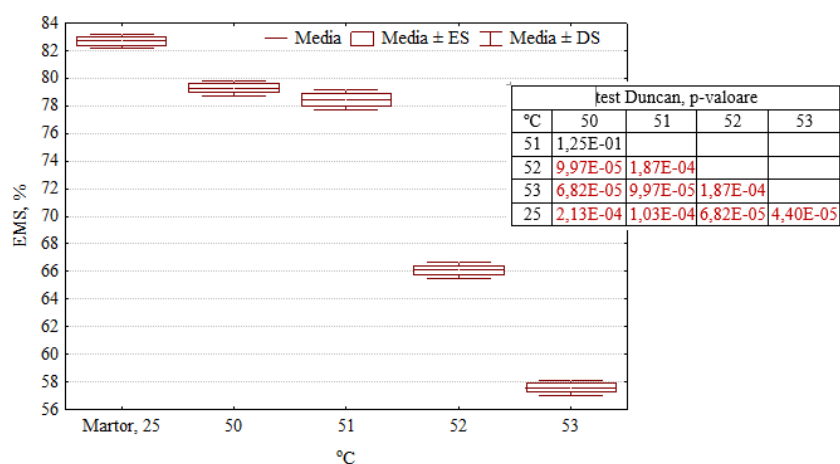


Fig. 3.14. Modificarea eficacității metabolice a semințelor soiului de grâu Moldova 5 în urma expunerii lor la șocul hipertermic (timpul de expoziție 30 de minute)

Notă: Valorile *p* calculate confirmă semnificația statistică a diferenței de valori medii *EMS* dintre variantele martor și cele experimentale cu o probabilitate de 95% ($p < 0,05$), cu excepția +50 și +51°C ($p = 0,125$).

Eficiența metodei de determinare rapidă a rezistenței genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor înalte se evidențiază clar în baza determinării raportului dintre biomasa substanțelor de rezervă ale endospermului, alocată pentru acumularea biomasei plantulei și pentru respirație, și biomasa totală a endospermului semințelor diferitor soiuri de grâu comun. Aceste date au fost determinate pentru variantele martor și cele experimentale. Rata de biomasă a substanțelor de rezervă ale endospermului alocată pentru acumularea biomasei plantulei și pentru respirație, precum și a celei neutilizate din semințele soiurilor de grâu Blagodarca, Pisanka, Missia, Kuialnik, Moldova 77, Moldova 5 și Moldova 66 (variantele martor și cele experimentale) sunt respectiv prezentate în Figura 3.15 (a și b). La diferite soiuri, în variantele martor valorile biomasei endospermului alocate pentru acumularea biomasei plantulelor, biomasei consumate pentru

respirație și a biomasei neutilizate ale endospermului a variat respectiv între 20-27%, 24-29% și 45-57%. Analizând datele obținute în varianta experimentală observăm că rata de biomasă a substanțelor de rezervă ale endospermului introdusă nemijlocit în biomasa plantulei a fost cu atât mai mare, cu cât rezistența genotipului la temperaturi înalte este mai mare. De exemplu, dacă valoarea ratei biomasei endospermului inclusă în plantulele soiurilor de grâu, anterior apreciate ca rezistente la temperaturi înalte (Moldova 66, Moldova 5 și Moldova 11), obținute din semințele expuse la șocul hipertermic, a variat între 17 și 20%, atunci la plantulele soiurilor cu rezistență medie (Kuialnik, Missia) această rată a fost egală cu aproximativ 14%, iar la genotipurile sensibile (Blagodarca și Pisanka) ea a atins doar valorile 6 și 11 %, (Figura 3.15b).

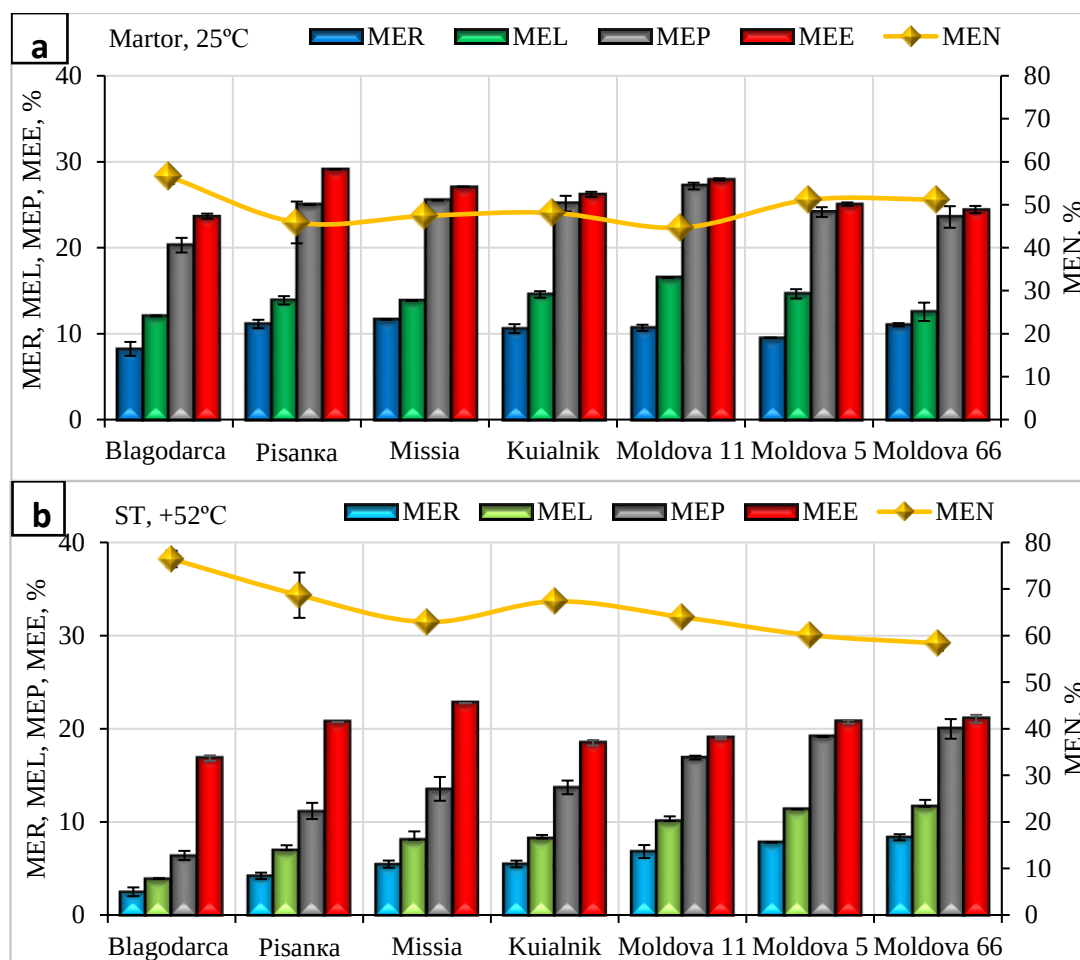


Fig. 3.15. Rata de biomasă a endospermului din semințele soiurilor de grâu expuse la șocul hipertermic +52°C pe parcursul a 30 de minute

Aceste rezultate demonstrează că cu cât rezistența genotipului la temperaturi înalte este mai joasă, cu atât mai joasă este rata endospermului acumulată în biomasa plantulei. Datele prezentate în Figura 3.15b sugerează că la genotipurile de grâu cu rezistență joasă la temperaturi înalte rata endospermului alocată pentru respirație este la fel de joasă, dar numeric diminuarea este mai puțin pronunțată în comparație cu genotipurile rezistente. După expunerea semințelor la șocul

hipertermic, rata endospermului inclusă în plantulele soiului Blagodarca a fost egală cu 6%, pe când cea inclusă în plantulele soiului Moldova 66 a atins 20%. De asemenea, valori mai mari au fost caracteristice pentru rata masei respirate a endospermului față de cea inclusă în plantule, care la soiul Blagodarca a fost egală cu 17%, iar la soiul Moldova 66 – cu 21%. De aici rezultă că, în comparație cu semințele genotipurilor slab rezistente la temperaturi înalte, genotipurile cu rezistență înaltă consumă mai mult substanțe de rezervă atât pentru biomasa acumulată a plantulei, cât și pentru respirație. În tabelul pentru această figură (Anexa 6: Tabelul 6.7) sunt prezentate caracteristicile statistice, în special devierea procentuală (δ) și p-valoarea corespunzătoare, care permit suplimentar evaluarea modificărilor experimentale în comparație cu martorul. De exemplu, valoarea parametrului *MER* a scăzut de la 69,68 (Blagodarca) la 18,01% (Moldova 5). Pentru ceilalți parametri se observă aceeași diferență mare de valori: *MEL* de la 67,64 (Blagodarca) la 7,21% (Moldova 66); *MEP* de la 68,47 (Blagodarca) la 15,24% (Moldova 66); *MEE* de la 31,96 (Moldova 11) la 13,78% (Moldova 66); *MEN* de la 49,71 (Pisanka) la 13,92% (Moldova 66). Soiurile în care valorile acestor parametri s-au schimbat cel mai mult au fost cele mai sensibile la șocul cu temperatura de +52°C. La cele mai rezistente soiuri, modificările valorilor acestora au fost ne semnificative. Dintre cele șapte soiuri, cele mai rezistente soiuri s-au dovedit a fi Moldova 66 și Moldova 5. Cele mai puțin rezistente sunt Blagodarca și Pisanka. Pentru toate soiurile, diferența dintre valorile medii ale tuturor parametrilor este semnificativ diferită statistic, cu o probabilitate de 95% ($p < 0,05$). În probele experimentale se observă o corelație foarte mare între valorile *MER*, *MEL*, *MEP*, *MEN*, variind de la 0,93 la 0,99. Pentru parametrul *MEE*, relația cu ceilalți parametri a fost definită ca medie (0,47-0,72). *MEN* are o relație inversă cu ceilalți 4 parametri.

Datele privind eficacitatea metabolică a semințelor (*EMS*) diferitor genotipuri de grâu, apreciată în baza masei endospermului alocate pentru menținerea germinării și creșterii plantulelor în variantele martor și în cele experimentale (după expunerea semințelor la șocul hipertermic) sunt prezentate în Figura 3.16. De menționat că la variantele martor valorile *EMS* la diferite soiuri au variat între 86 și 96%, iar la cele experimentale acestea au variat între 38 și 95%. Distribuția soiurilor de grâu în funcție de valorile *EMS* (Figura 3.16) confirmă rezultatele expuse anterior. Aceste date caracterizează rata biomasei consumate de semințele diferitor soiuri de grâu pe parcursul a 120 de ore de germinare și creștere a plantulelor.

Diferențele de răspuns ale soiurilor de grâu la ȘT de +52°C pot fi, de asemenea, evaluate prin modificarea relativă a valorii medii *EMS* (δ , devierea procentuală). Astfel, la șapte soiuri studiate, valoarea lui δ a scăzut de la 55,65 la 1,61% pentru Blagodarca și Moldova 66, respectiv (Anexa 6: Tabelul 6.8). Soiurile a căror valoare *EMS* s-a schimbat cel mai mult au fost cele mai

sensibile la șocul cu temperatura de +52°C. La soiurile rezistente, modificările valorii δ au fost nesemnificative. Cele mai rezistente soiuri din punctul de vedere al *EMS* sunt Moldova 66, Moldova 11 și Moldova 5. Soiurile mai puțin rezistente sunt Blagodarca, Pisanka și Missia, iar soiul Kuialnik este un soi mediu rezistent. Pentru toate soiurile, valorile medii *EMS* ale matorului și ale experimentului se deosebesc statistic semnificativ cu o probabilitate de 95% ($p < 0,05$) (Anexa 6: Tabelul 6.8), cu excepția soiului Moldova 66 ($p = 0,73$). Această valoare p a acestui soi confirmă rezistența sa ridicată la temperaturi extreme pozitive. Analiza valorilor medii *EMS* doar între probele experimentale dă o valoare $p < 0,05$, cu excepția soiurilor Moldova 66, Moldova 11 și Moldova 5 ($p = 0,095 \dots 0,437$), ceea ce indică faptul că aceste soiuri au răspunsuri relativ similare la șocul dat.

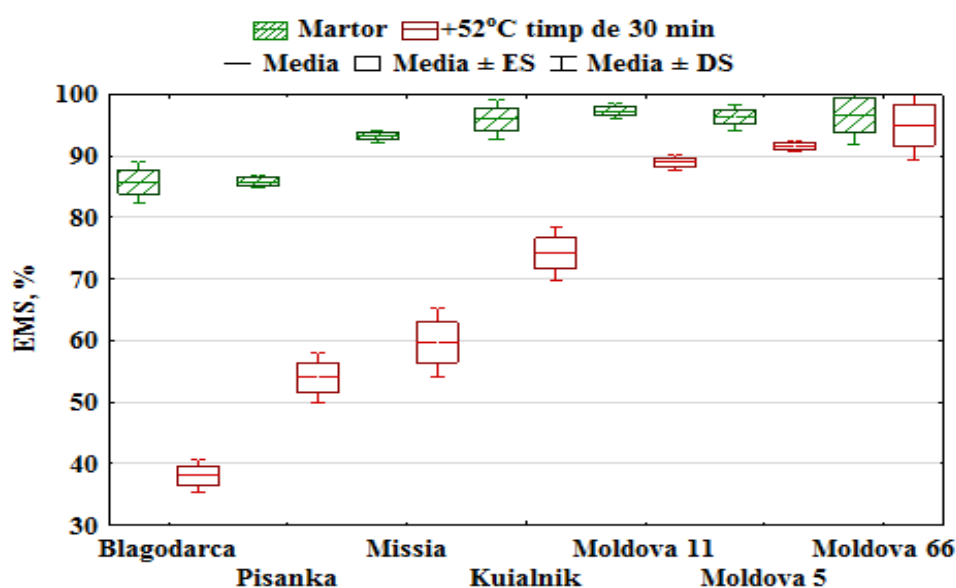


Fig. 3.16. Eficacitatea metabolică a semințelor diferitor soiuri de grâu expuse la șocul hipertermic de +52°C pe parcursul a 30 de minute

Comparând aceste date cu cele prezentate în Figura 3.14, concluzionăm că distribuția soiurilor, în conformitate cu valorile *EMS*, corespunde cu cea caracteristică pentru alți parametri care caracterizează rezistența soiurilor de grâu la șocul hipertermic. Prin urmare, pentru a determina distribuția soiurilor de grâu după rezistența lor la temperaturi înalte se recomandă determinarea acesteia în baza valorii *EMS* obținute după expunerea semințelor acestor soiuri la acțiunea șocului cu temperatura de +52°C.

3.2. Influența șocului hipotermic asupra germinării semințelor soiului de grâu Moldova 5

În scopul determinării rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu la ger a fost necesar de a stabili temperatura și durata de expunere la șocul hipotermic, după aplicarea căreia rămân

viabile 50% de semințe. Acest principiu este comun cu cel utilizat pentru determinarea rezistenței constitutive a diferitor soiuri de grâu la arșiță. Semințele soiului Moldova 5 au fost incubate la diferite temperaturi negative și durate de expunere. În Figura 3.17 sunt prezentate datele privind procentul de semințe ale soiului de grâu Moldova 5 care au germinat după expunerea pe parcursul a 8 și 16 ore la temperaturile de -5, -6, -7 și -8°C.

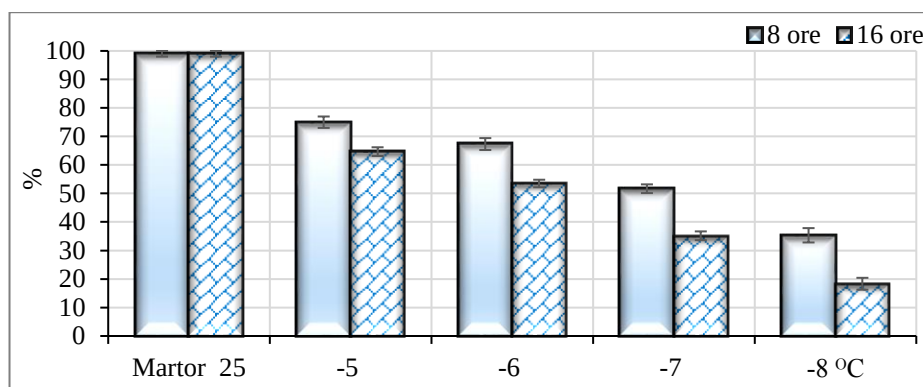


Fig. 3.17. Capacitatea germinativă a semințelor soiului de grâu Moldova 5 expuse la șocul hipertermic de intensitate și durată diferită

Înainte de incubarea pentru germinare semințele din variantele martor au fost incubate la temperatura de +24°C pe parcursul a 8 ore și 16 ore. Pentru ambele perioade de timp și pentru toate valorile de temperaturi negative care au indus șoc hipotermic, valorile medii ale procentului de germinare a semințelor variantelor experimentale au fost statistic semnificative diferite față de valorile variantei martor ($p < 0,05$). Valorile acestui parametru au scăzut cu 34,7-81,5% și cu 24,2-64,3% pentru 8 și 16 ore, respectiv. În acest caz, o creștere de 2 ori a duratei șocului hipotermic a dus la o scădere a valorii semințelor germinative de 1,4 -1,3 ori (Anexa 6: Tabelul 6.9). Capacitatea de germinare a semințelor care înainte de incubare pentru germinare au fost expuse șocului hipotermic a scăzut simultan cu creșterea valorii temperaturii negative. Analizând rezultatele obținute, putem observa că șocul aplicat prin incubarea semințelor la temperatura de -7°C pe parcursul a 8 ore și la cea de -6°C timp de 16 ore a redus procentul de germinare a semințelor până la 50%. Având în vedere aceasta, temperaturile și duratele menționate au fost alese pentru expunerea la șocul hipotermic și pentru a realiza testarea rezistenței constitutive a diferitor genotipuri de grâu comun de toamnă la acțiunea temperaturilor negative.

Ulterior, pentru a repartiza genotipurile de grâu după rezistența lor constitutivă la acțiunea temperaturilor scăzute negative, noi am testat eficacitatea dozei șocului hipotermic realizată prin expunerea pe parcursul a 8 ore la temperatura -7°C. În cercetări au fost incluse 9 genotipuri reproduse pe câmpul experimental al IGFP.

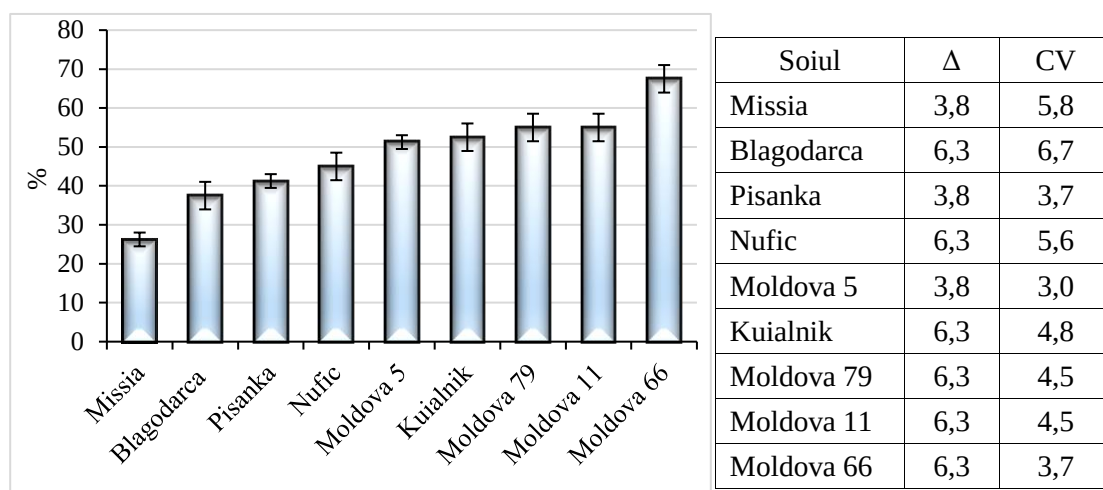


Fig. 3.18. Distribuția genotipurilor de grâu, reproduse în anul 2016 pe câmpul experimental al IGFPP, după rezistența lor constitutivă la temperaturi joase în baza reacției de germinare a semințelor la șocul hipotermic de -7°C pe parcursul a 8 ore

Datele prezentate în Figura 3.18 sugerează că după aplicarea șocului hipotermic -7°C pe parcursul a 8 ore în grupul genotipurilor cu rezistență înaltă tinde să fie repartizat doar soiul de grâu Moldova 66 din cele incluse în cercetare. Toleranță medie au manifestat genotipurile Blagodarca, Pisanka, Nufic, Moldova 5, Kuialnik, Moldova 79, Moldova 11 germinarea semințelor cărora după expunerea la această doză de șoc hipotermic a constituit între 38 și 55%. Cu toate acestea, soiurile Moldova 5, Kuialnik, Moldova 79 și Moldova 11 ($p>0,05$), care au reacții similare la șocul hipotermic, formează un grup mai rezistent decât Blagodarca și Pisanka, care au și ele o reacție similară la acest șoc (Anexa 6: Tabelul 6.10). Prin termotoleranță joasă s-au caracterizat semințele soiului Missia. După expunerea la șocul hipotermic, germinarea semințelor acestui soi atingând doar 26%.

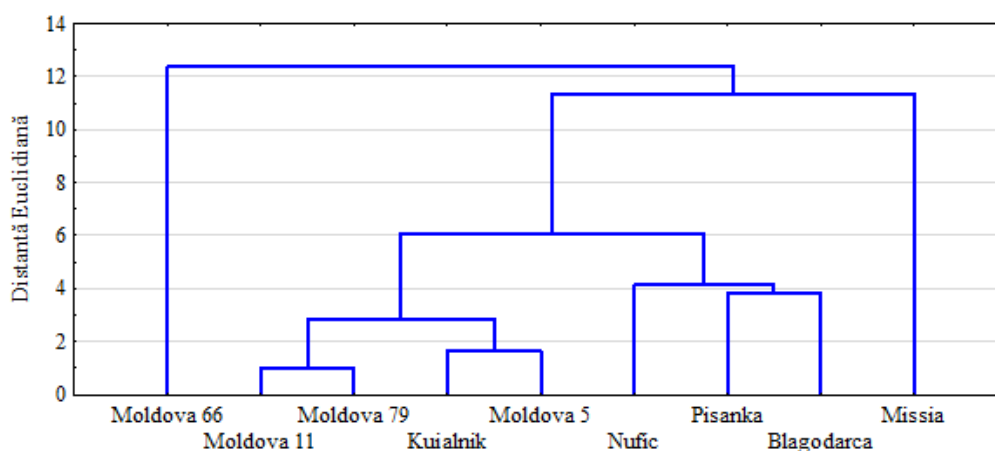


Fig. 3.19. Dendrograma privind repartitia genotipurilor de grâu comun în baza reacției de germinare a semințelor la șocul hipotermic de -7°C pe parcursul a 8 ore

Din dendrograma prezentată în Figura 3.19 observăm că soiurile sunt grupate în 3 clustere: 1 – Moldova 66; 2 – Missia; 3 – toate celelalte soiuri. În cercetări suplimentare noi am demonstrat că repartizarea genotipurilor menționate după răspunsul la șocul hipotermic rămâne aceeași, atunci când înainte de germinare semințele sunt expuse la temperatura de -6°C pe parcursul a 16 ore [67, 352]. De aici rezultă că, pentru repartizarea genotipurilor de grâu după rezistența constitutivă la temperaturi joase, doza specifică a șocului cu temperaturi negative poate fi obținută prin variația în limite rezonabile a temperaturii și a duratei de expunere a semințelor la stres termic.

Utilizând semințele soiurilor de grâu Missia, Moldova 5 și Kuialnik noi am determinat și influența șocului cu temperatura -7°C pe parcursul a 8 ore asupra numărului de rădăcini, lungimii rădăcinilor și înălțimii plantulei. În urma analizei a fost stabilit că sub acțiunea șocului hipotermic la soiurile Missia, Moldova 5 și Kuialnik numărul de rădăcini s-a redus respectiv de la 4,08; 4,08 și 4,13 în variantele martor, până la 0,88; 1,7 și 1,85 în variantele experimentale (Figura 3.20).

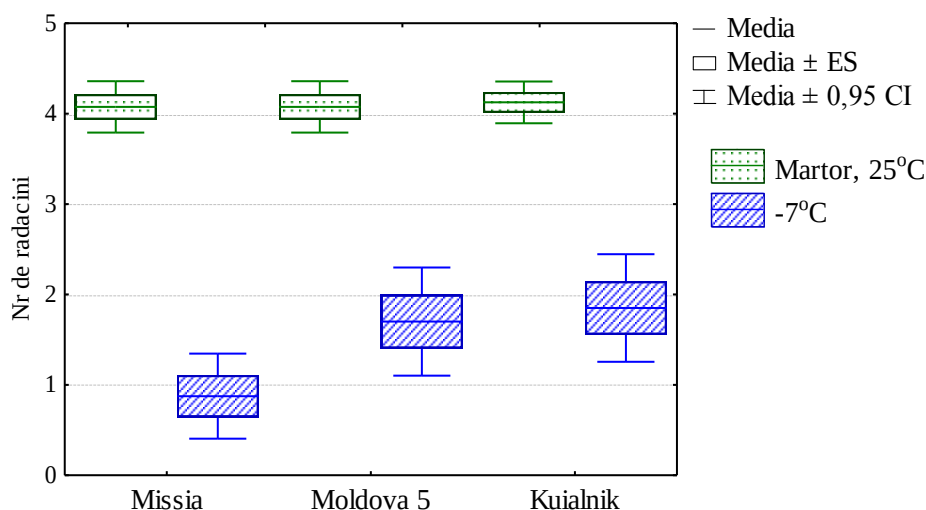


Fig. 3.20. Rizogeneza plantulelor genotipurilor de grâu, obținute din semințele care au germinat în condiții optime (martor) și din cele expuse înainte de germinare șocului hipotermic de -7°C timp de 8 ore

Analiza diferenței de valori medii ale indicelui analizat dintre variantele martor și experimentale pentru toate cele 3 soiuri a rezultat valori $p < 0,05$ (Anexa 6: Tabelul 6.11). Cu toate acestea, la compararea valorilor medii ale probelor experimentale Moldova 5 și Kuialnik între ei, s-a dovedit că valoarea p a fost de 0,7. Aceasta indică răspunsul lor identic la șocul de temperatură și, prin urmare, valorile lor similare ale gradului de rezistență. Cu toate acestea, valorile medii ale fiecăruia dintre aceste soiuri sunt statistic semnificative diferite de soiul Missia ($p < 0,05$). Sub influența șocului hipotermic la soiul Missia numărul mediu de rădăcini s-a redus cu 75,8% (Figura 3.20).

Astfel, conform acestui parametru, soiul Missia s-a dovedit a fi și cel mai nerezistent. Putem remarca că temperatura și durata de expunere la șocul hipotermic a afectat mai pronunțat soiurile la care acestea au redus procentul de germinare a semințelor (Figura 3.18). Sub influența expunerii semințelor la șocul hipotermic a diminuat lungimea medie a rădăcinilor embrionare și înălțimea plantulelor (Figura 3.21). Ca urmare, sub influența șocului hipotermic modificarea relativă a valorii medii (δ) a lungimii rădăcinilor la soiurile Missia, Moldova 5 și Kuialnik a fost redusă, respectiv cu 75,2, 57,4 și 54,7%, pe când reducerea acestui parametru pentru înălțimea plantulei a fost egală respectiv cu 78,9, 67,7 și 64,8% față de plantele din varianta martor.

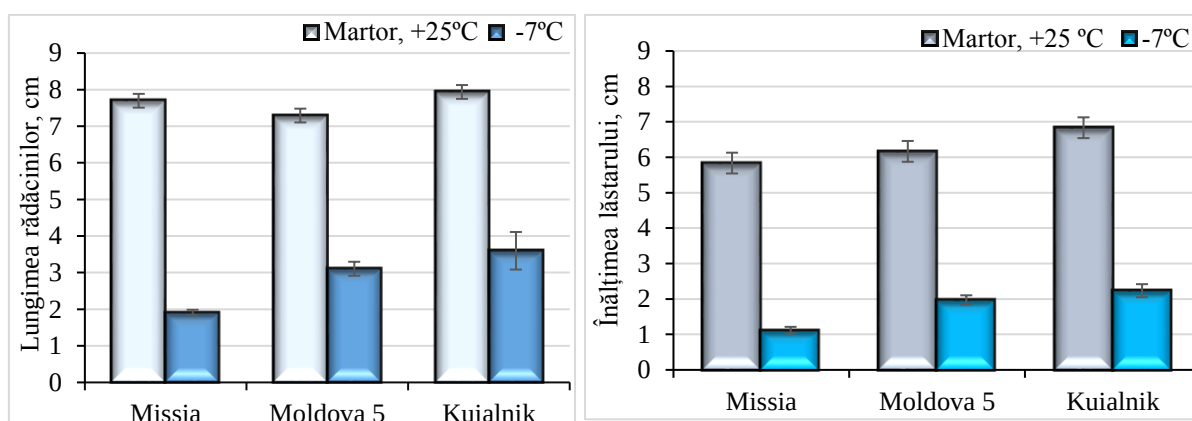


Fig. 3.21. Variația unor parametri morfologici ai plantulelor soiurilor de grâu, rezultate din semințele care au germinat în condiții optime și din semințele expuse înainte de germinație șocului hipotermic de -7°C timp de 8 ore

Notă: Pentru ambii indici, analiza diferenței dintre valorile medii ale variantelor martor și experiment a dat valori $p < 0,05$ (Anexa 6: Tabelul 6.12).

În consecință stresul termic a avut o influență mai mare asupra înălțimii plantulei a tuturor soiurilor, iar soiul Missia este mai sensibil la șocul hipotermic decât Moldova 5 și Kuialnik. Repartiția soiurilor Missia, Moldova 5 și Kuialnik conform rezistenței la temperaturi negative a fost efectuată în aceeași ordine – în baza determinării diferitor parametri. Reieșind din datele obținute, noi am hotărât să testăm după rezistența constitutivă la ger o gamă mai largă de genotipuri, determinând procentul de germinare a semințelor după expunerea lor la șocul hipotermic și durata de expunere la acest șoc. Această metodă a fost aleasă datorită faptului că este cea mai efektivă, simplă și precisă.

3.2.1. Clasificarea genotipurilor de grâu în corespundere cu rezistența lor constitutivă la acțiunea temperaturilor extreme negative

Obiectivul preliminar al studiilor a fost de a determina valorile temperaturii de expunere la șocul hipotermic, ceea ce permite clasificarea genotipurilor de grâu în funcție de rezistența lor

constitutivă la acțiunea temperaturilor negative. În cercetările anterioare au fost folosite semințele soiului de grâu Moldova 5, care se caracterizează prin rezistență medie la ger. Luând în considerare acest fapt, valoarea șocului cu temperaturi negative, care a redus germinarea semințelor Moldova 5 cu aproximativ 50%, a fost considerată ca doză ce permite separarea diferitor genotipuri de grâu după rezistența lor constitutivă la ger. Deoarece reacția plantelor la acțiunea factorului termic este influențată în mod diferit de factorul intensiv și cel extensiv, în cercetări s-a stabilit valoarea temperaturii și durata de acțiune, parametri care permit diferențierea genotipurilor de grâu după rezistența lor la ger, necesară pentru expunerea la șocul hipotermic. În rezultat au fost stabilite dozele specifice de expunere la șocul hipotermic prin incubarea semințelor la temperatura de -7°C pe parcursul a 8 ore sau la temperatura de -6°C pe parcursul a 16 ore.

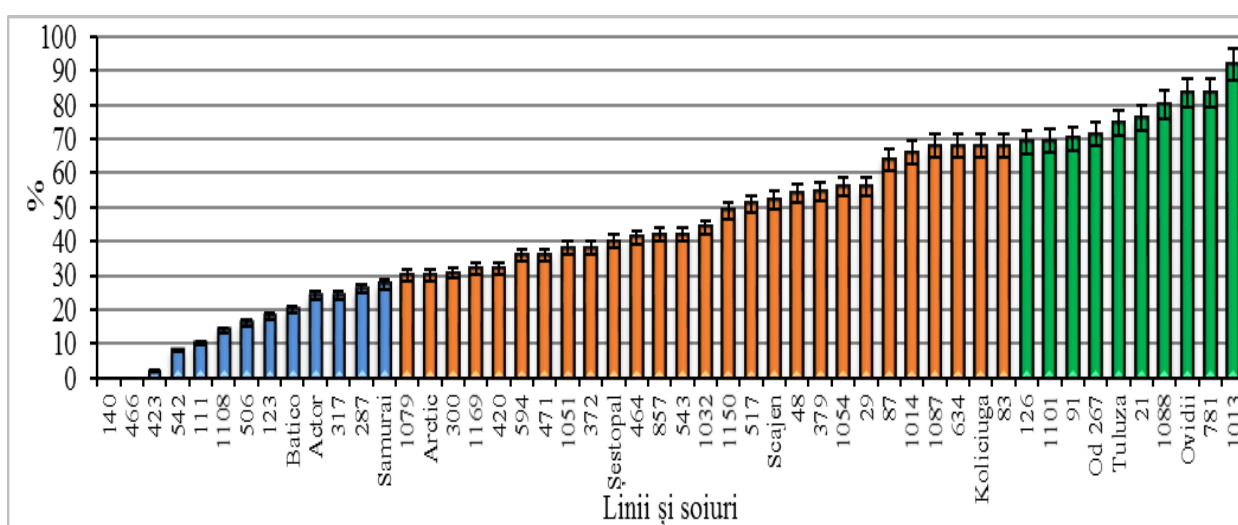


Fig. 3.22. Distribuția genotipurilor de grâu, reproduse în anul 2016 în regiunea Harkov (Ucraina), după rezistența lor constitutivă la temperaturi joase în baza reacției de germinare a semințelor la șocul hipotermic

Datele cu privire la influența șocului hipotermic de -7°C pe parcursul a 8 ore asupra germinării semințelor a 40 de linii și 10 soiuri de grâu sunt prezentate în Figura 3.22. Clasificarea genotipurilor de grâu în funcție de valoarea crescândă a procentului de semințe germinate în varianta experimentală oferă oportunitatea de a le aranja după rezistența lor constitutivă la acțiunea temperaturilor negative. Menționăm că în variantele martor capacitatea germinativă a semințelor a fost de circa 95%. Luând în considerare aceasta, distribuția genotipurilor a fost realizată direct în baza procentului de germinare a semințelor după expunerea lor la temperatura și durata stabilită de expunere la șocul hipotermic. Conform răspunsului semințelor la șocul hipotermic, ca și în cazul răspunsului semințelor la șocul hipertermic, genotipurile de grâu au fost distribuite în trei grupuri: cu rezistență înaltă (I), au germinat mai mult de 70% de semințe; cu rezistență medie (II),

au germinat 30-70% de semințe; cu rezistență scăzută (III), au germinat doar până la 30% de semințe. Compararea în pereche a valorilor medii a indicelui reprezentat prin devierea procentuală a capacității de germinare a genotipurilor între grupurile I, II și III a indicat diferențe statistic semnificative cu valori pentru $p < 0,05$ (Anexa 6: Tabelul 6.13). Cu toate acestea, la granițele între grupuri pentru 2-4 genotipuri învecinate de fiecare parte, valorile medii ale indicelui n-au prezentat diferențe statistic semnificative. Având în vedere, intervalul de procente caracteristic fiecărei zone (zona I – 70-100%; zona II – 30-70%; zona III – 0-30%), distribuția așteptată a numărului de genotipuri în zonele I, II și III ar fi după cum urmează: 30, 40, 30% din numărul total de genotipuri incluse în experiment. Analiza rezultatelor obținute (Figura 3.22) demonstrează că în realitate în zonele I, II și III s-au evidențiat 10, 27 și 13 genotipuri, respectiv. Ele reprezintă 20, 54 și 26% din totalul de genotipuri testate. Astfel, genotipurile selectate pentru analiză au avut tendința clară de diminuare a procentului de genotipuri cu rezistență înaltă la șocul hipotermic și de sporire a procentului celor cu rezistență medie la acest șoc. La fel de important este faptul că în baza procentului de semințe care au germinat după supunerea la doza stabilită de expunere la șocul hipotermic, distribuția genotipurilor a ocupat intervalul între 0 și 92%. Aceasta confirmă alegerea reușită a temperaturii și duratei stabilite de expunere la șocul hipotermic în vederea comparării rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor joase.

Dacă comparăm reacțiile genotipurilor la ΔT de +52 și -7°C, putem observa că unele dintre ele din ambele experimente aparțin grupului de genotipuri cu rezistență înaltă atât la șocul hipertermic cât și la cel hipotermic (Ovidii, 126, 1101, 91, Odessaia 267, Tuluza, 21, 781). Acestea demonstrează că plasticitatea de rezistență a acestor genotipuri este mai înaltă în comparație cu a celorlalte genotipuri luate în studiu și, respectiv, capacitatea de adaptare la fluctuațiile de temperaturi extreme pozitive și negative este de așteptat să fie corespunzător mai mare.

3.2.2. Aprecierea „costului” alocat de semințele genotipurilor de grâu pentru rezistență la temperaturi extreme negative

Reacția genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor scăzute negative, a fost studiată ca și în cazul cercetărilor realizate la temperaturile înalte, în baza influenței șocului hipotermic de -5, -6, -7°C pe parcursul a 8 ore asupra eficienței utilizării substanțelor de rezervă pentru acumularea biomasei în plantulele obținute din semințele expuse șocului hipotermic (Figura 3.23). Pentru toți cei 5 indici, valorile medii ale variantelor experimentale și martor prezintă diferențe statistic semnificative cu o probabilitate de 95% ($p < 0,05$). Ca și în experimentul unde a fost aplicat șocul

hipertermic (Figura 3.13), există o corelație ridicată între valorile *MER*, *MEL*, *MEP*, *MEE*, *MEN* variind de la 0,79 la 0,98. De asemenea, doar *MEN* a avut o relație inversă cu parametrii precedenți.

Analizând datele prezentate în această figură, putem observa că odată cu creșterea valorii temperaturii negative care a provocat șocul hipotermic, rata substanțelor de rezervă consumate din endosperm pentru germinarea semințelor și creșterea plantulelor a scăzut, pe când cea a substanțelor rămase în endosperm neutilizate, dimpotrivă, a crescut. Masa consumată a endospermului a fost parțial inclusă în biomasa acumulată în plantulă și consumată prin respirație pentru menținerea germinării semințelor, proceselor de creștere și a viabilității plantulei. Datele prezentate în Figura 3.23 de asemenea denotă că, odată cu scăderea temperaturii, acumularea biomasei de către plantulă a diminuat mai pronunțat în comparație cu cea care caracterizează diminuarea ratei masei endospermului alocate pentru respirație. Altfel spus, odată cu creșterea valorii temperaturii negative care a cauzat șocul hipotermic, procesele de acumulare a biomasei plantulelor au fost inhibitate mai intensiv decât cele care au asigurat respirația. Astfel, sub influența șocului hipotermic a crescut nivelul relativ al biomasei alocate de endosperm pentru menținerea viabilității plantulelor și creșterea biomasei acumulate de plantulă. Acest lucru sugerează că cu creșterea profunzimii stării de stres cauzate embrionilor semințelor de expunerea la șocul hipotermic se mărește raportul dintre masa substanțelor de rezervă alocate pentru repararea daunelor cauzate și normalizarea funcțiilor suprimate de către șocul hipotermic, și biomasa substanțelor alocate nemijlocit în biomasa plantulei. Legitatea menționată s-a manifestat pe întregul fundal al măririi masei uscate a endospermului rămase neutilizate după germinarea și creșterea plantulei și sporirii stării de stres cauzate semințelor prin expunerea la temperaturi negative. Rezultă că raportul dintre biomasa endospermului inclusă în plantă și biomasa care a fost consumată prin respirație pentru a asigura germinarea și creșterea plantulei reprezintă un parametru ce caracterizează starea fiziologică a semințelor expuse la șocul hipotermic.

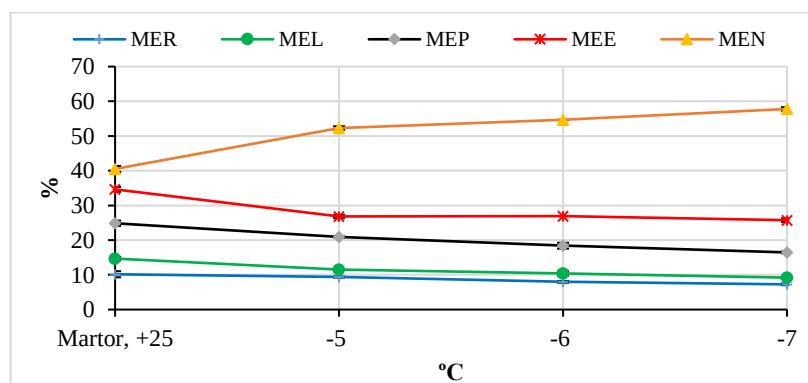


Fig. 3.23. Modificarea ratei de biomasă a endospermului semințelor soiului de grâu Moldova 5 în urma aplicării șocului hipotermic timp de 8 ore

Valorile p confirmă semnificația statistică a diferenței dintre valorile medii EMS ale variantelor martor și variantele experimentale -6, -7°C ($p < 0,05$). Prin urmare, un astfel de factor precum expunerea la șocul hipotermic cu aceste valori poate fi utilizat pentru evaluarea rezistenței genotipurilor prin determinarea acestui parametru. Totodată, în experimentul cu $\mathcal{S}T$ indus de temperatura de -5°C, nu există o diferență statistic semnificativă ($p > 0,05$) între valorile medii EMS ale variantelor martor și experimentale.

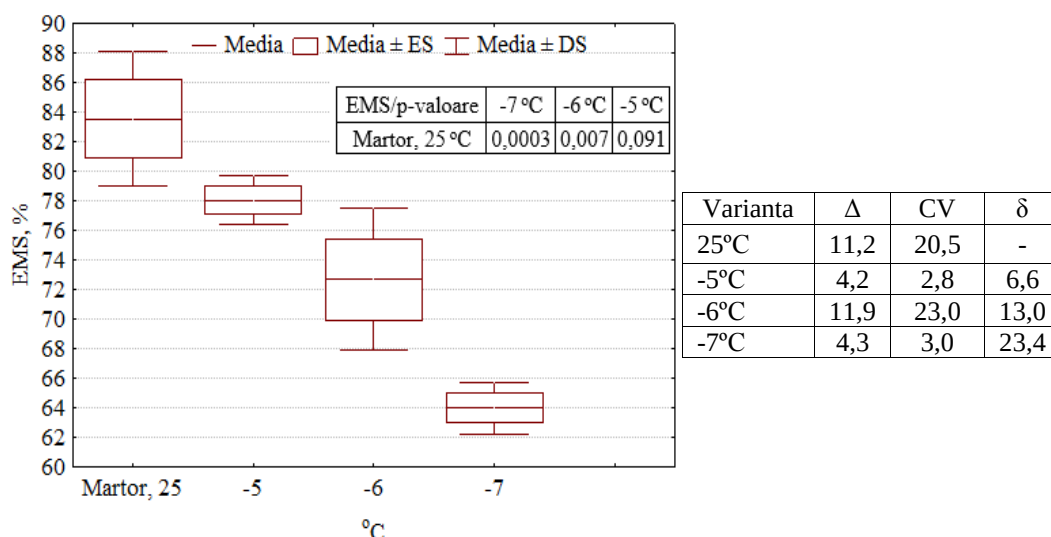


Fig. 3.24. Eficacitatea metabolică a semințelor soiului de grâu Moldova 5, după expunerea la șocul hipotermic timp de 8 ore

Legitățile menționate mai sus au fost confirmate și de datele care caracterizează EMS soiului Moldova 5 (Figura 3.24). Acestea indică faptul că cu scăderea temperaturii sporește și profunzimea șocului hipotermic cauzat semințelor. Ca urmare, odată cu creșterea valorii temperaturii negative cu care a fost provocat șocul scade și EMS . Rezultă că raportul dintre biomasa endospermului inclusă în plantulă și cea eliminată prin respirație pentru germinare și creșterea plantulei reprezintă un parametru fundamental care caracterizează starea fiziologică a semințelor expuse la șocul hipotermic.

După expunerea semințelor diferitor soiuri la șocul hipotermic de -7°C pe parcursul a 8 ore, masa endospermului translocată în masa plantulei sporește proporțional cu rezistența soiului de grâu la acțiunea șocului hipotermic. Dimpotrivă, biomasa consumată din endosperm pentru respirație a fost mai mare la soiurile sensibile la stresul cauzat de temperaturile negative (Figura 3.25). Pentru toți indicii, analiza diferenței dintre valorile medii ale variantelor martor și experimentale au dat valori $p < 0,05$. Rezultă că, după expunerea la acest stres, genotipurile cu rezistență mare consumă o fracțiune mai mică din biomasa endospermului pentru respirație la formarea unei unități de biomasă a plantulei, comparativ cu genotipurile mai puțin rezistente. În

variantele martor, *costul* exprimat ca biomasa endospermului inclusă într-o unitate a biomasei plantulei și a biomasei endospermului respirat pentru a realiza respirația în timpul germinării semințelor și creșterii plantulei (Figura 3.25a) a fost mai redus în comparație cu cel alocat pentru aceasta în variantele experimentale (Figura 3.25b). Datorită acestui fapt, distribuția soiurilor de grâu în funcție de rezistența la îngheț pe baza determinării *costului* alocat de semințele pentru respirație și acumulare a unei unități de biomasă a plantulei este mai evidențiată în variantele experimentale, decât metoda bazată pe compararea valorilor acestor parametri în variantele martor. Putem presupune că diferențele dintre soiuri privind rezistența la șocul cauzat de temperaturile negative sunt asociate cu specificitatea *costului* alocat de semințele acestora pentru rezistență și creștere după expunerea la acest șoc. În variantele martor rata biomasei endospermului neutilizată după germinarea semințelor și creșterea plantulelor la soiurile de grâu incluse în cercetare a manifestat tendința de diminuare la soiurile cu rezistență mai înaltă la stresul hipotermic.

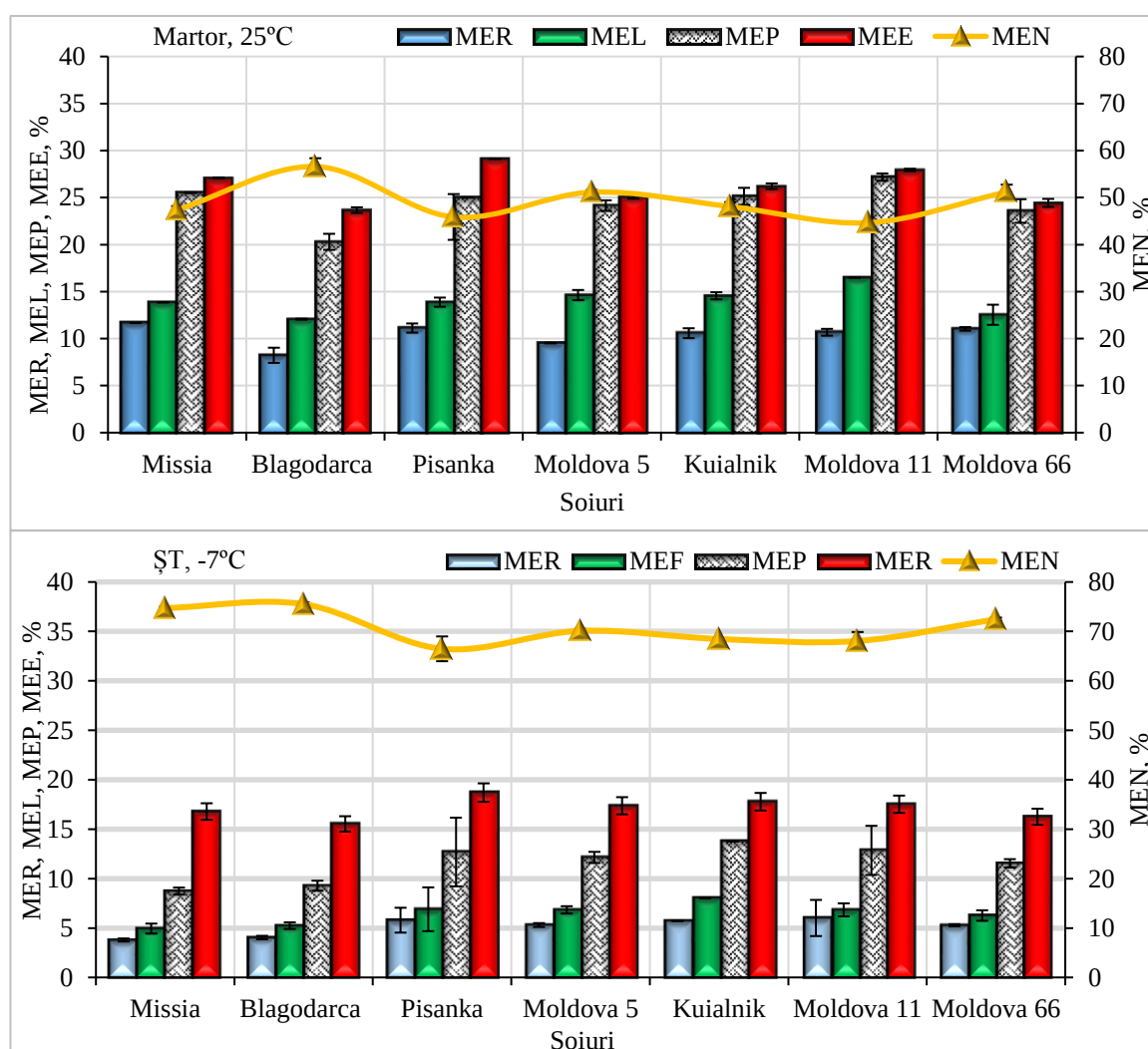


Fig. 3.25. Rata de biomasă a endospermului din semințele soiurilor de grâu expuse la șocul hipotermic timp de 8 ore

După expunerea semințelor la șocul hipotermic, rata biomasei endospermului incluse în biomasa plantulelor a fost mai mare pentru genotipurile care sunt mai rezistente la îngheț. În același timp, rata biomasei endospermului consumate prin respirație a fost mai mare la genotipurile cu rezistență scăzută la ger. O observație demnă de remarcat constă în aceea că genotipurile cu rezistență mai mare la îngheț, în condiții optime pentru germinarea semințelor și creșterea plantulelor, demonstrează tendința de a utiliza mai rapid substanțele de rezervă ale endospermului. Această caracteristică este asociată cu distribuția specifică a energiei consumate pentru germinarea semințelor și creșterea plantulelor, precum și pentru a asigura rezistența și inițierea adaptării plantelor la temperaturi extreme. Elucidarea acestor procese poate deschide noi modalități de testare a rezistenței genotipurilor de grâu la îngheț. Scăderea maximă a valorii parametrului MEN la variantele experimentale, comparativ cu cea la variantele martor, a fost atestată la soiul Missia (devierea procentuală $\delta=156,1$), ceea ce confirmă sensibilitatea mai mare a acestuia la șocul hipotermic comparativ cu alte soiuri. La soiurile Moldova 5, Moldova 11 și Kuialnik, valorile devierii procentuale sunt apropiate din punctul de vedere al MER și sunt în intervalul de 54-56%. Modificările valorilor parametrului MEE sunt similare și pentru soiurile Pisanca, Blagodarca și Blagodarca: devierea procentuală este în intervalul de 64-66%. Toate acestea sugerează că aceste grupuri de soiuri au reacții similare la șocul hipotermic conform acestor parametri (Anexa 6: Tabelul 6.14).

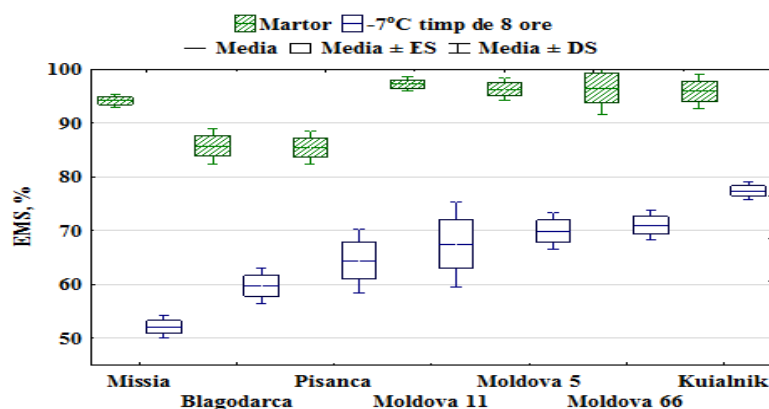


Fig. 3.26. Eficacitatea metabolică a semințelor diferitor soiuri de grâu expuse la șocul hipotermic de -7°C pe parcursul a 8 ore

Legitățile menționate anterior sunt confirmate de valorile *EMS* pentru menținerea germinării și creșterii plantulelor în normă și după expunerea lor anterioară la șocul hipotermic (Figura 3.26). Diferențele dintre soiurile de grâu în ceea ce privește *EMS* au fost statistic semnificative la variantele experimentale comparativ cu cele detectate la variantele martor.

Distribuția soiurilor de grâu în funcție de valorile *EMS* confirmă rezultatele expuse mai sus. Aceste date caracterizează cantitatea de biomasă consumată de semințele diferitor soiuri de grâu pe parcursul a 120 de ore de germinare și creștere a plantulelor. Diferențele în răspunsul la șocul hipotermic, prin compararea valorilor *EMS* ale semințelor soiului Kuialnik cu cele ale soiului Missia, sunt cele mai evidențiate. În varianta martor valoarea *EMS* pentru soiul Kuialnik și cea caracteristică pentru soiul Missia au atins, respectiv, 96 și 94%, pe când în variantele experimentale aceste valori au atins respectiv 77 și 52%. Comparând aceste date cu cele prezentate în Figurile 3.18 și 3.25, concluzionăm că clasificarea soiurilor pe grupuri de rezistență, în conformitate cu valorile *EMS*, corespunde clasificărilor în baza altor parametri utilizați pentru a determina rezistența soiurilor de grâu la șocul hipotermic de -7°C pe parcursul a 8 ore.

Datele prezentate demonstrează validitatea metodelor de distribuție rapidă a soiurilor de grâu în funcție de rezistența lor constitutivă (în absența adaptărilor ontogenetice) la temperaturi extreme pozitive și negative. Aceste metode permit determinarea, în scurt timp, a rezistenței la arșiță și îngheț a unui număr mare de soiuri. Cu aplicarea metodelor tradiționale, aceste cercetări ar fi durat mult mai mult [267, 268] și cu cheltuieli mult mai mari, fără avantaje reale pentru capacitatea de clasificare a genotipurilor în conformitate cu rezistența lor la temperaturi extreme. De asemenea, din punct de vedere cantitativ și calitativ, metodele propuse de noi reprezintă un pas înainte, deoarece metodele tradiționale nu oferă posibilitatea de a determina rezistența constitutivă a soiurilor de grâu la arșiță și îngheț. Doar compararea nivelului de rezistență constitutivă cu nivelul de rezistență complexe la arșiță și îngheț dă posibilitatea de a evalua contribuția adaptărilor în dependență de genotip, stadiul ontogenezei și condițiile de mediu.

Diferențele reacției de răspuns a soiurilor de grâu la șocul hipotermic de -7°C pot fi evaluate și prin devierea procentuală (δ) a valorii medii a parametrului *EMS*, precum și prin aplicarea șocului termic de +52°C (Figura 3.16). Astfel, dintre cele șapte soiuri studiate, valoarea lui δ a scăzut de la 44,7 la 19,28% la soiul Missia și, respectiv, Kuialnik (Anexa 6: Tabelul 6.15). Soiurile cu cea mai mare modificare a *EMS* au fost cele mai sensibile la șocul hipotermic de -7°C. La soiurile rezistente, modificările valorii δ au fost nesemnificative. Kuialnik, Moldova 66, Moldova 11 și Moldova 5 sunt printre cele mai rezistente soiuri pe baza *EMS* la acest șoc; soiurile Missia, Blagodarca și Pisanka sunt mai puțin rezistente. Pentru toate soiurile, valorile medii ale *EMS* la variantele martor și la cele experimentale au fost diferite statistic semnificativ ($p < 0,05$; Anexa 6: Tabelul 6.16). Există o diferență în ce privește rezistența soiurilor la ȘT de +52°C și -7°C. Cu toate acestea, se poate afirma că tendințele în distribuția lor pe grupuri de rezistență sunt similare.

3.3. Modificarea rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor extreme negative și pozitive sub influența biostimulatorului *Reglalg*

Rezistența genotipurilor la acțiunea temperaturilor extreme reprezintă o caracteristică determinată genetic, a cărei manifestare are loc datorită unor procese coordonate în timp și adaptate pentru a corespunde condițiilor mediului extern [136]. În condiții naturale factorii de stres pot acționa relativ brusc, de aceea procesele de adaptare nu totdeauna reușesc să fie exprimate la momentul potrivit, la un nivel corespunzător. În condițiile care fluctuează sporadic, daunele provocate de temperaturi extreme plantelor pot fi ireparabile. Pentru a diminua riscurile există mai multe procedee artificiale ce sporesc securitatea supraviețuirii și asigură obținerea recoltei în condiții variabile. Reglarea exogenă a proceselor vitale, precum și a rezistenței la temperaturi extreme, poate fi realizată datorită tratării plantelor cu BS naturali [47, 63, 101]. Printre BS cu proprietăți de reglare a creșterii și dezvoltării plantelor se numără și BS *Reglalg*. Utilizarea practică a BS devine actuală în legătură cu cerințele tot mai stricte privind protecția mediului ambiant și cele caracteristice pentru agricultura organică. În prezent, există mai multe procedee de evaluare în mod accelerat a influenței BS asupra rezistenței plantelor la ger și arșiță. Ele se bazează pe numeroase metode biofizice [218, 202], fiziologice și biochimice [133, 272, 323] de apreciere a stării plantelor după expunerea lor la doze variate de șoc cu temperaturi extreme. Cu toate acestea, din cauza complexității proceselor implicate, mai multe probleme rămân nesoluționate. Se consideră că rezistența complexă a plantelor la factorii de stres include componentele de rezistență constitutivă și cele de rezistență datorită adaptărilor funcționale și de evitare/diminuare a expunerii la factorii de stres [60].

3.3.1. Modificarea rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu sub influența biostimulatorului *Reglalg* la acțiunea temperaturilor extreme pozitive

Noi am studiat specificul influenței BS *Reglalg* asupra proceselor ce determină rezistența genotipurilor de grâu la temperaturi înalte și la ger. Pentru realizarea acestor cercetări, în prealabil au fost efectuate experimente privind determinarea celei mai efective doze de BS *Reglalg* pentru aplicare la tratarea semințelor de grâu comun de toamnă înainte de testare a rezistenței.

Analiza fenologică asupra plantulelor după cinci zile de cultivare demonstrează că creșterea și dezvoltarea plantulelor de grâu comun, obținute din semințele umectate cu apă distilată (martor) și cu soluții de BS *Reglalg* diluate cu apă în raport de 1/1000, 1/800, 1/600, 1/200, se modifică semnificativ. Comparând plantulele de grâu crescute din semințele umectate cu apă distilată cu cele umectate cu soluții de BS *Reglalg* diluat cu apă în raport diferit, putem observa că

în variantele experimentale plantulele întregi sunt mai viguroase și, în particular, rădăcinile sistemului radicular fiind mai lungi și lăstarii, la rândul lor, mai uniform dezvoltați (Figura 3.27).

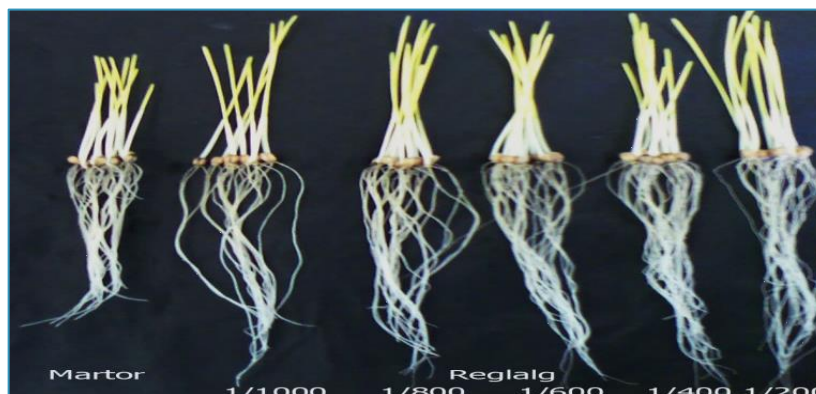


Fig. 3.27. Modificarea fenotipului plantulelor de grâu (soiul Moldova 5) sub influența BS *Reglalg* la etapa inițială de creștere și de dezvoltare

Diferențele fenologice s-au confirmat și în urma comparării valorilor biomasei uscate a lăstarilor și a sistemului radicular al plantulelor (Figura 3.28). Ele confirmă eficiența aplicării BS *Reglalg* la toate plantulele obținute din semințele tratate cu soluție de BS în raport diferit. Plantulele obținute din semințele tratate cu soluții de BS *Reglalg* diluate cu apă în raport de 1/600 – 1/200, care au germinat în condiții optime pe parcursul a 5 zile, au avut valorile biomasei uscate a sistemului radicular primar mai mari cu 5 – 14% și a lăstarului cu 6 – 14%, în comparație cu plantulele obținute din semințele netratate cu BS *Reglalg* ($p < 0.05$; Anexa 6: Tabelul 6.17). Soluția de BS *Reglalg* în diluție de 1/800 nu a provocat o modificare semnificativă a valorilor medii ale ambelor parametri în comparație cu martorul ($p > 0,05$).

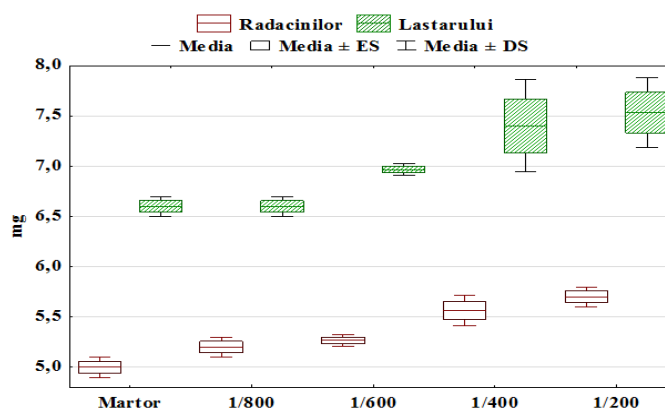


Fig. 3.28. Modificarea biomasei uscate a sistemului radicular embrionar și a lăstarului plantulelor de grâu Moldova 5, obținute din semințe umectate cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg* diluat cu apă în raport diferit

Astfel, dozele efective de BS *Reglalg* pentru tratarea semințelor de grâu înainte de germinat în scopul stimulării creșterii atât a rădăcinilor cât și a lăstarului plantulelor de grâu Moldova 5, se

află la gradul de diluare a preparatului cu apă în raport de 1/600-1/200. Analizând aceste rezultate, a fost determinat că valorile maxime ale biomasei uscate a plantulelor au fost la cele obținute din semințele tratate cu soluția de *BS Reglalg* diluată cu apă în raport de 1/200. Datorită acestor rezultate, a fost posibil de selectat în condiții de laborator diluția optimă de tratare a semințelor cu *BS Reglalg* pentru utilizarea acesteia în cercetările de testare a influenței biostimulatorului asupra rezistenței constitutive a diferitor genotipuri de grâu la acțiunea temperaturilor extreme negative și pozitive.

Pentru a determina în mod rapid influența *BS Reglalg* asupra termotoleranței plantulelor de grâu, semințele au fost tratate cu soluție de acest biostimulator diluat cu apă în raport de 1/200, iar semințele bine pregătite pentru germinare au fost expuse ζT de +48, +50, +51, +52°C pe parcursul a 30 de minute, fiind constatate rezistența constitutivă și capacitatea de restabilire a deteriorărilor provocate de șocul hipertermic. Expunerea la ζT indus de diferite temperaturi pozitive a fost efectuată prin imersarea în apă a semințelor bine pregătite pentru germinare pe parcursul a 30 de minute.

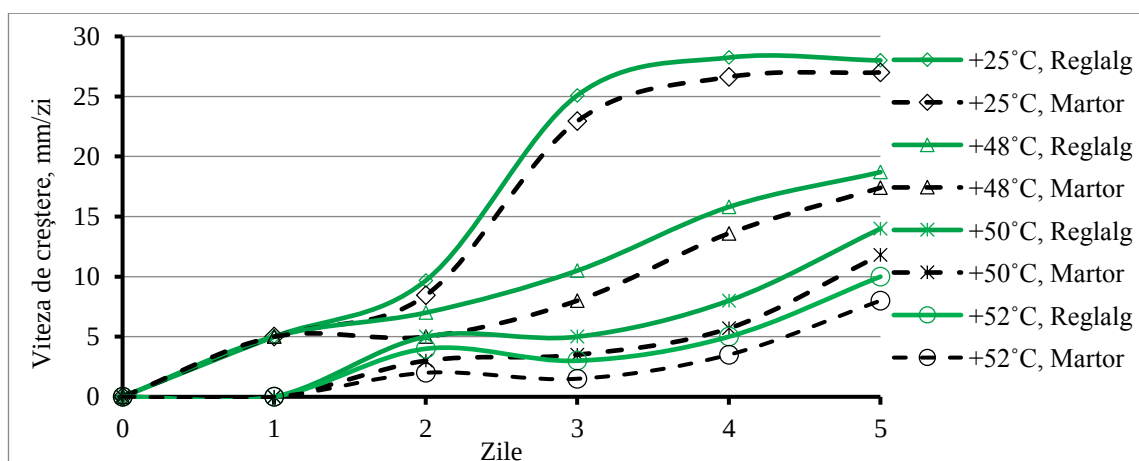


Fig. 3.29. Viteza de creștere zilnică a radiclei plantulelor soiului de grâu Moldova 5, obținute din semințe tratate cu apă sau cu soluție de *BS Reglalg* și expuse la șocul hipertermic pe parcursul a 30 de minute

Pentru a caracteriza răspunsul plantelor la șocul hipertermic sub influența *BS* a fost determinată viteza de creștere zilnică (*VCZ*) în lungime a rădăcinilor și a coleoptilului plantulelor experimentale, acestea fiind comparate cu cele la varianta martor. Valorile obținute ale *VCZ* organelor menționate sunt prezentate în Figurile 3,29 și 3,30. *VCZ* în lungime a radiclei și a coleoptilului plantulelor martor și experimentale scade proporțional cu creșterea valorii temperaturii. Valoarea *VCZ* atât pentru lungimea rădăcinii, cât și pentru înălțimea coleoptilului în probele experimentale a fost mai mare decât la martor la toate temperaturile și pe toată perioada de germinare a semințelor. Aceasta se manifestă prin aceea că creșterea radiclei în ziua a doua

după aplicarea șocului hipertermic se observă doar la plantele experimentale, iar restabilirea deteriorărilor provocate de $\dot{S}T$ în ziua a cincea se manifestă mai evident, valoarea VCZ în lungime a coleoptilului la plantele acestor variante fiind mai mare în comparație cu varianta martor. VCZ în prima zi după aplicarea șocului hipertermic sugerează despre influența benefică a BS *Reglalg* asupra rezistenței constitutive a plantulelor, iar valorile VCZ din ziua a cincea demonstrează că preparatul reglează derularea proceselor de restabilire a creșterii plantulelor de grâu Moldova 5 în perioada după aplicarea șocului hipertermic.

Datele prezentate în Figura 3.30 demonstrează modificarea VCZ a coleoptilului sub influența BS *Reglalg* în condiții optime și după aplicarea șocului indus de diferite temperaturi pozitive. Observăm că VCZ a coleoptilului plantelor care n-au fost expuse șocului hipertermic, dar au fost obținute din semințele tratate cu BS *Reglalg*, atinge maximul în a doua zi și a treia zi, și atinge valoarea zero după ziua a patra. La plantele variantei martor valoarea maximă a VCZ coleoptilului se atinge în ziua a treia, iar valoarea zero este atinsă după ziua a cincea.

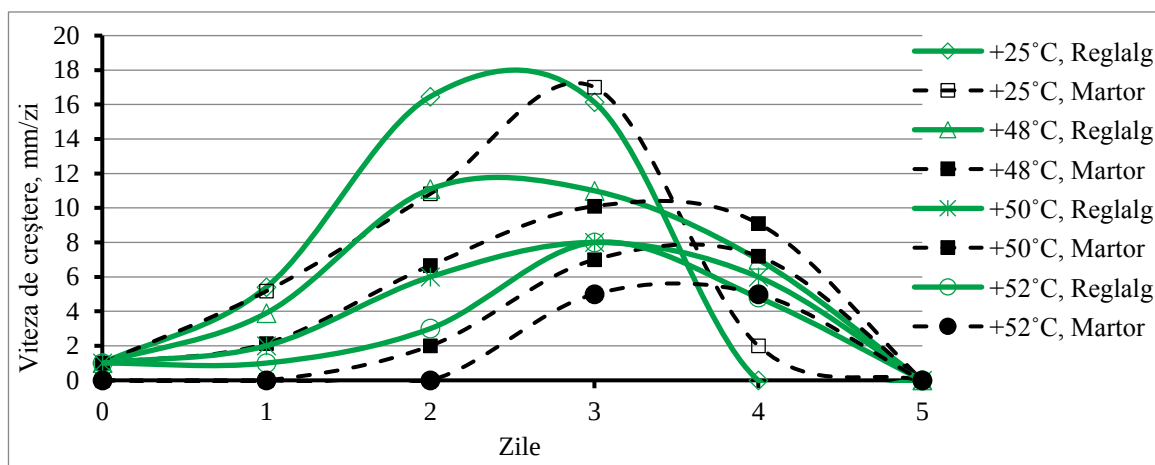


Fig. 3.30. Viteza de creștere zilnică a coleoptilului plantulelor soiului de grâu Moldova 5, obținute din semințele tratate cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg* și expuse la șocul hipertermic pe parcursul a 30 de minute

Aplicarea șocului hipertermic a dus la diminuarea lungimii coleoptilului la toate variantele. Cu toate acestea, la plantulele din variantele experimentale lungimea finală a coleoptilului a fost mai mare comparativ cu a celui din varianta martor. Aceste date au demonstrat că coleoptilul plantelor, care are funcția de protecție a primei frunze și cel mai scurt ciclu de viață, poate deveni obiect important de studiu pentru elucidarea influenței *RNC* asupra cineticii de creștere și rezistență a plantulelor la temperaturi extreme.

Rezultatele privind influența BS *Reglalg* asupra rezistenței semințelor diferitor genotipuri de grâu la acțiunea $\dot{S}T$ de +50°C pe parcursul a 30 minute sunt prezentate în Figura 3.31. Analiza

valorilor medii ale procentului de germinare a semințelor din varianta martor și din cele experimentale ale tuturor soiurilor a arătat că diferența dintre acestea este statistic semnificativă ($p < 0,05$), cu excepția liniei 343 și a soiului Ovidii aparținând grupului foarte rezistent (Anexa 6: Tabelul 6.18). La genotipurile din grupul cu rezistență scăzută, tratarea semințelor cu BS *Reglalg* înainte de aplicarea șocului a asigurat o creștere a procentului de germinare a semințelor față de martor cu 25,5% (devierea procentuală, δ), iar la genotipurile din grupa cu rezistență medie – cu 6,6-15,7%. La unul dintre cele trei genotipuri cu rezistență înaltă (1101), BS a stimulat germinarea cu $\delta = 5,3\%$ și cu 9% mai mult, iar la celelalte două (543, Ovidii) procentul de germinare a semințelor nu s-a modificat $\delta = 0\%$. La semințele genotipului 372, cu rezistență joasă la șocul hipertermic, sub influența BS *Reglalg* germinarea semințelor a crescut de la 29% până la 49%.

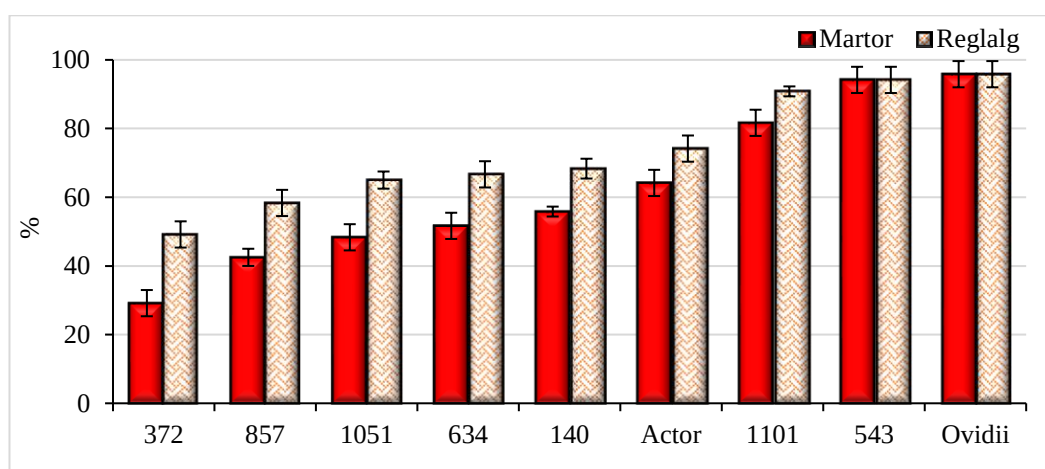


Fig. 3.31. Modificarea capacității germinative a semințelor de grâu a liniilor și soiurilor tratate cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg* diluat cu apă în raport de 1/200 și expuse șocului hipertermic de +50°C timp de 30 de minute

Astfel, BS *Reglalg* a avut un efect mai mare asupra liniilor de grâu cu rezistență medie și într-o măsură mai mică asupra celor din grupurile cu rezistență înaltă. Prin urmare, pentru a studia efectul BS *Reglalg* asupra modificării rezistenței unor astfel de genotipuri, este necesar să se testeze utilizarea unui șoc cu o valoare mai mare a temperaturii. În general, datele obținute au demonstrat că în urma aplicării soluției de BS *Reglalg* tendința de sporire a rezistenței constitutive a semințelor la șocul hipertermic s-a manifestat cu atât mai pronunțat, cu cât mai sensibile la acțiunea acestuia erau semințele genotipului dat.

3.3.2. Modificarea rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu sub influența biostimulatorului *Reglalg* la acțiunea temperaturilor extreme negative

În condiții de expunere la șocul hipotermic de -7°C pe parcursul a 8 ore (Figura 3.32), rezultatele investigațiilor demonstrează că la semințele din probele martor, care înainte de

expunere la șocul hipotermic n-au fost tratate cu BS *Reglalg*, procentul de germinare a semințelor diferitor genotipuri a fost inhibată în mod diferit. La liniile 140 și 466 germinarea semințelor a fost stopată complet, pe când la soiul Ovidii au germinat 80% de semințe. Tratarea prealabilă a semințelor liniilor 140 și 466 cu BS *Reglalg*, genotipuri foarte sensibile la șocul hipotermic de -7°C, nu a contribuit la supraviețuirea lor. Influența BS asupra rezistenței semințelor altor genotipuri a fost specifică. Valoarea sporirii procentului de germinare a semințelor din varianta experimentală comparativ cu a celui din varianta martor a fost de 38,5% pentru linia 379, caracterizată cu rezistență medie și de 13,4% pentru soiul Ovidiu caracterizat ca foarte rezistent. La semințele liniei 423 ale genotipului care în varianta martor au supraviețuit expunerii ȘT, sub influența tratării cu BS *Reglalg* s-a constatat o creștere a devierii procentuale de 42,4%.

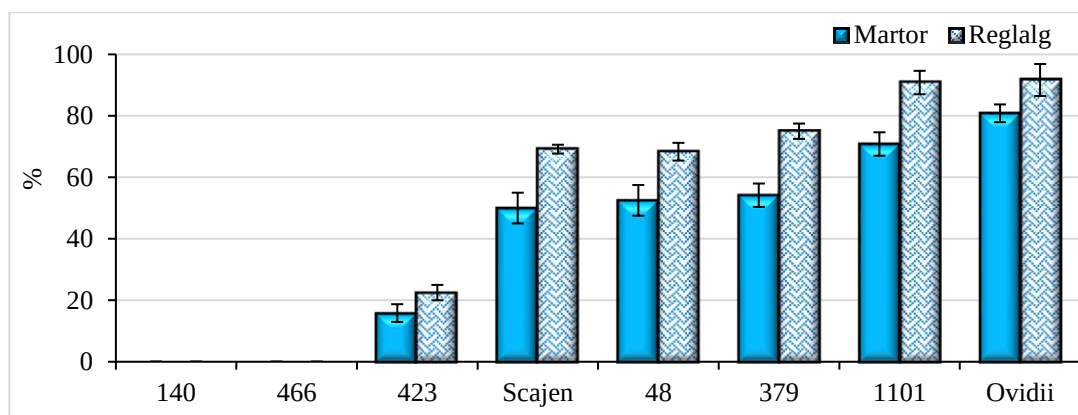


Fig. 3.32. Modificarea capacității germinative a semințelor liniilor și soiurilor de grâu tratate cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg* diluat cu apă în raport de 1/200 și expuse la șocul hipotermic de -7°C timp de 8 ore

Dacă comparăm datele experimentale la ȘT de +50°C (Figura 3.31) și la ȘT de -7°C (Figura 3.32), atunci trebuie de remarcat că în acest din urmă caz gradul de efect pozitiv al BS *Reglalg* asupra variantelor martor este mult mai mare și gama de acțiune a acestuia se extinde, incluzând și toate genotipurile din grupul foarte rezistent. Cu toate acestea, în ambele cazuri, cel mai mare efect s-a dovedit a fi la liniile din grupul cu rezistență scăzută. Spre exemplu, devierea procentuală pentru grupul cu rezistență scăzută a fost de 25,5 vs 42,4%, pentru grupul moderat rezistent – 6,6-15,7 vs 33,3-38,5%, pentru grupul cu rezistență ridicată – 0-5,3 vs 13,4-28,2% (Anexa 6: Tabelul 6.19), adică diferența este de 1,6-5,3 ori. Astfel, efectul benefic al BS *Reglalg* tinde să fie maxim la genotipurile în care, în varianta martor, semințele au rezistat impactului ȘT de -7°C și au avut cel mai mic procent de germinare. Analizând diferența dintre valorile medii ale indicilor martor și experiment am stabilit că aceasta este de $p < 0,05$ pentru fiecare genotip. Valoarea relativă a efectului benefic al BS *Reglalg* a fost cu atât mai mare, cu cât procentul de germinare după expunerea semințelor din varianta martor la ȘT cu temperatura și durata menționată era mai mic

(excluzând genotipurile care n-au supraviețuit după expunerea la șocul dat). Legitățile menționate ale influenței benefice a BS *Reglalg* asupra sporirii procentului de semințe care au suportat expunerea la șocul hipotermic trebuie să fie luate în calcul în experimentele de implementare în practică a biostimulatorului.

Datele prezentate în Figurile 3,31 și 3,32 sugerează că BS *Reglalg* produce modificări fiziologo-biochimice ce asigură adaptarea instantanee și majorarea rezistenței plantelor la temperaturile înalte. Astfel, pe parcursul germinării plantele dobândesc capacitatea de a se adapta mai rapid și mai efectiv la acțiunea temperaturilor negative și pozitive. La rândul lor, adaptările induse asigură sporirea rezistenței constitutive și a capacității de a repara mai rapid deteriorările provocate de ger și arșiță. Fiind aplicat în doze optime, BS *Reglalg*, probabil, induce și amplifică în mod complex compoziția moleculelor de semnalizare a acțiunii factorului de stres. La momentul potrivit acestea asigură accelerarea derulării proceselor de adaptare. Efectele benefice ale tratării semințelor cu BS *Reglalg* pot fi dependente și de accelerarea proceselor de reparare a deteriorărilor care inevitabil se produc în perioada de inițiere a proceselor de germinare a semințelor. Ca urmare, se realizează creșterea uniformă, sporește vigoarea plantulelor, se modifică organogeneza și se optimizează derularea etapelor de ontogeneză a plantelor. Din cele menționate rezultă că tratarea semințelor cu BS *Reglalg* inițiază o serie de procese care duc la sporirea vigorii și capacității adaptive a plantelor. Ca rezultat, nivelul daunelor provocate de stres diminuează, repararea acestora devine mai eficientă, iar energia alocată pentru rezistență și adaptare se optimizează.

3.4. Concluzii la capitolul 3

1. Pentru cinetica de acumulare a apei în semințele de grâu sunt caracteristice trei faze: faza inițială, rapidă; faza intermediară, lentă; faza staționară, caracterizată prin acumularea foarte lentă a apei. Parametrii care caracterizează germinarea demonstrează că semințele de grâu devin *bine pregătite* pentru germinare spre sfârșitul fazei a doua, iar în faza a treia, din cauza activării substanțiale a proceselor metabolice, în embrion apar efectele de anoxie, ceea ce duce la „*înărăuțirea*” parametrilor ce caracterizează germinarea și diminuarea substanțială a rezistenței semințelor la acțiunea factorilor de stres termic.

2. În cercetările privind compararea particularităților fiziologice și genetice ale semințelor genotipurilor de grâu este necesară ca acestea să fie aduse la aceeași fază de „*pregătire*” pentru germinare, evitându-se apariția fenomenelor de anoxie (efectele apar în faza a treia de acumulare a apei).

3. Parametrii care caracterizează influența unor doze specifice de șoc cu temperaturi extreme asupra germinării semințelor pot sta la temelia metodelor de determinare rapidă a

rezistenței genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor înalte și negative, metodele fiind simple, sensibile și reproductibile.

4. Pentru a selecta genotipurile de grâu cu grad înalt de termorezistență se recomandă testarea lor prin aplicarea unor doze de $\dot{S}T$, realizat cu temperaturi relativ înalte (+51°C sau +52°C) pe parcursul a 30 minute și cu temperaturi negative (-6°C sau -7°C) pe parcursul a 8 sau 16 ore.

5. Deoarece condițiile de cultivare influențează rezistența constitutivă a semințelor la acțiunea temperaturilor extreme, eficiența și sensibilitatea metodei de determinare rapidă a rezistenței la temperaturi extreme se recomandă să fie apreciate asupra semințelor multiplicare în aceleași condiții climaterice și chiar reproduse în același an.

6. După supunerea semințelor diferitor soiuri de grâu la doze stabilite de expunere la șocul hipertermic și hipotermic se manifestă următoarele legități care permit aranjarea genotipurilor după rezistența lor constitutivă la arșiță și îngheț:

a) cu cât rezistența soiului la acțiunea temperaturilor înalte și negative este mai mare, cu atât procentul de germinare a semințelor expuse la doza stabilită de șoc hipotermic și hipertermic este mai mare;

b) odată cu creșterea valorii temperaturii șocului hipotermic și hipertermic, rata de masă a endospermului semințelor, inclus în plantulă sau eliminată prin respirație în timpul germinării semințelor și creșterii plantulelor, scade, dar acest efect al șocului termic este mult mai pronunțat asupra ratei masei endospermului incluse în plantulă;

c) cu cât rezistența genotipului de grâu la îngheț și la arșiță este mai mare, cu atât, după expunerea semințelor acestora la șocul hipotermic și hipertermic, este mai mare valoarea raportului dintre masa substanțelor de rezervă ale endospermului inclusă în plantulă și biomasa consumată pentru respirație.

7. Utilizarea BS *Reglalg* la tratarea semințelor înainte de expunere la șocul hipotermic și hipertermic contribuie la modificarea rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu prin sporirea capacității germinative a semințelor și de creștere a plantulelor. Efectul benefic al BS *Reglalg* este maximal pentru genotipurile cu rezistență joasă și medie la acțiunea temperaturilor extreme.

8. Deoarece condițiile de mediu fluctuează din an în an, efectul benefic relativ al BS *Reglalg* asupra rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor înalte și joase va fi diferit.

4. EVALUAREA INFLUENȚEI BIOSTIMULATORULUI *REGLALG* ASUPRA PRODUCTIVITĂȚII ȘI REZISTENȚEI GENOTIPURILOR DE GRÂU COMUN DE TOAMNĂ LA TEMPERATURI NEGATIVE ȘI ÎNALTE

În perioada de vegetație grâul comun de toamnă suportă acțiunea temperaturilor negative iarna, a arșiței și a secetei vara, atacul agenților patogeni etc [80]. Pentru a suporta aceste condiții la plante s-au elaborat/instalat diferite mecanisme de toleranță față de factorii nefavorabili ai mediului ambiant. Potențialul genetic de rezistență a speciilor de plante la acești factori este diferit. La diferite faze ale ontogenezei rezistența plantelor la factorii de stres depinde de specificul adaptărilor acumulate pe parcursul dezvoltării [82]. Viabilitatea plantei în condiții de stres este determinată de realizarea mecanismelor de evitare a acțiunii factorului, precum și de specificul derulării proceselor fiziologice și biochimice în țesuturile și organele plantei ca răspuns la acțiunea factorilor de stres [113, 125, 126]. Activitatea funcțională ca răspuns la acțiunea factorilor de stres este influențată de inducerea specifică a expresiei genelor [20]. Derularea acestui răspuns este influențată de doza și specificul factorilor de stres [168]. Drept rezultat, se modifică nu doar reacția (rezistența) plantelor la diferiți factori de stres, dar se schimbă și derularea proceselor de dezvoltare. În literatura de specialitate este descrisă posibilitatea modificării reacției plantelor la acțiunea factorilor de stres cu ajutorul *SBA* de proveniență naturală [60, 164] și sintetică [47, 350]. În legătură cu cerințele tot mai ridicate privind protecția mediului ambiant, un interes tot mai pronunțat se acordă *SBA* de proveniență naturală [231], compatibile cu cerințele agriculturii organice. Printre acestea se regăsește și *BS Reglalg* [59]. Specificul acțiunii *BS Reglalg* a fost studiat în cercetările noastre privind efectele biologice care se manifestă la plantele diferitor genotipuri de grâu obținute din semințele tratate înainte de semănat cu soluțiile acestui preparat.

4.1. Influența biostimulatorului *Reglalg* asupra rezistenței plantelor genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor extreme negative

Efectul benefic al *BS Reglalg* asupra parametrilor studiați a fost observat timp de mai mulți ani. Cantitativ, datele privind lungimea primului internod și numărul de lăstari la plantele martor și la cele experimentale ale diferitor soiuri de grâu, obținute în diferiți ani, sunt prezentate în tabelele 4.1 și 4.2. În toate probele experimentale, în perioada 2014-2017, s-a observat o scădere a lungimii epicotilului și o creștere a numărului mediu de lăstari (frați) la o plantă comparativ cu plantele din varianta martor. Valorile acestor parametri ai variantelor experimentale au variat în funcție de concentrația soluției de *BS Reglalg*, utilizată pentru tratarea semințelor (anul 2014). În

probele cu soluțiile de BS *Reglalg* diluat cu apă în raport de 1/200 și 1/100 lungimea epicotilului a atins valoarea minimă. Valoarea acestuia în comparație cu variantele martor a scăzut respectiv cu 33,9 și 34,7%. La aceleași concentrații de BS *Reglalg* (Tabelul 4.2), valorile numărului mediu de lăstari (frați) la o plantă au crescut respectiv cu 68,2, 71,0% (toamna) și cu 45,8; 48,9% (primăvara).

Tabelul 4.1. Lungimea epicotilului la plantele soiurilor de grâu obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluții de BS *Reglalg*

Soiul	Varianta	Lungimea epicotilului, $\bar{x} (cm) \pm DS$	Δ	CV	P	δ
Rezultate obținute în toamna anului 2014						
Moldova 5	Martor	4,90 $\pm$ 0,90	0,33	18,42		-
	Reglalg 1/1000	4,72 $\pm$ 0,40	0,14	8,42	2,57E-01	3,7
	Reglalg 1/800	3,85 $\pm$ 0,67	0,25	17,81	1,09E-05	21,4
	Reglalg 1/400	3,75 $\pm$ 0,58	0,21	15,42	2,57E-06	23,5
	Reglalg 1/200	3,24 $\pm$ 0,70	0,25	21,75	4,31E-06	33,9
	Reglalg 1/100	3,20 $\pm$ 0,59	0,21	18,45	4,06E-06	34,7
Rezultate obținute în toamna anului 2015						
Moldova 5	Martor	3,12 $\pm$ 0,28	0,08	9,03	-	-
	Reglalg 1/200	1,35 $\pm$ 0,27	0,08	20,34	0,00E-01	56,7
Kuiálnik	Martor	4,25 $\pm$ 0,16	0,05	3,86	-	-
	Reglalg 1/200	2,58 $\pm$ 0,21	0,06	7,96	0,00E-01	39,3
Missia	Martor	2,89 $\pm$ 0,41	0,11	14,13	-	-
	Reglalg 1/200	1,74 $\pm$ 0,44	0,12	25,05	1,39E-24	39,8
Rezultate obținute în toamna anului 2016						
Moldova 5	Martor	3,31 $\pm$ 1,28	0,44	38,55	-	-
	Reglalg 1/200	1,95 $\pm$ 0,97	0,33	49,88	4,17E-06	41,1
Missia	Martor	2,69 $\pm$ 0,69	0,26	25,84	-	-
	Reglalg 1/200	0,92 $\pm$ 0,44	0,18	48,26	1,94E-15	65,8

În rezultatul analizei statistice a diferenței de valori medii a lungimii epicotilului dintre probele martor și cele experimentale pentru perioada 2014-2016 au rezultat valori $p < 0,05$, cu excepția cazului în care s-a administrat BS *Reglalg* cu o concentrație de 1/1000 ($p = 0,257$). Pentru parametrul numărul mediu de lăstari (frați) la o plantă $p = 0,446$ (toamna 2014) și $p = 0,31$ (primăvara 2015). Aceeași tendință în diferența valorilor acestor parametri se observă și în restul anilor. În variantele experimentale din anul 2015, valoarea parametrului lungimea epicotilului

soiului Moldova 5 a fost cea mai mică (1,35 cm) și față de martor a scăzut cu cel mai mare procent – 56,7%. La fel, în anul 2016 au existat scăderi semnificative ale valorilor acestui parametru. În ceea ce privește parametrul numărul mediu de lăstari (frați) la o plantă, cele mai mari valori absolute ale acestuia – de 2,86 (2016) și 2,57 (2017) – revin soiului Missia. Cu toate acestea, și pentru acest parametru cea mai mare creștere relativă de 78,5% (primăvara 2017) aparține, de asemenea, genotipului Moldova 5. Calculele valorii p pentru acest parametru la toate soiurile, pentru primăvara 2016 și 2017, au dat valori $p < 0,05$.

Tabelul 4.2. Numărul de lăstari productivi la plantele soiurilor de grâu obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluții de BS *Reglalg*

Soiul	Varianta	Numărul mediu de lăstari (frați) la o plantă, $\bar{x}\pm DS$							
		Toamna	Δ	CV	δ	Primăvara	Δ	CV	δ
		Rezultate obținute în toamna și primăvara anului 2014 - 2015							
Moldova 5	Martor	1,07±0,25	0,09	23,8	-	1,90±0,61	0,23	31,9	-
	Reglalg 1/1000	1,17±0,38	0,14	32,5	9,3	2,03±0,61	0,23	30,2	6,9
	Reglalg 1/800	1,37±0,56	0,21	40,7	28,0	2,27±0,52	0,19	22,9	19,5
	Reglalg 1/400	1,63±0,56	0,21	34,0	52,3	2,73±0,45	0,17	16,5	43,7
	Reglalg 1/200	1,80±0,61	0,23	33,9	68,2	2,77±0,43	0,16	15,6	45,8
	Reglalg 1/100	1,83±0,59	0,22	32,3	71,0	2,83±0,38	0,14	13,4	48,9
		Rezultate obținute în toamna și primăvara anului 2015 - 2016							
Moldova 5	Martor	1,13±0,35	0,13	30,5	-	1,67±0,48	0,18	28,8	-
	Reglalg 1/200	1,23±0,43	0,16	34,9	8,8	2,37±0,56	0,21	23,5	41,9
Kuialnik	Martor	1,17±0,38	0,14	32,5	-	2,03±0,49	0,18	35,5	-
	Reglalg 1/200	1,27±0,45	0,16	24,1	8,5	2,43±0,50	0,19	20,7	19,7
Missia	Martor	1,24±0,43	0,16	34,9	-	1,92±0,25	0,09	13,1	-
	Reglalg 1/200	1,36±0,56	0,21	40,7	9,7	2,86±0,35	0,13	12,1	48,9
		Rezultate obținute în toamna și primăvara anului 2016 - 2017							
Moldova 5	Martor	1,17±0,38	0,14	32,5	-	1,30±0,53	0,20	35,6	-
	Reglalg 1/200	1,40±0,50	0,19	41,2	19,7	2,32±0,55	0,21	23,4	78,5
Missia	Martor	1,64±0,72	0,27	43,9	-	1,93±0,69	0,26	35,8	-
	Reglalg 1/200	1,84±0,65	0,24	35,3	12,2	2,57±0,50	0,19	19,6	33,2

Ca urmare a tratării semințelor cu BS *Reglalg*, nodul de înfrățire și sistemul radicular la plantele obținute s-a format într-un strat mai profund al solului, cu umiditate mai stabilă în comparație cu cea caracteristică pentru plantele din varianta martor. În perioada geroasă a iernilor

fără zăpadă, temperatura minimă așteptată la adâncimea nodului de înfrățire a plantelor experimentale a fost cu 2 - 5°C mai ridicată în comparație cu cea de la adâncimea nodului de înfrățire a plantelor martor. Vara, respectiv, temperatura la adâncimea nodului de înfrățire a plantelor din varianta experimentală a fost mai joasă. De asemenea, plantele experimentale au format sistemul radicular care a penetrat mai profund în sol, cu un acces mai bun la rezervele de apă și nutritive ale solului. Aceste condiții au atenuat efectele negative ale temperaturilor excesive și ale secetei asupra plantelor. În consecință, plantele experimentale s-au dezvoltat în condiții mai prielnice, datorită cărui fapt ele erau mai viguroase și au format mai muți lăstari (frați) productivi în comparație cu plantele din varianta martor.

În mod evident aspectul morfologic al plantelor crescute din semințe tratate cu BS *Reglalg* a fost diferit de cel specific pentru plantele din varianta martor (Figura 4.1.). Observăm că, deși lungimea părții aeriene a plantulelor din diferite variante era comparabilă, lungimea epicotilului la plantele obținute din semințele tratate cu BS *Reglalg* diluat cu apă în raport de 1/100 și 1/200 era aproximativ de două ori (1,66 – 1,7 cm) mai mică în comparație cu cea la plantele din varianta martor.

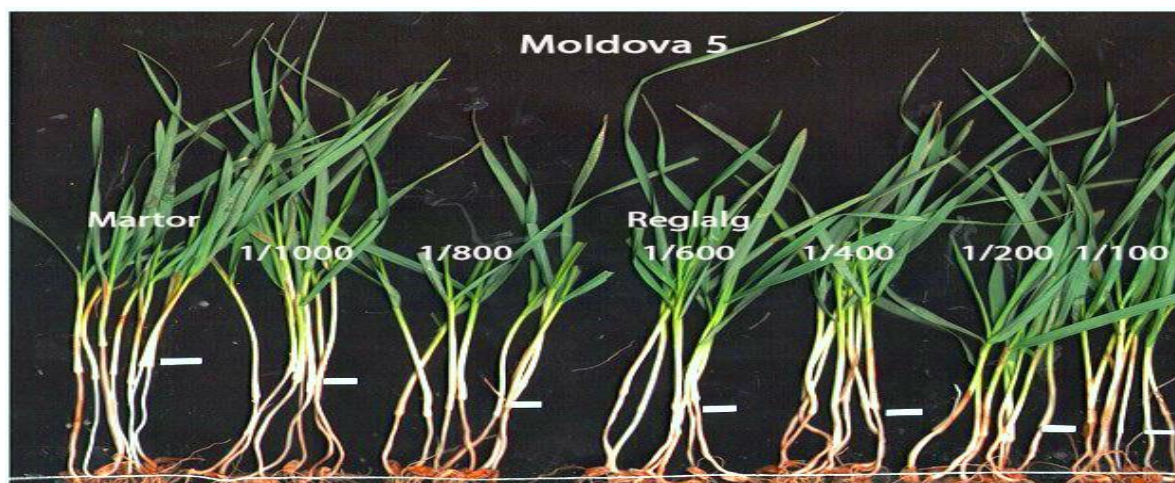


Fig. 4.1. Modificarea lungimii epicotilului la plantele soiului de grâu Moldova 5 sub influența BS *Reglalg* în ziua a 60-a de la semănatul în câmp

Notă: În stânga sunt prezentate plantele din varianta martor, iar în dreapta – plantele obținute din semințele tratate înainte de semănat cu soluție de BS *Reglalg* diluat cu apă în raport diferit (experiment)

În literatura de specialitate se menționează că în perioada de iarnă fără zăpadă, în straturile superioare ale solului temperatura crește concomitent cu profunzimea cu aproximativ 3°C la fiecare centimetru de la suprafața solului [350]. Este clar că sporirea adâncimii nodului de înfrățire asigură nu doar protejarea lui de acțiunea temperaturilor critice (iarna negative, iar vara înalt pozitive), dar și formarea sistemului radicular în straturi mai umede ale solului, fapt ce joacă un rol esențial în perioada cu depuneri atmosferice insuficiente (mai ales a secetelor de primăvară).

În aceste experimente noi am identificat concentrațiile optime de BS *Reglalg* care la tratarea semințelor de grâu înainte de semănat induc diminuarea cea mai pronunțată a lungimii epicotilului și localizarea nodului de înfrățire în straturi mai profunde ale solului.

În cercetările de câmp, realizate cu diferite soiuri de grâu, pentru tratarea semințelor înainte de semănat noi am utilizat soluția de BS *Reglalg* diluat cu apă în raport de 1/200. În Figura 4.2. este prezentată imaginea plantelor diferitor soiuri de grâu, prelevate pentru analiză în luna noiembrie a anului 2016. Analizând imaginile din această figură, observăm că la plantele celor trei soiuri, în variantele experimentale lungimea epicotilului a fost mai scurtă în comparație cu cea caracteristică pentru plantele din variantele martor. Rezultă că la acestea nodul de înfrățire a fost localizat mai adânc în sol. Aceste rezultate pot fi remarcate și analizând lungimea părții subterane (ea este de culoare maro deschis), care la plantele experimentale este de o lungime mai mare. Direcția de acțiune a BS *Reglalg* a fost identică, dar cantitativ diferită la diferite soiuri de grâu (datele sunt incluse în Tabelul 4.1).



Fig. 4.2. Influența BS *Reglalg* asupra lungimii epicotilului la plantele diferitor soiuri de grâu în ziua a 60-a de la semănatul în câmp

Notă: În dreapta sunt prezentate plantele din varianta martor (obținute din semințele tratate cu apă înainte de semănat), iar în stânga – experimentale (respective cu soluție de BS *Reglalg* diluat cu apă de 1/200)

În scopul aprecierii influenței BS *Reglalg* asupra adaptării plantelor de grâu la ger, pentru analiză, în diferite perioade de vegetație au fost prelevate probe de pe câmpul experimental în toamna anului 2015. În cercetare au fost incluse plantele soiurilor de grâu Kuiálnik, Moldova 5 și Missia, care se aflau după prima și a doua fază de călire, respectiv în decada III a lunii noiembrie și decada II a lunii decembrie. De menționat că la aceste etape plantele încă n-au format rădăcini adventive. Înainte de inițierea în condiții artificiale a formării rădăcinilor adventive de către nodul de înfrățire după metoda elaborată de noi, plantele experimentale, îndată după prelevarea din câmp, au fost expuse la șocul cu diferite temperaturi negative. Ulterior, împreună cu plantele din

variantele martor, ele au fost expuse pentru restabilire pe parcursul a 7 zile la temperatura +22°C, fotoperioada 16 ore lumină și 8 ore întuneric.

Tabelul 4. 3. Influența șocului hipotermic asupra procentului de viabilitate a plantelor soiurilor de grâu, obținute din semințe tratate cu apă sau cu soluție de *BS Reglalg* diluat cu apă în raport de 1/200

Soiul	Varianta	Plante prelevate după prima fază de călire							
		-9°C	-10°C				-11°C		
		$\bar{x}(\%) \pm DS$	Δ	CV	δ		$\bar{x}(\%) \pm DS$	Δ	CV
Missia	Martor	91±1	47±3,1	7,59	6,45	-	0	-	-
	Reglalg	95±5	76±2,0	4,97	2,63	61	24±4,0	9,94	16,67
Moldova 5	Martor	94±2	69±1,2	2,87	1,67	-	0	-	-
	Reglalg	96±2	87±2,3	5,74	2,66	25	36±2,0	4,97	5,56
Kuialnik	Martor	94±4	87±3,1	7,58	3,52	-	21±3,1	7,59	14,32
	Reglalg	96±2	95±1,2	2,87	1,21	10	43±2,3	5,74	5,33
		Plante prelevate după a doua fază de călire							
		-11°C	-12°C				-13°C		
Missia	Martor	69±3	31±3,1	7,59	9,96	-	0	-	-
	Reglalg	86±2	64±4,0	9,94	6,25	106	15±5,0	12,50	34,32
Moldova 5	Martor	77±3	35±1,2	7,59	3,98	-	0	-	-
	Reglalg	95±2	67±1,2	2,87	1,71	91	28±3,5	9,94	14,29
Kuialnik	Martor	87±2	75±3,1	7,59	3,98	-	19±4,2	10,34	22,30
	Reglalg	91±4	83±2,3	5,74	2,77	11	29±4,6	11,47	16,11

Notă: $p < 0,05$ la toate cele trei soiuri și ȘT, cu excepția ȘT=-9°C după prima fază și soiul Kuialnik la ȘT de -11°C după a doua fază ($p=0,1$). Pentru soiul Kuialnik δ a fost egală cu 102% la temperatura de -11°C și cu 53% la -13°C.

Aprecierea rezistenței plantelor la ger a fost efectuată în baza procentului de plante viabile, exprimat de procentul de plante la care s-a manifestat formarea și creșterea rădăcinilor adventive. În condițiile menționate mai sus, toate plantele din variantele martor și din cele experimentale au format rădăcini adventive. Datele privind influența șocului hipotermic asupra acestui proces sunt prezentate în Tabelul 4.3. Ele demonstrează că, după cele două faze de călire, procentul de plante viabile din varianta martor care au suportat șocul hipotermic (-10, -11°C după prima și -12, -13°C

cu soluție de BS *Reglalg*, după expunerea la șocul hipotermic de -12°C s-a observat inițierea rădăcinilor adventive din nodul de înfrățire. Astfel, utilizarea BS *Reglalg* a asigurat efecte benefice nu numai datorită influenței asupra organogenezei plantelor (efectul de diminuare a dozei temperaturilor negative datorită diminuării lungimii epicotilului), dar și sporirii rezistenței constitutive a embrionului și capacității semințelor de a se adapta funcțional la acțiunea temperaturilor negative.

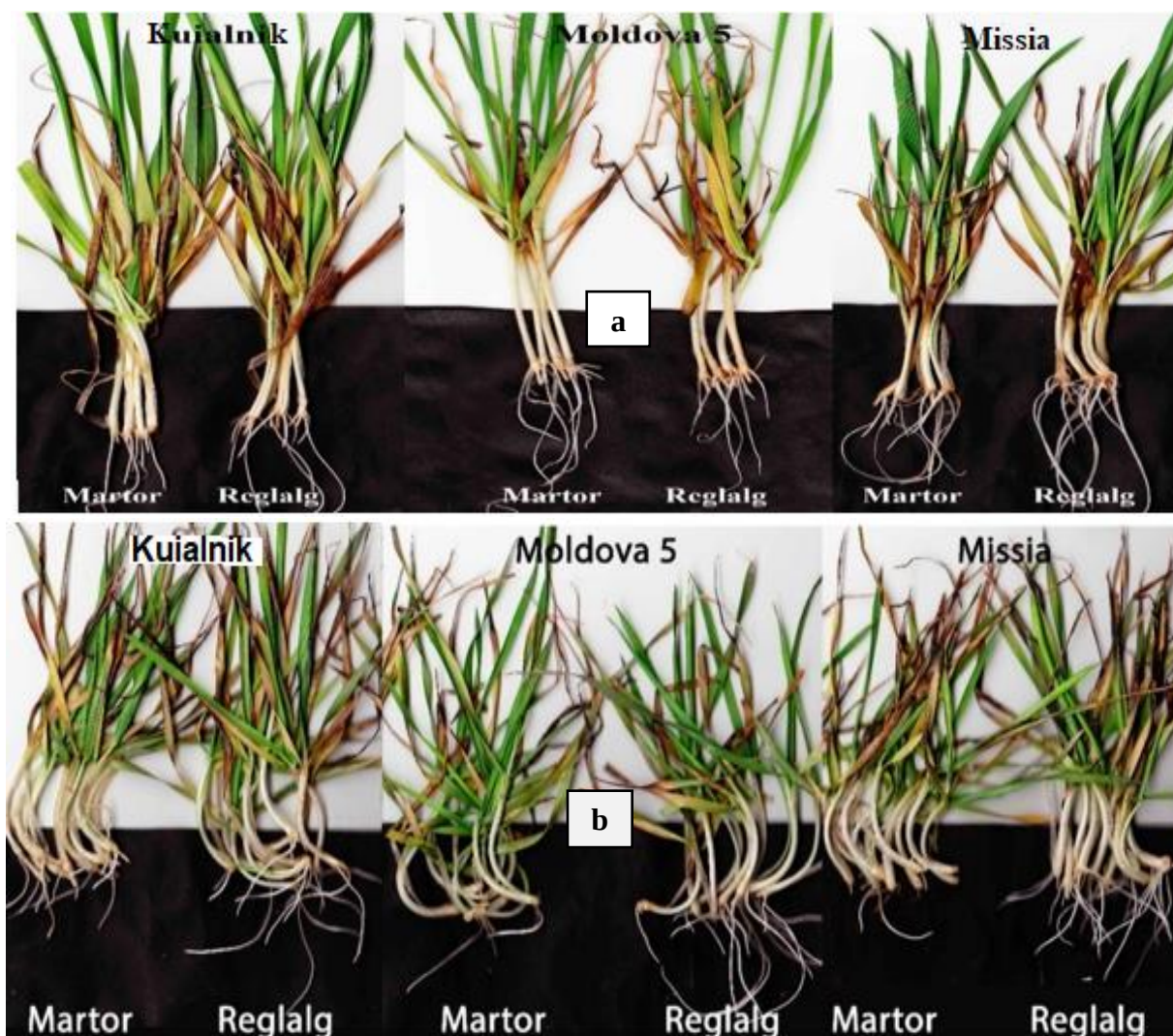


Fig. 4.3. Efectul șocului hipotermic asupra rizogenezei plantelor soiurilor de grâu, obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg* (1/200)

Notă: Imaginea plantelor care nu au fost expuse la șocul hipotermic (Figura. 4.3a) și a celor expuse la temperatura de -12°C timp de 8 ore (Figura. 4.3b)

Rezultatele măsurării conținutului de pigmenți clorofilieni și de carotinoide în frunzele plantelor de grâu (soiurile Kuiálnik, Moldova 5 și Missia), obținute din semințele tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg* diluat cu apă de 1/200, în urma acțiunii temporare a șocului hipotermic și creșterea ulterioară la lumină timp de 7 zile sunt prezentate în Figura 4.4.

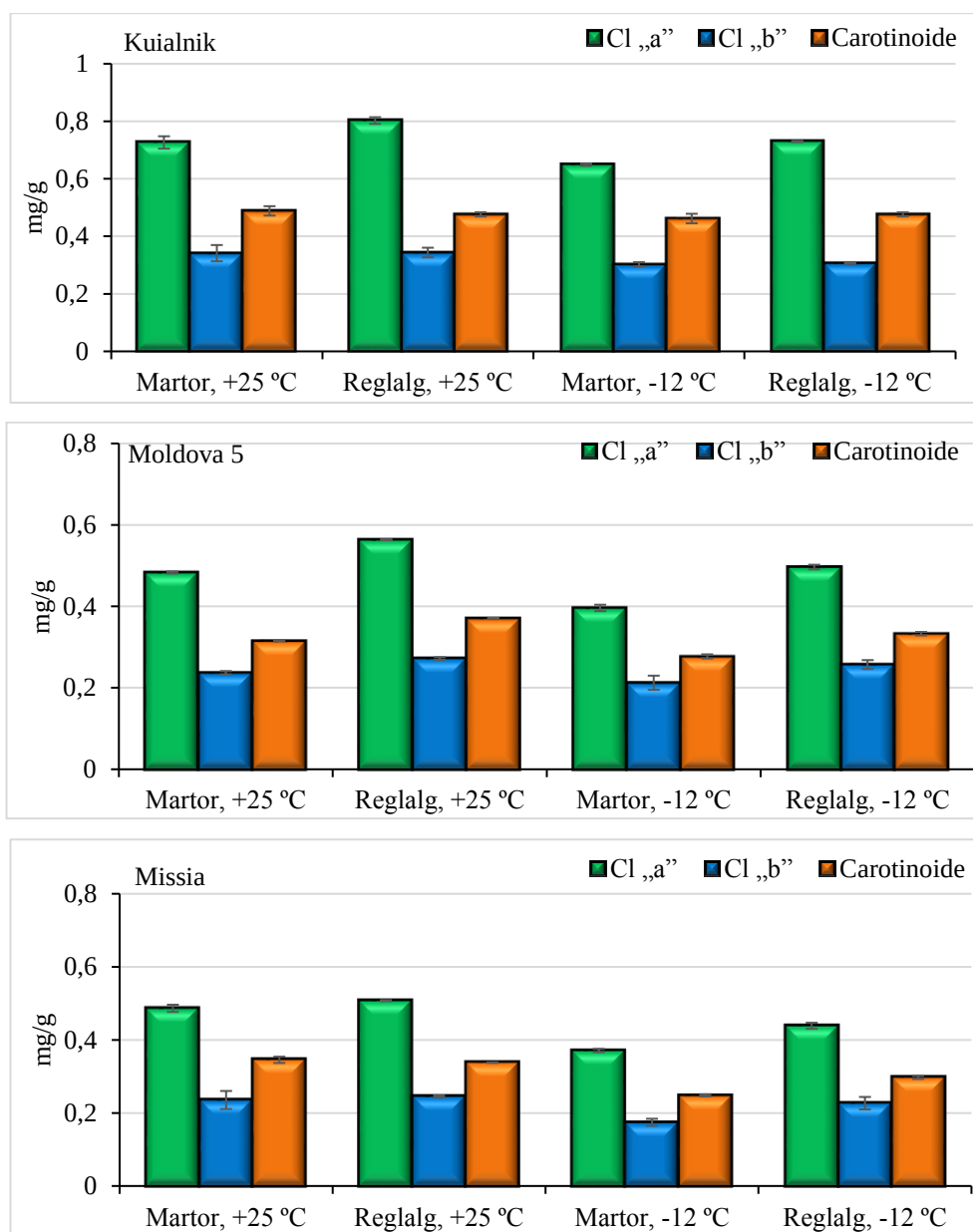


Fig. 4.4. Influența tratării semințelor cu apă sau cu soluție de *BS Reglalg* (1/200) asupra conținutului de pigmenți asimilatori din frunzele plantelor de grâu expuse la șocul hipotermic timp de 15 minute

Diferențe semnificative statistic între valorile medii ($p < 0,05$) ale variantei martor și experiment la +25°C și ȘT de -12°C simultan pentru toate cele trei caracteristici (clorofila a, clorofila b și caratinoide) se observă doar la soiul Moldova 5 și numai pentru particularitatea unică *clorofila „a”* pentru fiecare soi $p < 0,05$ (Anexa 6: Tabelul 6.20). Conform acestei particularități, la ȘT de -12°C, efectul pozitiv al *BS Reglalg* a avut cel mai mare efect asupra soiului Moldova 5 ($\delta = 25,3\%$) și cel mai puțin asupra soiului Kuialnik ($\delta = 12,4\%$). Dacă comparăm soiurile Kuialnik și Missia, atunci numai acesta din urmă are o valoare $p < 0,05$ (Anexa 6: Tabelul 6.21) pentru

caracteristicile *clorofila* “b” și *caratinoide* la ST de -12°C . În această variantă, în experiment, comparativ cu martorul, valorile acestor caracteristici au crescut cu 30, respectiv 19,8%. BS *Reglalg* a avut cel mai mare efect pozitiv asupra caracteristicii caratinoide a soiului Moldova 5 atât la $+25^{\circ}\text{C}$, cât și la $\text{ST} -12^{\circ}\text{C}$ ($\delta = 17,4$ și, respectiv, 20,9%). Rezultă că BS *Reglalg* a avut un efect pozitiv asupra clorofilei, o valoare indiferent de soi și temperatură. Cel mai mare impact a fost exercitat asupra soiului Moldovei 5 și cel mai mic asupra soiului Kuialnik. La soiul Missia, efectul lui s-a manifestat numai la temperaturi negative scăzute.

4.2. Influența biostimulatorului *Reglalg* asupra rezistenței plantelor genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor extreme pozitive

În cercetări separate a fost apreciată influența BS *Reglalg* asupra rezistenței plantelor de grâu la acțiunea șocului hipertermic. Pentru analiză, au fost prelevate probe de pe câmpul experimental pe parcursul iernii. În cercetarea rezistenței la acțiunea temperaturilor extreme pozitive au fost incluse plantele soiurilor de grâu Kuialnik, Moldova 5 și Missia după a doua fază de călire, fiind determinată apreciind inducerea rădăcinilor adventive. Înainte de inducerea în condiții de laborator a rădăcinilor adventive, provenite din celulele nodului de înfrățire, cercetările au fost realizate exact în perioada și conform metodei descrise în subcapitolul 4.1. Unica deosebire consta în aceea că înainte de incubare pentru înrădăcinare plantele au fost expuse la șocul indus de diferite temperaturi pozitive pe parcursul a 15 minute. Ulterior plantele au fost incubate în condiții favorabile pentru restabilire, la temperatura de $+22^{\circ}\text{C}$, fotoperioada 8 lumină și 16 ore întuneric, pe parcursul a 7 zile. Aprecierea rezistenței plantelor a fost efectuată în baza determinării procentului de plante la care pe parcursul a 7 zile s-au format rădăcini adventive din nodul de înfrățire. A fost constatat procentul de plante la care au apărut rădăcini adventive în varianta martor și procentul de plante obținute din semințele tratate cu BS *Reglalg* variantele experimentale (Figura 4.5). Datele obținute demonstrează că după faza a doua de călire, în variantele în care plantele n-au fost expuse șocului hipertermic procentul plantelor care au format rădăcini adventive (coronare) a atins valoarea maximă posibilă, restabilirea atingând 100%. În cazul în care plantele au fost obținute din semințele tratate cu apă, distribuția soiurilor în conformitate cu procentul plantelor care după expunerea la șocul indus de diferite temperaturi pozitive au format rădăcini coronare a fost următoarea: Moldova 5 > Kuialnik > Missia. Plantele soiului Kuialnik au demonstrat rezistență mai joasă la șocul hipertermic în comparație cu cele ale soiului Moldova 5 și mai înaltă în comparație cu cele ale soiului Missia. La plantele soiului Moldova 5 din variantele experimentale rezistența la șocul hipertermic, indiferent de temperatura de expunere, a sporit cu aproximativ 1°C față de cele din varianta martor.

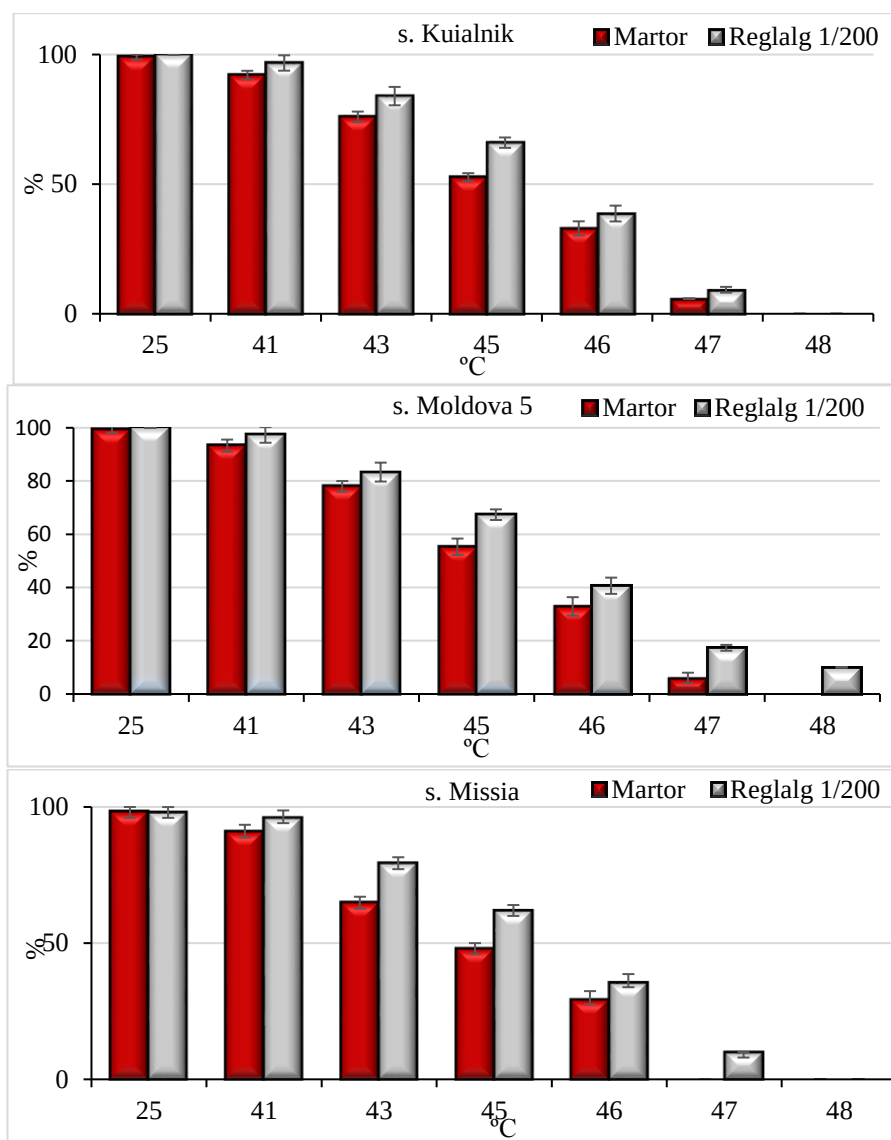


Fig 4.5. Procentul de viabilitate a plantelor soiurilor de grâu, obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg*, după expunerea la șocul hipertermic cu diferite temperaturi timp de 15 minute

De menționat că și în acest caz, din punct de vedere cantitativ, plantele soiurilor Kuialnik și Moldova 5 au depășit după rezistență plantele soiului Missia. Astfel, indiferent de soi, după expunerea la șocul hipertermic procentul plantelor care în condiții experimentale au format rădăcini coronare în variantele experimentale a fost mai mare în comparație cu cele din varianta martor.

Imaginile prezentate în Figura 4.6 confirmă vizual diferențele răspunsului plantelor soiurilor de grâu investigate la șocul hipertermic, precum și efectul benefic al BS *Reglalg* asupra semințelor tratate înainte de semănat. Se poate observa că incubarea plantelor, aflate după a doua fază de călire și expuse la șT de +46, +47 și +48°C, pe parcursul a 15 minute, a determinat inhibarea

inițierii rădăcinilor coronare la plantele soiurilor Missia, Kuialnik și Moldova 5 din varianta martor. Totodată, la toate cele trei soiuri de grâu, ale căror semințe înainte de semănat au fost tratate cu soluție de BS *Reglalg*, s-a observat inițierea rădăcinilor. Apariția rădăcinilor adventive după aplicarea temperaturii de +48°C a fost observată doar la soiul Moldova 5, semințele căruia înainte de semănat au fost tratate cu soluție de BS *Reglalg*. Aceste date sunt foarte importante pentru elucidarea mecanismelor de acțiune a BS *Reglalg* asupra plantelor.

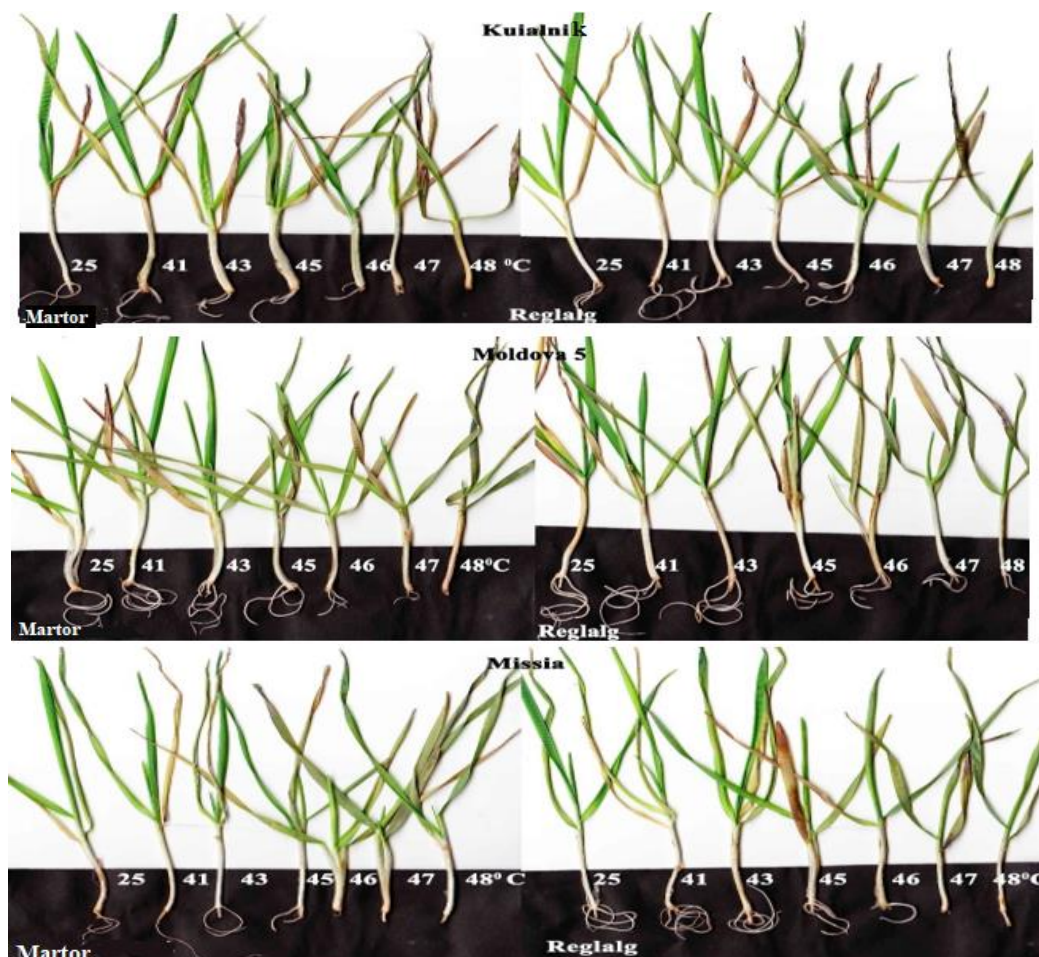


Fig. 4.6. Efectul șocului hipertermic asupra rizogenezei plantelor soiurilor de grâu, obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg* (1/200)

Notă: Imaginea plantelor soiurilor de grâu Kuialnik, Moldova 5 și Missia care nu au fost expuse la șoc hipertermic (în partea stângă) și a celor expuse acestuia timp de 15 minute (în partea dreaptă), precum și incubate pe parcursul a 7 zile în condiții optime pentru inducerea rădăcinilor adventive.

Datele prezentate în Figurile 4.5 și 4.6 demonstrează că sub influența BS *Reglalg* rezistența plantelor soiurilor incluse în cercetare la acțiunea ȘT indus de diferite temperaturi pozitive a sporit practic uniform și la un nivel constant. Diferențele dintre procentul de formare a rădăcinilor adventive la plantele diferitor soiuri supuse șocului hipertermic au fost mai mari în comparație cu cele determinate la plantele din varianta martor (fără expunerea la ȘT). Aceste diferențe au fost semnificative atât între diferite soiuri, cât și între plantele obținute din semințele tratate și cele

netratate cu BS *Reglalg*. În ansamblu, aceste date sugerează că sub influența BS *Reglalg* în plante se stimulează adaptările specifice la acțiunea temperaturilor de iarnă și, totodată, sporește vigoarea plantelor, datorită cărui fapt rezistența plantelor adaptate la condițiile de iarnă au demonstrat concomitent tendința de sporire a toleranței la șocul hipertermic.

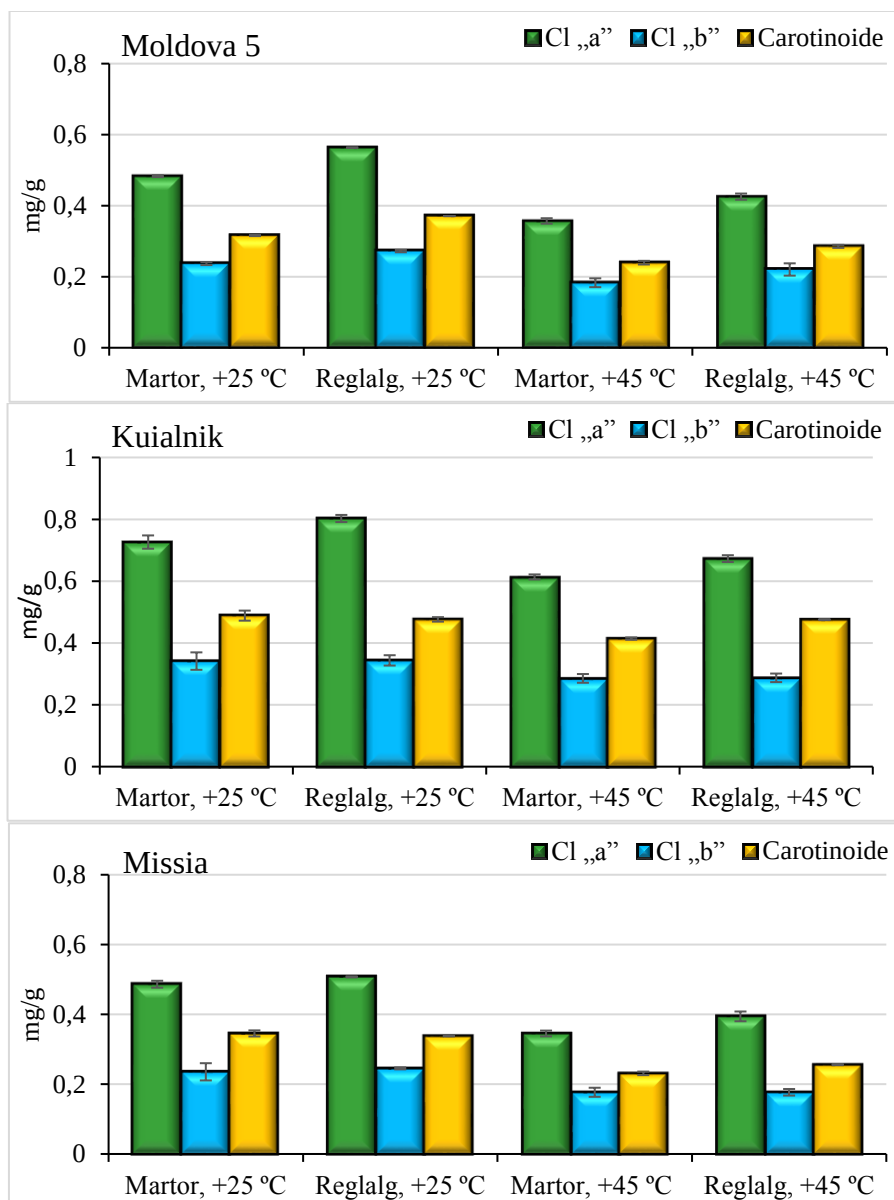


Fig. 4.7. Influența tratării semințelor cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg* (1/200) asupra conținutului de pigmenți asimilatori din frunzele plantelor de grâu, după expunerea la șocul hipertermic de +45°C pe parcursul a 15 minute

Determinările conținutului clorofilei „a”, clorofilei „b” și al caratinoidelor din frunza a treia a plantelor luate în cercetare sunt prezentate în Figura 4.7. De asemenea, ca și în cazul Figurii 4.4, doar pentru soiul Moldova 5 există diferențe semnificative statistic dintre valorile medii ($p < 0,05$ Anexa 6: Tabelul 6.21) ale variantelor martor și experiment atât la +25°C, cât și la ȘT de +45°C

simultan pentru toate cele trei caracteristici. Valorile devierii procentuale δ conform caracteristicilor clorofila “a”, clorofila “b” și caratinoide sunt cele mai mari: 16,6; 14,8; 17,4% (+25°C) și 19,2; 20,4; 19,2% (+45°C). Acest rezultat este dovedit de faptul că BS *Reglalg* are cel mai mare impact pozitiv complex asupra acestui soi. La fel ca și în experimentul anterior (Figura 4.4), pentru fiecare soi $p < 0,05$ raportat la aceeași caracteristică clorofila “a”. În funcție de nivelul de influență al BS *Reglalg* asupra acestei caracteristici la ȘT de +45°C, soiurile sunt dispuse în următoarea ordine: Moldova 5 > Missia > Kuialnik. În ceea ce privește caracteristica clorofila “b”, putem spune că cele mai mari modificări în variantele experimentale față de varianta martor se observă și la soiul Moldova 5. La celelalte două soiuri aceste modificări sunt nesemnificative (până la 4,2%) și nesemnificative statistic ($p > 0,05$). La ȘT de +45°C, valorile caracteristicii caratinoide la soiurile Kuialnik și Missia din variantele experimentale au crescut cu $\delta = 14,8$ și, respectiv, 10,9%, comparativ cu martorul, însă aceste valori δ nu depășesc valoarea soiului Moldova 5 ($p < 0,05$ pentru toate cele 3 soiuri).

Pe baza studiului influenței factorului de temperatură asupra conținutului cantitativ de pigmenți clorofilieni din limbul frunzei a treia a plantelor (Figura 4.4 și 4.7), a fost stabilit că răspunsul soiurilor de grâu comun de toamnă la acțiunea ȘT de +45°C și de -12 °C a depins de specificul soiului și de tratarea semințelor cu BS *Reglalg*. Au fost identificate soiuri care se caracterizează printr-un conținut mai mare de clorofilă în variantele martor (Kuialnik). În același timp, a fost detectat că soiurile răspund la șocul hipertermic și la cel hipotermic printr-o scădere a conținutului de clorofile și caratinoide. Efectul BS *Reglalg* de sporire a conținutului de pigmenți clorofilieni în limbul frunzei plantelor de grâu a fost remarcat în varianta martor și în variantele experimentale.

4.3. Influența biostimulatorului *Reglalg* asupra conținutului de pigmenți asimilatori în frunza stindard a plantelor genotipurilor de grâu

Observațiile fenologice în perioada de vegetație au indicat că plantele de grâu crescute din semințele tratate cu soluție de BS *Reglalg* au posedat un complex de proprietăți diferite de cele din varianta martor. Printre acestea menționăm următoarele: lungimea epicotilului era mai mică (1), culoarea frunzelor era mai verde întunecată (2), înfrățirea plantelor mai uniformă (3), îngălbenirea frunzelor inferioare și a frunzei stindard se manifesta mai târziu (4), fenotipic plantele erau mai viguroase (5). Aceste observații au fost confirmate de datele privind conținutul de clorofilă în frunza stindard a plantelor, prezentate în Tabelul 4.4.

Tabelul 4.4. Conținutul de clorofila “a”, “b” și de carotinoide în frunza stindard la plantele diferitor soiuri de grâu, obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg* și cultivate în anul 2016 pe câmpul experimental al IGFPP

Soiul	Varianta	Fazele de vegetație											
		Înspicare											
		Conținutul de pigmenți în extracte, mg/g											
		Clorofila “a”				Clorofila “b”				Caratinoizi			
		$\bar{x} \pm DS$	Δ	CV	δ	$\bar{x} \pm DS$	Δ	CV	δ	$\bar{x} \pm DS$	Δ	CV	δ
Kuiálnik	Martor	1,35±0,04	0,11	3,23	-	0,38±0,03	0,07	6,96	-	0,42±0,02	0,04	3,61	-
	<i>Reglalg</i> 1/200	1,38±0,04	0,10	2,94	2	0,43±0,02	0,04	3,58	$\frac{1}{3}$	0,48±0,02	0,04	3,16	14
Moldova 5	Martor	1,23±0,06	0,15	4,94	-	0,32±0,03	0,08	9,45	-	0,39±0,01	0,02	2,56	-
	<i>Reglalg</i> 1/200	1,47±0,03	0,08	19,5	23	0,47±0,14	0,35	32,5	$\frac{4}{7}$	0,64±0,04	0,10	6,35	64
Missia	Martor	1,19±0,03	0,08	2,57	-	0,42±0,04	0,10	9,70	--	0,45±0,02	0,04	3,37	-
	<i>Reglalg</i> 1/200	1,47±0,04	0,10	2,83	24	0,56±0,05	0,12	8,49	$\frac{3}{3}$	0,64±0,03	0,07	4,13	42
		Înflorire											
Kuiálnik	Martor	1,60±0,09	0,23	5,73	-	0,51±0,04	0,09	6,93	-	0,51±0,02	0,04	2,98	-
	<i>Reglalg</i> 1/200	1,89±0,05	0,13	2,80	18	0,68±0,03	0,07	3,89	$\frac{3}{3}$	0,64±0,02	0,04	2,37	25
Moldova 5	Martor	1,28±0,04	0,09	2,82	-	0,37±0,04	0,09	9,08	-	0,42±0,02	0,04	3,61	-
	<i>Reglalg</i> 1/200	1,51±0,07	0,18	4,78	18	0,49±0,07	0,17	13,5	$\frac{3}{2}$	0,66±0,01	0,02	1,52	57
Missia	Martor	1,67±0,04	0,10	2,49	-	0,56±0,03	0,07	4,72	-	0,63±0,03	0,07	4,76	-
	<i>Reglalg</i> 1/200	1,84±0,04	0,09	1,96	10	0,65±0,01	0,03	1,79	$\frac{1}{6}$	0,71±0,07	0,17	10,1	13

Comparând raportul dintre conținutul clorofilei “a” și “b” în frunza stindard a plantelor martor și a celor experimentale observăm că la plantele experimentale în frunzele stindard a tuturor soiurilor conținutul clorofilei “a” și “b” era mai înalt în comparație cu cel caracteristic pentru plantele din variantele martor. Diferențele/ deosebirile dintre valorile medii ale acestor particularități din variantele martor și cele experimentale au fost statistic semnificative $p < 0,05$, cu excepția soiului Kuiálnik în faza de înspicare pentru particularitatea clorofila “a” ($p = 0,48$) și “b” ($p = 0,06$). Datele din literatura de specialitate indică faptul că cu sporirea nivelului de stres conținutul clorofilei și al carotenoidelor în frunza stindard a plantelor cerealiere scade [108, 285]. Cele mai mari modificări ale valorilor medii privind conținutul de clorofilă “a” și “b” precum și de carotinoide la variantele experimentale în faza de înspicare se observă la soiurile Moldova 5 ($\delta = 23, 47, 64\%$) și Missia ($\delta = 24, 33, 42\%$), iar în faza de înflorire – la soiurile Kuiálnik ($\delta = 18, 33, 25\%$) și Moldova 5 ($\delta = 18, 32, 57\%$). Astfel, tratarea semințelor cu BS *Reglalg* sporește producerea conținutului de clorofilă în frunze și efectul maxim s-a observat atât la soiurile rezistente, cât și la cele slab rezistente.

Tabelul 4.5. Valorile indicelui clorofilei la frunza stindard a plantelor soiurilor de grâu, obținute din semințe tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg* și cultivate pe câmpul experimental al IGFP

Soiul	Parametrul fiziologic	Faze de vegetație				
		Înspicare	Înflorire	Formarea cariopselor și maturitatea în lapte		Maturitatea în ceară
				Cariopsă apoasă	Cariopsă în lapte	Cariopsă formată
Indicele clorofilei la frunza stindard a plantelor în anul 2015						
Moldova 5	Martor	136 ± 1,5	176 ± 2,8	161 ± 8,4	139 ± 6,5	108 ± 11,0
	Reglalg 1/200	181 ± 2,9	235 ± 1,7	227 ± 8,8	151 ± 6,6	113 ± 7,9
	p	2,45E-05	4,81E-05	4,81E-05	3,34E-02	4,36E-01
	δ	32,8	33,4	41,4	8,4	3,9
Indicele clorofilei la frunza stindard a plantelor în anul 2016						
Kuialnik	Martor	152 ± 1,50	173 ± 7,31	137 ± 5,98	130 ± 8,05	0
	Reglalg 1/200	161 ± 1,75	200 ± 7,20	150 ± 9,12	139 ± 9,95	115 ± 8,8
	p	2,57E-02	1,15E-04	8,37E-04	1,32E-02	1,15E-04
	δ	5,2	15,8	9,4	7,2	-
Moldova 5	Martor	139 ± 1,86	162 ± 8,71	130 ± 10,3	113 ± 7,61	0
	Reglalg 1/200	141 ± 1,21	173 ± 2,93	147 ± 8,19	123 ± 5,16	112 ± 7,8
	p	3,70E-01	1,06E-03	6,10E-05	2,43E-03	1,15E-04
	δ	2,2	7,2	13,2	9,5	-
Missia	Martor	163 ± 1,52	167 ± 2,33	136 ± 5,68	115 ± 4,38	0
	Reglalg 1/200	165 ± 1,75	177 ± 1,75	142 ± 6,66	128 ± 4,89	99 ± 5,5
	p	4,87E-01	3,73E-04	5,56E-02	1,17E-04	1,15E-04
	δ	1,0	5,6	3,4	11,2	-
Indicele clorofilei la frunza stindard a plantelor în anul 2017						
Moldova 5	Martor	143 ± 1,05	179 ± 1,79	138 ± 3,73	130 ± 4,56	118 ± 15,15
	Reglalg 1/200	162 ± 1,47	203 ± 2,88	156 ± 3,45	141 ± 6,26	122 ± 13,76
	p	2,44E-04	1,16E-04	5,43E-05	6,27E-05	5,56E-01
	δ	5,4	13,6	12,3	8,5	3,4
Missia	Martor	166 ± 1,76	176 ± 2,26	145 ± 2,64	124 ± 3,73	98 ± 11,74
	Reglalg 1/200	170 ± 1,52	195 ± 3,39	154 ± 4,51	135 ± 4,17	100 ± 14,41
	p	3,50E-02	1,16E-04	1,40E-04	1,16E-04	5,42E-01
	δ	2,4	10,9	6,0	9,2	2,0

Pe parcursul vegetației grâului, în fazele de înspicare, înflorire, formare și coacere a boabelor în frunza stindard a plantelor experimentale și martor a fost determinat indicele clorofilei. Valorile acestui indice sunt cu atât mai înalte, cu cât conținutul clorofilei în frunze este mai mare [282]. Rezultatele prezentate în Tabelul 4.5. demonstrează că valorile indicelui de clorofilă atinge

maximul în faza de înflorire, apoi diminuează progresiv. Totodată, în toate fazele de dezvoltare, la frunza standard indicele de clorofilă la plantele experimentale era mai mare în comparație cu cel la plantele martor. Cele menționate sugerează că tratarea semințelor cu soluție de BS *Reglalg* a stimulat viabilitatea plantelor obținute, ceea ce s-a reflectat asupra conținutului de clorofilă în frunza standard pe parcursul întregii perioade a ontogenezei. De exemplu, în fazele inițiale de formare a spicului (mai ales în faza de formare a boabelor) diferențele dintre valorile acestui indice la plantele experimentale, în comparație cu cele la plantele martor, au fost cele mai înalte. Impactul cel mai mare al utilizării BS *Reglalg* asupra indicelui clorofilei a fost în 2015 în primele 3 faze: înspicare, înflorire și cariopsă apoasă la soiul Moldova 5. Valorile absolute ale parametrilor din variantele experimentale au fost cele mai mari și s-au ridicat la 181, 235, 227, respectiv. Modificarea devierii procentuale δ (32,8; 33,4; 41,4) a fost de multe ori mai mare decât valorile δ ale tuturor soiurilor în 2016, 2017, care au variat între 1,0 și 5,2; 5,6 și 15,8; 3,4 și 13,2. Anul 2016 se caracterizează prin faptul că în faza de cariopsă formată toate variantele martor au avut frunze galbene și valoarea indicelui clorofilei =0, în timp ce la cele experimentale, valorile au fost în intervalul 99-115. Aceste rezultate demonstrează că utilizarea BS *Reglalg* pentru tratarea semințelor înainte de semănat sporește valoarea indicelui clorofilei și, respectiv, menține frunzele verzi o perioadă mai îndelungată în ontogeneza plantelor de grâu. În baza acestor rezultate deducem că BS *Reglalg* contribuie la reglarea activității componentelor aparatului fotosintetic în convertirea energiei luminii de către frunzele celor trei soiuri luate în cercetare.

4.4. Influența biostimulatorului *Reglalg* asupra productivității plantelor și calității semințelor soiurilor de grâu

Efectele menționate anterior s-au răsfrâns și asupra indicilor de productivitate. Printre aceștia indicăm: numărul de boabe în spic, masa medie a cariopselor în spicul plantei principale, masa cariopselor în spicele unei plante și masa a 1000 de cariopse. Datele sumare sunt incluse în Tabelul 4.6. Din datele incluse în tabel observăm că odată cu creșterea concentrației de BS *Reglalg*, valorile indicilor au crescut și ele. În variantele experimentale numărul mediu de cariopse în spice a fost cu 5,3-17,9% mai mare în comparație cu cel caracteristic spicelor plantelor din varianta martor. Randamentul maxim al masei cariopselor din spicul principal a fost înregistrat la plantele obținute din semințele tratate cu soluție de BS *Reglalg* diluat cu apă în raport de 1/200 – 1/100. El a constituit 24,4-28,9%. O majorare a masei cariopselor din toate spicele formate a fost înregistrată în toate variantele testate, creșterea valorii acestui indice variind în limitele 2,9 și 33,3% față de cel caracteristic pentru varianta martor. Masa a 1000 de cariopse de grâu în variantele experimentale depășea valoarea acesteia la plantele din varianta martor și oscila între

2,0 și 6,2%. Valoarea maximă a masei la 1000 de cariopse a fost înregistrată în variantele la care semințele au fost tratate cu soluție de BS *Reglalg* diluată cu apă în raport de 1/200. Din cele menționate concluzionăm că efectul cel mai benefic asupra productivității plantelor de grâu s-a manifestat la plantele obținute din semințele tratate cu soluție de BS *Reglalg* diluat cu apă în raport de 1/200 - 1/100. Pentru toți cei 4 indici de productivitate, diferența dintre valorile medii ale variantelor martor și ale celor experimentale la aceste doze de BS *Reglalg* a fost statistic semnificativă ($p < 0,05$).

Tabelul 4.6. Influența tratării semințelor de grâu cu apă sau cu soluții de BS *Reglalg* asupra indicilor de productivitate a plantelor soiului de grâu Moldova 5, cultivate pe câmpul experimental al IGFP în anul 2015

Varianta	Nr. de semințe în spic la planta principală	Masa boabelor în spic la planta principală (g)	Masa boabelor în spicele unei plante, (g)	MMB (g)
Martor	43,5 ± 3,2	1,59 ± 0,23	1,02 ± 0,15	35,8 ± 0,16
Δ	0,62	0,24	0,20	0,26
CV	5,64	17,66	44,96	0,46
Reglalg 1/1000	41,2 ± 1,3	1,58 ± 0,07	1,05 ± 0,04	36,5 ± 0,31
Δ	1,09	0,05	0,05	0,40
CV	10,47	4,44	11,16	0,68
p	5,77E-04	7,53E-01	7,93E-01	3,59E-04
δ	5,3	0,63	2,9	2,0
Reglalg 1/800	45,3 ± 1,4	1,96 ± 0,10	1,20 ± 0,03	36,7 ± 0,32
Δ	1,86	0,09	0,22	0,42
CV	13,41	5,70	42,38	0,71
p	2,86E-02	6,02E-05	2,16E-01	8,39E-05
δ	4,1	23,2	17,6	2,5
Reglalg 1/400	45,8 ± 2,9	1,95 ± 0,09	1,23 ± 0,05	37,1 ± 0,17
Δ	0,48	0,05	0,12	0,23
CV	6,09	4,40	33,60	0,38
p	9,91E-04	1,12E-04	5,41E-02	5,97E-05
δ	5,3	22,6	20,6	3,6
Reglalg 1/200	48,8 ± 1,8	1,99 ± 0,05	1,25 ± 0,03	38,0 ± 0,41
Δ	0,14	0,03	0,12	0,53
CV	1,31	2,53	34,79	0,87
p	5,11E-05	5,28E-05	4,75E-02	3,15E-05
δ	12,2	24,4	22,1	6,2
Reglalg 1/100	51,3 ± 3,9	2,05 ± 0,21	1,36 ± 0,13	37,6 ± 0,15
Δ	0,71	0,14	0,14	0,20
CV	7,36	10,19	36,37	0,33
p	3,27E-05	3,20E-05	6,85E-03	3,56E-05
δ	17,9	28,9	33,3	5,0

Notă: Valorile numerice cu caractere aldine indică ($\bar{x} \pm DS$)

În cercetările ulterioare, care au fost realizate pe suprafețe mai mari atât pe câmpul experimental al IGFP, cât și în unele gospodării agricole (Anexele 1-4), tratarea semințelor de grâu înainte de semănat a fost realizată cu soluția de BS *Reglalg* diluat cu apă în raport de 1/200. Efectul BS *Reglalg* asupra parametrilor ce caracterizează productivitatea plantelor de grâu sunt prezentate în Tabelul 4.7. Datele incluse în acest tabel demonstrează că tratarea semințelor cu BS *Reglalg* a influențat benefic valorile tuturor indicilor de productivitate: numărul mediu de spice per m², numărul de cariopse în spic, masa medie a cariopselor per spic, masa a 1000 de cariopse. La fel, la plantele din aceste variante, datorită faptului că înfrățirea de toamnă a fost mai înaltă, numărul de spice productive s-a mărit semnificativ. Astfel, de exemplu, în 2016 pentru soiurile Moldova 5 și Kuialnik această creștere față de martor a fost de 9,6 și 10,1%. Totodată, menționăm că la toate variantele experimentale a fost înregistrată majorarea masei cariopselor din spicele plantelor, depășind masa cariopselor din variantele martor până la 6%. De menționat că deși sub influența BS *Reglalg* a crescut semnificativ numărul de cariopse în spic, masa a 1000 de cariopse la fel a demonstrat tendința de a fi mai înaltă față de martor până la 2,7% (anul 2015). Datele obținute demonstrează că BS *Reglalg* a influențat benefic derularea proceselor fiziologice și biochimice în plantele experimentale, ceea ce a asigurat creșterea masei medii chiar și la un număr sporit a boabelor în spic.

La recoltarea de pe terenul experimental în anul 2016, pentru fiecare trei soiuri de grâu (Moldova 5, Kuialnik și Missia) din semințele tratate cu soluție de BS *Reglalg* a fost obținută o productivitate potențială, recalculată pentru un hectar egală, respectiv, cu 48, 58 și 56 q/ha. Pe terenul martor recolta a fost egală, respectiv, cu 41, 50 și 51 q/ha. Adaosul recoltei recalculate a constituit 7, 8 și 5 q/ha în favoarea plantelor obținute din semințele tratate cu BS *Reglalg*. Dacă recolta anului 2017 a fost mai mare decât în anul 2016, atunci creșterea recoltei datorită influenței BS *Reglalg*, dimpotrivă, a fost mai mare în 2016 și s-a ridicat la 9,8-17,1%. Din tabel observăm că în anii 2015 și 2017 la soiul Moldova 5 datele sunt foarte apropiate atât cu privire la recoltă, cât și la devierea procentuală. În anul 2017, datele de recoltă pentru soiul Missia au fost cele mai mari; totuși, în variantele experimentale au constituit, comparativ cu martorul, doar 4,4%. În anii 2015 – 2017 cele mai mari valori ale devierii procentuale se observă la soiurile Moldova 5 și Kuialnik (17,1 și 16%), ceea ce demonstrează efectul pozitiv al BS *Reglalg* asupra acestor soiuri. Considerăm că aceste efecte se datorează influenței benefice a BS *Reglalg* asupra caracteristicilor anatomice (diminuarea lungimii epicotilului), sporirii rezistenței constitutive și inductive a plantelor la acțiunea temperaturilor extreme. În comun, efectele menționate au asigurat sporirea vigoriei plantelor, creșterea activității fotosintetice a frunzelor pe întreaga perioadă de vegetație.

Tabelul 4.7. Indicii de productivitate a plantelor diferitor soiuri de grâu, obținute din semințele tratate cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg* diluat cu apă în raport de 1/200 și cultivate pe câmpul experimental al IGFPP

Soiul	Varianta	Nr. mediu de spice per m ² $\bar{x} \pm DS$	Nr. mediu de cariopse per spic $\bar{x} \pm DS$	Masa medie a cariopselor per spic $\bar{x}(g) \pm DS$	Masa a 1000 de cariopse $\bar{x}(g) \pm DS$	Recolta recalculată $\bar{x}(q/ha) \pm DS$	CV
Indicii de productivitate la plante în anul 2015							
Moldova 5	Martor	426±51	37,8±2,0	1,39±0,09	36,8±0,2	59±0,29	10,1
	<i>Reglalg</i> 1/200	447±25	38,1±1,5	1,44±0,11	37,8±0,3	64±0,34	9,8
	p	3,00E-01	6,68E-01	3,01E-01	3,00E-01	1,38E-01	
	δ	4,9	0,8	3,6	2,7	8,5	
Indicii de productivitate la plante în anul 2016							
Moldova5	Martor	353±52	32,3±1,7	1,17±0,09	36,3±1,0	41±0,49	13,1
	<i>Reglalg</i> 1/200	387±38	33,7±1,1	1,24±0,03	36,7±0,5	48±0,31	9,3
	p	0,179	0,088	0,089	0,289	0,025	
	δ	9,6	4,3	6	1,1	17,1	
Kuialnik	Martor	366±39	37,1±1,0	1,38±0,05	37,2±0,8	50 ±0,46	9,1
	<i>Reglalg</i> 1/200	403±45	38,0±1,4	1,44±0,09	37,8±0,7	58±0,60	10,4
	p	0,087	0,143	0,108	0,164	0,011	
	δ	10,1	2,4	4,4	1,6	16	
Missia	Martor	407±21	34,0±1,4	1,28±0,08	36,7±0,5	51±0,19	4,1
	<i>Reglalg</i> 1/200	425±25	35,2±2,2	1,32±0,09	37,3±0,8	56±0,42	6,0
	p	1,00	0,65	0,06	0,65	0,41	
	δ	4,4	3,5	3,1	1,6	9,8	
Indicii de productivitate la plante în anul 2017							
Moldova	Martor	392±25	38,6±11,0	1,52±0,11	39,5±4,0	60±0,26	8,2
	<i>Reglalg</i> 1/200	425±22	39,0±12,1	1,54±0,14	39,6±4,1	65±0,38	8,4
	p	0,004	0,563	0,696	0,915	0,049	
	δ	8,4	1,0	1,3	0,3	8,3	
Missia	Martor	343±19	43,1±11,0	1,99±0,09	45,6±4,5	68±0,22	5,9
	<i>Reglalg</i> 1/200	350±21	44,8±11,4	2,04±0,12	45,7±4,9	71±0,25	8,1
	p	0,53	0,21	0,14	0,57	0,24	
	δ	2,0	3,9	2,5	0,2	4,4	

Pentru a evalua efectul BS *Reglalg* asupra calității recoltei a fost determinat conținutul de gluten umed și indicele de sedimentare a făinii. Analizând datele prezentate în Tabelul 4.8 privind conținutul de gluten brut în făina obținută din cariopsele soiurilor de grâu studiate, menționăm că conținutul acestui component este semnificativ diferit în dependență de variantă. Cel mai mic conținut de gluten brut a fost caracteristic pentru boabele soiului Misia, iar cel mai mare – pentru cele ale soiului Moldova 5 (anul 2016). Datele obținute demonstrează că diferențele dintre valorile conținutului de gluten brut în varianta martor și în varianta experimentală a fiecărui soi sunt nesemnificative din punct de vedere statistic ($p > 0,05$), iar valoarea maximă a devierii procentuale este respectiv de numai 1,8 și 4,2% pentru caracteristicile conținutul de gluten umed și uscat. Deja în 2017, valorile acestor caracteristici au crescut, la fel ca și devierea procentuală (până la 6,7 și

10,7%), iar p ia o valoare mai mică de 0,05. Din datele anului 2015 rezultă că odată cu creșterea dozei de BS *Reglalg* a crescut și efectul acestuia, maximul căruia a fost observat la o doză de 1/200. Valorile indicelui de deformare al glutenului brut din varianta martor și din cea experimentală ale fiecărui soi au fost comparabile, variind între 60 și 74 de unități convenționale, ceea ce indică o bună calitate a cariopselor.

Tabelul 4.8. Indicii de calitate a făinii din boabele diferitor soiuri de grâu, colectate de la plantele obținute din semințele tratate înainte de semănat cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg* diluat cu apă în raport diferit

Soiul	Varianta	Conținutul de gluten umed și uscat, %		Indicile de deformare a glutenului, u.c.	Indicele Zelleny, ml
Conținutul și calitatea glutenului în făina de grâu obținută din recolta anului 2015					
Moldova 5	Martor	26±0,19	9,1±0,20	70±3,12	45,5±1,99
	Reglalg 1/800	26±0,15	9,5±0,19	68±2,18	46,1±1,10
	p	0,05	0,24	0,45	0,65
	δ	0	4,4	2,9	1,3
	Reglalg 1/400	27±0,21	9,8±0,24	65±3,34	48,8±1,77
	p	0,03	0,14	0,17	0,08
	δ	3,9	7,7	7,1	7,3
	Reglalg 1/200	28±0,12	10,5±0,16	60±2,53	49,2±2,33
	p	0,01	0,02	0,01	0,11
	δ	7,7	15,4	14,3	8,1
Conținutul și calitatea glutenului în făina de grâu obținută din recolta anului 2016					
Moldova 5	Martor	29,2±0,15	11,9±0,34	65±2,12	49,1±1,10
	Reglalg 1/200	29,2±0,20	12,4±0,23	63±3,53	51,9±1,77
	p	0,844	0,188	0,505	0,093
	δ	0	4,2	3,1	5,7
Kuialnik	Martor	28,3±0,25	11,0±0,43	70±4,24	43,0±1,33
	Reglalg 1/200	28,8±0,62	11,4±0,29	65±2,82	45,6±1,77
	p	0,225	0,208	0,082	0,160
	δ	1,8	3,6	7,1	6,1
Missia	Martor	27,3±0,18	10,6±0,67	73±2,12	42,7±1,55
	Reglalg 1/200	27,4±0,16	11,0±0,56	70±1,41	48,6±1,99
	p	0,303	0,570	0,211	0,014
	δ	0,4	3,8	4,1	13,8
Conținutul și calitatea glutenului în făina de grâu obținută din recolta anului 2017					
Moldova 5	Martor	31,7±0,10	12,1±0,10	65±1,57	42,2±2,21
	Reglalg 1/200	32,9±0,15	13,4±0,05	64±2,41	44,5±3,31
	p	8,13E-04	4,52E-05	5,19E-01	2,52E-01
	δ	3,8	10,7	1,5	5,5
Missia	Martor	29,8±0,15	11,2±0,04	74±1,00	39,8±1,10
	Reglalg 1/200	31,8±0,10	12,0±0,03	69±1,00	42,2±2,21
	p	4,86E-05	9,34E-06	1,83E-03	0,082
	δ	6,7	7,1	6,8	6,0

Indicele de sedimentare a făinii reprezintă unul dintre cei mai importanți parametri care caracterizează calitatea făinii. Parametrul dat a fost determinat conform metodei lui Zeleny, care

se bazează pe capacitatea proteinelor de a se umfla în soluții slabe de acizi organici. Indicele de calitate a fost semnificativ mai mare pentru făina extrasă din cariopsele soiului Moldova 5, în comparație cu făina extrase din celelalte două soiuri de grâu (anul 2016). În același timp, la făina obținută din cariopsele plantelor experimentale, indicele de sedimentare a fost mai mare cu 5,7 - 13,8% (Tabelul 4.8), ceea ce indică calitatea superioară a acesteia. Odată cu creșterea dozei de BS *Reglalg* (anul 2015), crește atât valoarea indicelui de sedimentare (de la 46,1 (1/800) până la 49,2 (1/200)), cât și devierea sa procentuală (de la 1,3 până la 8,1%). În anul 2017, pentru soiurile Moldova 5 și Missia, valorile acestor parametri atât în variantele martor, cât și în cele experimentale au scăzut față de anul 2016. Pentru soiul Moldova 5, de asemenea, s-a observat scăderea acestor valori în comparație cu anul 2015. Totuși, în anii 2015 – 2017 acesta în comparație cu celelalte două soiuri, a avut cele mai mari valori pentru parametrul indicele sedimentării proteinelor, care caracterizează calitatea făinii de grâu comun de toamnă. Soiul Missia se caracterizează printr-o scădere (de peste 2 ori) a indicelui menționat, precum devierea procentuală de la 13,8% (anul 2016) până la 6,0% (anul 2017).

Testările în condiții de producere, în diferite gospodării agricole, pe o suprafață totală de circa 220,2 hectare au demonstrat că recolta obținută după tratarea semințelor înainte de semănat cu BS *Reglalg* a sporit cu 5-6 și 5,7-8,5 q/ha în comparație cu recolta obținută de pe câmpurile martor în gospodăriile din raioanele Sângerei, Taraclia și de pe câmpul experimental al IGFPP (Tabelul 4.9). Actele privind implementările prezentate sunt anexate la teză (Anexe 1-4).

Tabelul 4.9. Recolta plantelor diferitor soiuri de grâu, obținute din semințe tratate cu apă sau cu soluție de BS *Reglalg* (1/200) și cultivate pe câmpurile de producere ale diferitor gospodării agricole din raioanele Republicii Moldova

Raionul, Gospodăria și anul	Soiul	Varianta	ha	Recolta (q/ha)	Surplusul (q/ha)
IGFPP – pe terenul Bazei Științifice Experimentale, anul 2014	Moldova 5	Martor	0,0842	57,3	8,5
		Reglalg	0,0842	65,8	
Raionul Sângerei (s. Rădoaia), Cooperativa Agricolă de Producere „Colina agrară”, Rădoianul Prim SRL, anul 2014	Moldova 5	Martor	20	36,0	6,0
		Reglalg	180	42,0	
Raionul Taraclia (s. Balabanu), Gospodăria țărănească „Izvoraș”, anul 2016	Kuialnik	Martor	10	37,0	5,0
		Reglalg	10	42,0	
IGFPP – pe terenul Bazei Științifice Experimentale, anul 2016	Moldova 5	Martor	0,0135	41,2	6,6
		Reglalg		47,8	
	Kuialnik	Martor		50,7	7,1
		Reglalg		57,8	
	Lăutari	Martor		50,3	5,7
		Reglalg		56,0	

În experimentele noastre, datorită tratării semințelor cu BS *Reglalg*, la recolta obținută s-a manifestat nu doar creșterea volumului, dar și tendința de sporire a calității acestora. Probabil, acest rezultat netipic se datorează viabilității superioare a plantelor din variantele experimentale. Datorită la acestea a fost asigurată susținerea la un nivel mai înalt a proceselor de acumulare a proteinelor de rezervă chiar la un număr mai mare de semințe formate în spicul plantelor experimentale, în comparație cu nivelul de acumulare a acestora în semințele din varianta martor.

4.5. Concluzii la capitolul 4

1. BS *Reglalg*, utilizat pentru tratarea semințelor de grâu înainte de semănat, influențează organogeneza plantelor, ceea ce se exprimă în diminuarea lungimii epicotilului, formarea mai profundă în sol a nodului de înfrățire, sporirea coeficientului de înfrățire și stimularea creșterii sistemului radicular.

2. Efectele specifice ale BS *Reglalg* asupra particularităților de creștere au asigurat o mai bună protecție a plantelor experimentale față de acțiunea șocului hipotermic și hipertermic. Astfel, la plantele prelevate pentru analiză în timpul iernii s-a manifestat sporirea procentului de plante viabile după acțiunea șocului hipotermic și hipertermic, ceea ce demonstrează influența benefică asupra vigoriei plantelor obținute din semințele tratate cu BS *Reglalg*.

4. Datorită efectelor benefice ale BS *Reglalg* asupra particularităților fiziologice ale plantelor asociate cu rezistența la temperaturi extreme negative și pozitive, la plantele din variantele experimentale a sporit conținutul de clorofilă din frunzele soiurilor studiate.

5. Efectele fiziologice induse de BS *Reglalg* au asigurat o mai bună protecție a plantelor față de acțiunea gerului de iarnă, arșiței și secetei de primăvară și vară, ceea ce a influențat benefic cantitatea și calitatea recoltei.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Concluzii

1. În scopul elaborării metodei expres de evaluare a rezistenței constitutive a genotipurilor de grâu comun de toamnă a fost stabilită faza de acumulare a apei la atingerea căreia în semințe, indiferent de genotip, se inițiază uniform germinarea. Pentru semințele aflate într-o stare fiziologică bine pregătită pentru germinare au fost stabilite dozele specifice de șoc hipotermic și hipertermic, după aplicarea cărora, în baza procentului de germinare a semințelor, devine posibilă repartizarea acestora în conformitate cu rezistența lor constitutivă la temperaturi înalte și ger.

2. În baza parametrilor investigați au fost elaborate metode de determinare rapidă a rezistenței constitutive la ger și la temperaturi înalte a genotipurilor de grâu. Metodele elaborate au fost utilizate pentru repartizarea după rezistența constitutivă la temperaturi extreme negative și pozitive a 50 genotipuri de grâu reproduse în regiunea Harkov (Ucraina) și a 21 de genotipuri reproduse pe câmpul experimental al IGFPP, Chișinău.

3. Principiul de evaluare accelerată a distribuției genotipurilor de grâu în corespundere cu rezistența la temperaturi excesive este valabil pentru evaluarea separată a rezistenței constitutive și a potențialului lor de adaptare pe parcursul cultivării pe câmpul experimental al IGFPP, precum și pentru optimizarea metodelor de testare și a tehnologiei de utilizare a BS *Reglalg* pentru tratarea semințelor de grâu înainte de semănat.

4. Eficiența și sensibilitatea metodelor de determinare a termotoleranței prin aplicarea șocului hipotermic și hipertermic asupra semințelor a dat posibilitatea de a determina variația rezistenței constitutive a semințelor de grâu la temperaturi înalte și la ger, în dependență de condițiile de mediu sau chiar de variațiile condițiilor anului, ceea ce sugerează despre implicarea fenomenelor de epigenetică a particularităților dobândite pe parcursul ontogenezei plantelor.

5. A fost demonstrat că BS *Reglalg*, utilizat pentru tratarea semințelor de grâu înainte de semănat, influențează organogeneza plantelor, datorită diminuării lungimii epicotilului (primului internod). Ca rezultat, nodul de înfrățire se formează mai adânc în sol, ceea ce permite evitarea/diminuarea influenței temperaturilor scăzute în timpul iernii, căldurii și secetei în timpul verii, avantaje care asigură dezvoltarea mai rapidă a sistemului radicular și mărirea coeficientului de înfrățire productivă a plantelor.

6. Tratarea semințelor de grâu comun de toamnă înainte de semănat cu BS *Reglalg* a condiționat majorarea conținutului de clorofilă și de caratinoide în fazele de călire, de înspicare, de înflorire și de formare a boabelor la plantele celor trei soiuri de grâu studiate. Totodată, efectul benefic al acestui biostimulator s-a manifestat și în menținerea conținutului de pigmenți

clorofilieni la un nivel mai înalt la plantele prelevate din câmp și expuse stresului termic, față de cele din varianta martor.

7. Efectele fiziologice induse de *BS Reglalg* au asigurat o protecție mai înaltă a plantelor prin accelerarea și intensificarea proceselor de adaptare, astfel încât acestea au suferit mai puțin de fluctuațiile temperaturii mediului ambiant, ceea ce a influențat pozitiv cantitatea și calitatea recoltei grâului comun de toamnă.

Recomandări

- Metodele - expres de determinare a rezistenței constitutive la ger și la arșiță a genotipurilor de grâu în baza aplicării dozelor specifice de expunere la șocul hipotermic și hipertermic prin estimarea procentului de germinare, precum și a *costului* alocat pentru creștere și rezistență pot fi utilizate în selecție, acestea optimizând alegerea soiurilor de grâu pentru cultivarea în zone cu diferite condiții de mediu sau a procedurilor de utilizare a biostimulatorilor în agricultură.

- Utilizarea *BS Reglalg* pentru tratarea semințelor grâului comun de toamnă înainte de semănare în scopul dezvoltării unor plante viguroase, mai rezistente la factorii de stres termic, ceea ce în final asigură sporirea recoltei.

BIBLIOGRAFIE

1. ABERNETHY, R. et al. Thermotolerance is developmentally dependent in germinating wheat seed. In: *Plant Physiol.* 1989, vol. 89, nr. 2, pp. 576-596. ISSN 0032-0889.
2. ABHINANDAN, K. et al. Abiotic stress signaling in wheat – an inclusive overview of hormonal interactions during abiotic stress responses in wheat. In: *Frontiers Plant Science.* 2018, vol. 9, pp. 1-25. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI:10.3389/fpls.2018.00734.
3. AGGARWALA, P. et al. Importance of considering technology growth in impact assessments of climate change on agriculture. In: *Global Food Security.* 2019, vol. 23, pp. 41-48. ISSN 2211-9124. Disponibil: DOI:10.1016/j.gfs.2019.04.002.
4. AHAMMED, Golam Jalal, YU, Jing-Quan, eds. *Plant hormones under challenging environmental factors* [online]. Dordrecht: Springer, 2016 [citat 16.07.2021]. ISBN 978-94-017-7758-2. Disponibil: DOI:10.1007/978-94-017-7758-2.
5. AHMAD, N. et al. Response of European bread wheat to different verbalization treatments under the environmental conditions of Kurdistan-Iraq. In: *Applied Ecology and Environmental Research.* 2020, vol. 18, nr. 5, pp. 6121-6136. ISSN 1785-0037. Disponibil: DOI: 10.15666/aeer/1805_61216136.
6. AHMAD, P. et al. Jasmonates: multifunctional reoles in stress tolerance. In: *Frontiers Plant Science.* 2016, vol. 7, pp. 1-15. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/ pls.2016.00813.
7. AHMAD, Parvaiz, PRASAD, M.N.V. *Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change* [online]. Dordrecht: Springer, 2012 [citat 10.02.2022]. ISBN 978-1-4614-0815-4. Disponibil: DOI: 10.1007/978-1-4614-0815-4.
8. AKHTAR, M. et al. Effect of sowing date on emergence, tillering and grain yield of different wheat varieties under Bahawalpur conditions. In: *Pakistan Journal of Agricultural Sciences.* 2012, vol. 49, nr. 3, pp. 255-259. ISSN 0552-9034.
9. AKTER, N., ISLAM, M. Heat stress effects and management in wheat. A review. In: *Agronomy for Sustainable Development.* 2017, vol. 37, nr. 5, pp. 1-17. ISSN 1773-0155. Disponibil: DOI: 10.1007/s13593-017-0443-9.
10. AL-ISSAWI, M. et al. Frost hardiness expression and characterisation in wheat at ear emergence. In: *J. of Agronomy and Crop Science.* 2013, vol. 199, nr. 1, pp. 66-74. ISSN 0931-2250. Disponibil: DOI: 10.1111/j.1439-037X.2012.00524.x.
11. ALMAGHRABI, O. Impact of drought stress on germination and seedling growth parameters of some wheat cultivars. In: *Life Science Journal.* 2012, vol. 9, nr.1, pp. 590-598. ISSN 2372-613X.

12. ALMESELMANI, M., VISWANATHAN, C., DESHMUKH, P. Effects of prolonged high temperature stress on respiration, photosynthesis and gene expression in wheat (*Triticum aestivum* L) varieties differing in their thermotolerance. In: *Plant Stress*. 2012, vol. 6, nr. 1, pp. 25-32. ISSN 2667-064X.
13. AL-WHAIBI, M. Plant heat-shock proteins: A mini review. In: *Journal of King Saud University Science*. 2011, vol. 23, nr. 2, pp. 139-150. ISSN 1018-3647. Disponibil: DOI: 10.1016/j.jksus.2010.06.022.
14. ANUMALLA, M. et al. Mechanism of stress signal transduction and involvement of stress inducible transcription factors and genes in response to abiotic stresses in plants. In: *Int. J. al of Recent Scientific Research*. 2016, vol. 7, nr. 8, pp. 12754-12771. ISSN 0976-3031.
15. ARMONIENE, R., LIATUKAS, Z., BRAZAUSKAS, G. Evaluation of freezing tolerance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under controlled conditions and in the field. In: *Zemdirbyste-Agriculture*. 2013, vol. 100, nr. 4, pp. 417-424. ISSN 1392-3196. Disponibil: DOI: 10.13080/z-a.2013.100.053.
16. ASHRAF, M., et al. Drought tolerance: Roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. In: *Advances in Agronomy*. 2011, vol.111, pp. 249-296 . ISSN 0065-2113. Disponibil: DOI: 10.1016/B978-0-12-387689-8.00002-3.
17. ASHRAF, M., HARRIS, P. Photosynthesis under stressful environments: an overview. In: *Photosynthetica*. 2013, vol. 51, nr. 2, pp. 163-190. ISSN 1573-9058. Disponibil: DOI: 10.1007/s11099-013-0021-6.
18. ASSENG, S. et al. Hot spots of wheat yield decline with rising temperatures Glob. In: *Global Change Biology*. 2017, vol. 23 nr. 6, pp. 2464-72. ISSN 1365-2486.
19. ASSENG, S. et al. Rising temperatures reduce global wheat production. In: *Nature Climate Change*. 2015, vol. 5, no. 2, pp. 143-147. ISSN 1758-678X. Disponibil: DOI:10.1038/nclimate2470.
20. ATKINSON, N., URWIN, P. The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field. In: *Journal of Experimental Botany*. 2012, vol. 63, nr. 10, pp. 3523-3544. ISSN 1460-2431. Disponibil: DOI: 10.1093/jxb/ers100.
21. AVAMZI, S., DERI, P. Duration of the mitotic cycle in two cultivars of *Triticum durum*, as measured by ³H-thymidine labelling. In: *Caryologia*. 1969, vol. 22, nr. pp.187-194. ISSN 2165-5391. Disponibil: DOI:10.1080/00087114.1969.10796337.
22. AWASTHI, R., BHANDARI, K., NAYYAR, H. Temperature stress and redox homeostasis in agricultural crops. In: *Front. Environ. Sci*. 2015, vol. 3, nr.11, pp.1-24. ISSN 2296-665X. Disponibil: DOI: 10.3389/fenvs.2015.00011.

23. BAEK, K-H., SKINNER, D. Production of reactive oxygen species by freezing stress and the protective roles of antioxidant enzymes in plants. In: *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 2012, vol. 01, nr. 01, pp. 34-40. ISSN 2325-744X. Disponibil: DOI:10.4236/jacen.2012.11006.
24. BALA, S., ASTHIR, B., BAINS, N. Effect of terminal heat stress on yield and yield attributes of wheat. In: *Indian Journal Applied Research*. 2014, vol. 4, nr. 6, pp. 1-2. ISSN 2249-555X.
25. BALKOVIC, J. et al. Impacts and uncertainties of +2 °C of climate change and soil degradation on European crop calorie supply. In: *Earth's Future*. 2018, vol. 6, nr. 3. pp. 373-395. ISSN 2328-4277. Disponibil: DOI:10.1002/2017EF000629.
26. BALLA, K. et al. Heat stress responses in a large set of winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) depend on the timing and duration of stress. In: *PLOS ONE*. 2019, vol. 14, nr. 19, pp. 1–20. ISSN 1932-6203. Disponibil: DOI:10.1371/journal.pone.0222639.
27. BALLA, K. et al. Germination ability and seedling vigour in the progeny of heat-stressed wheat plants. In: *Acta Agron Hung*. 2012, vol. 60, nr. 4, pp. 299–308. ISSN 1588-2527. Disponibil: DOI:10.1556/AAgr.60.2012.4.1
28. BALOCH, M. et al. Assessment of wheat cultivars for drought tolerance via osmotic stress imposed at early seedling growth stages. In: *Journal of Agricultural Research*. 2012, vol. 50, nr. 3, pp. 299-310. ISSN 0095-9758.
29. BAR-DOLEV, M., BRASLAVSKY, I. Ice-binding proteins not only for ice growth control. In: *Temperature*. 2017, vol. 4, nr. 2, pp. 112-113. ISSN 2332-8959. Disponibil: DOI: 10.1080/23328940.2017.1279255.
30. BARLOW, K. et al. Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: A review. In: *Field Crops Research*. 2015, vol. 171, pp. 109–119. ISSN 0378-4290. Disponibil: DOI: 10.1016/j.fcr.2014.11.010.
31. BASU, U. Identification of molecular processes underlying abiotic stress plants adaptation using “Omics” technologies. In: N. BENKEBLIA, ed. *Sustainable Agriculture and New Technologies*. Boca Raton: CRC Press, 2012, pp. 149-172. ISBN 978-981-15-0025-1. Disponibil: DOI: 10.1007/978-981-15-0025-1.
32. BHUPENCHANDRA, I. et al. Biostimulants: Potential and Prospects in Agriculture. In: *International Research Journal of Pure and Applied*. 2020, vol. 21, nr. 14, pp. 20-35. ISSN 2231-3443. Disponibil: DOI: 10.9734/irjpac/2020/v21i1430244.

33. BILGIN, O. et al. Evaluation of grain yield and quality traits of bread wheat genotypes cultivated in Northwest Turkey. In: *Crop Sciences*. 2015, vol. 56, nr. 1, pp. 73–84. ISSN 1435-0653. Disponibil: DOI: 10.2135/cropsci2015.03.0148.
34. BILLON, G., OUDDANE, B., LAUREYNS, J., BOUGHRIET, A. Analytical and thermodynamic approaches to the mineralogical and compositional studies on anoxic sediments. In: *J. Soil Sed.* 2003, vol. 3, pp. 180-187. ISSN 1614-7480.
35. BÎRSAN, A., ROTARU, V. Efectul unor substanțe biologice active asupra parametrilor morfologici cu rol determinant în productivitatea soiei. In: *Agronomie și ecologie. Materialele Simpozionului Științific Internațional, 23 sept. 2013*. Chișinău: UAȘM, 2013, vol.39, pp. 213-217. ISBN 978-9975-64-250-7.
36. BISWAL, A., KOHLI, A. Cereal flag leaf adaptations for grain yield under drought: knowledge status and gaps. In: *Molecular Breeding*. 2013, vol. 31, nr. 4, pp. 749-766. ISSN 1572-9788. Disponibil: DOI: 10.2135/DOI: 10.1007/s11032-013-9847-7.
37. BITA, C., GERATS, T. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. In: *Frontiers Plant Sciences*. 2013, vol. 4, pp. 1-18. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2013.00273.
38. BLUM, A. Drought resistance - is it really a complex trait?. In: *Functional Plant Biology*. 2011, vol.38, nr. 10, pp. 753-757. ISSN 1445-4408. Disponibil: DOI: 10.1071/FP11101.
39. BORRILL, P. et al. Wheat grain filling is limited by grain filling capacity rather than the duration of flag leaf photosynthesis: a case study using NAM RNAi plants. In: *PLOS ONE*. 2015, vol. 10, nr. 8, pp. 1-14. ISSN 1932-6203. Disponibil: DOI: 10.1371/journal.pone.0134947.
40. BROWN, P., SAA, S. Biostimulants in agriculture. In: *Frontiers Plant Science*. 2015, vol. 6, pp. 1-3. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2015.00671.
41. BUCHANAN, B., GRUISSEM, W., JONES, R. *Biochemistry & molecular biology of plants*, 2nd ed. West Sussex, UK: Wiley Blackwell, 2015, 1264 p. ISBN 9780470714225 0470714220.
42. BULGARI, R. et al. Biostimulants and crop responses: a review. In: *Biol. Agric. Hortic.* 2015, vol. 31, nr. 1, pp. 1-17. ISSN 2165-06169. Disponibil: DOI: 10.1080/01448765.2014.964649.
43. BULGARI, R., FRANZONI, G., FERRANTE, A. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. In: *Agronomy*. 2019, vol. 9, nr. 6, pp. 1-30. ISSN 2073-4395. Disponibil: DOI: 10.3390/agronomy9060306.

44. BURIRO, M. et al. Wheat seed germination under the influence of temperature regimes. In: *Sarhad J. Agric.* 2010, vol. 27, nr. 4, pp. 539-543. ISSN 1016-4383.
45. BYRNS, B., GREER, K., FOWLER, D. Modeling winter survival in cereals: An interactive tool. In: *Crop Science*. 2020, vol. 60 nr. 5, pp. 2408-2419. ISSN 1435-0653. Disponibil: DOI: 10.1002/csc2.20246.
46. CALVO, P., NELSON, L., KLOEPPER, J. Agricultural uses of plant biostimulants. In: *Plant Soil*. 2014, vol. 383, nr. 1-2, pp. 3-41. ISSN 1573-5036. Disponibil: DOI:10.1007/s11104-014-2131-8.
47. CAMPOS, E., OLIVEIRA, J., FRACETO, L. Applications of controlled release systems for fungicides, herbicides, acaricides, nutrients, and plant growth hormones: a review. In: *Adv. Sci. Eng. Med.* 2014, vol. 6, nr. 4, pp. 373-387. ISSN 2164-6627. Disponibil: DOI: 10.1166/asem.2014.1538.
48. CARVALHO, M. et al. Seaweed extract provides development and production of wheat. In: *Rev. Agrarian*. 2014, vol. 7, nr. 23, pp. 166-170. ISSN 1984-2538. Disponibil: DOI: 10.5281/zenodo.51607.
49. CASE, A. et al. Freezing tolerance-associated quantitative trait loci in the brundage $\times$ coda wheat recombinant inbred line population. In: *Journal of Crop Science*. 2014, vol. 54, nr. 3, pp. 981- 992. ISSN 1435-0653. Disponibil: DOI: 10.2135/cropsci2013.08.0526.
50. CECCARELLI, S., GRANDO, S. Evolutionary plant breeding as a response to the complexity of climate change. In: *Science*. 2020, vol. 23, nr. 12. pp. 1-14. ISSN 2589-0042. Disponibil: DOI: 10.1016/j.isci.2020.101815.
51. CHAKRABORTY, U., PRADHAN, D. High temperature-induced oxidative stress in *Lens culinaris*, role of antioxidants and amelioration of stress by chemical pre-treatments. In: *Journal Plant Interactions*. 2011, vol. 6, nr. 1, pp. 43-52. ISSN 1742-9153. Disponibil: DOI: 10.1080/17429145.2010.513484.
52. CHEN, L., ZHAO, Y., XU, S. OS MADS 57 together with Os TB 1 coordinates transcription of its target Os WRKY 94 and D14 to switch its organogenesis to defense for cold adaptation in rice. In: *Journal of New Phytology*. 2018, vol. 218, nr. 1, pp. 219-231. ISSN 1469-8137. Disponibil: DOI: 10.1111/nph.14977.
53. CLAY, D., CARLSON, C., DALSTED, K., eds. *IGrow Wheat: Best Management Practices for Wheat Production. Agronomy, Horticulture, and Plant Science Books* [online]. South Dakota State University: PRAIRIE, 2012. 330 p. ISBN 978-0-9856309-0-4.

54. CLEWER, A., SCARISBRICK, D. *Practical statistics and experimental design for plant crop science*. Chichester, New York: John Wiley & Sons, LTD. 2001. 346 p. ISBN: 978-0-471-89909-9.
55. COSSANI, C., REYNOLDS, M. Physiological traits for improving heat tolerance in wheat. In: *Journal of Plant Physiology*. 2012, vol. 160, nr. 4, pp. 1710-1718. ISSN 1532-2548.
56. CRAUFURD, P. et. al. Crop science experiments designed to inform crop modeling. In: *Journal of Agriculture Forest Meteorology*. 2013, vol. 170, nr. 6, pp. 8-18. ISSN 0168-1923. Disponibil: DOI: 10.1016/j.agrformet.2011.09.003.
57. CRIMP, S. et al. Recent changes in southern Australian frost occurrence: implications for wheat production risk. In: *Journal of Crop Pasture Sci*. 2016, vol. 67, nr. 8, pp. 801-811. ISSN 1836-5795. Disponibil: DOI: 10.1071/CP16056.
58. DAHAL, K. et al. The effects of phenotypic plasticity on photosynthetic performance in winter rye, winter wheat and Brassica napus. In: *Journal of Physiology Plantarum*. 2012, vol. 144, nr. 2, pp. 169–188. ISSN 1399-3054. Disponibil: DOI: 10.1111/j.1399-3054.2011.01513.x
59. DASCALIUC A. Autorizație AA Nr.0448 pentru aplicarea preparatului Reglalg la tratarea semințelor înainte de semănat în agricultura Republicii Moldova, 2003.
60. DASCALIUC, A. Accelerated methods of determining plants primary and adaptive resistance to extreme temperatures and their use in selection and breeding programs. In: Mirza HASANUZZAMAN, Kamrun NAHAR and Tomasz BRZOZOWSKI, eds. *Plant Stress Physiology*. London: IntechOpen, 2021, pp. 1-17. ISBN 978-1-83969-866-8. Disponibil: DOI: 10.5772/intechopen.101341.
61. DASCALIUC, A., IVANOVA, R., ARPENTIN, GH. Systemic approach in determining the role of bioactive compounds. In: *Advanced bioactive compounds countering the effects of radiological, chemical and biological agents*. Series: NATO science for peace and security series A: Chemistry and Biology. Springer, 2013, vol. 18, pp. 121-131. ISBN 9400765126. Disponibil: DOI: 10.1007/978-94-007-6513-9.
62. DASCALIUC, A., JELEV, N. et al. Mobilization of reserve substances of seeds for germination and growth of seedlings in wheat varieties with different frost resistance. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele Vieții*. 2020, vol. 341, nr. 2, pp. 54-67. ISSN 1857-064X.
63. DASCALIUC, A., JELEV, N. The influence of biostimulant *Reglalg* on wheat plants resistance to frost. In: *Journal of Acta Scientific Agriculture*. 2019, vol. 3, nr. 10, pp. 105-108. ISSN: 2581-365X.

64. DASCALIUC, A., SUMENCOVA, V., RALEA, T. Manifestarea creșterii relative a rădăcinilor și termotoleranță grâului (*Triticum aestivum* L.) sub influența șocului termic. In: *Buletinul AȘM, Științele vieții*. 2012, vol. 318, nr. 3, pp. 89-96. ISSN 1857-064X.
65. DASCALIUC, A., VOINEAC, V., RALEA, T. Native substances in plant protection În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2006, vol. 300, nr. 3, pp. 46-51. ISSN 2581-365X.
66. DASCALIUC, A., VOINEAC, V., RALEA, T., JELEV, N. The influence of biostimulant *Reglalg* on plants resistance to abiotic and biotic stress factors . In: *Journal of Academy of Sciences of Moldova. Life Sciences*. 2018, vol. 336, nr. 3, pp.76-82. ISSN 2581-365X.
67. DASCALIUC, A., ZDIORUC, N., RALEA, T. Determination of *Triticum aestivum* L. primary resistance to high temperature. In: *Journal of Plant Physiology and Genetics*. 2021, vol. 53, nr. 4, pp. 336-345. ISSN 2308-7099. Disponibil: DOI: 10.15407/frg2021.04.336.
68. DE COSTA, W.A.J.M. Reviewa review of the possible impacts of climate change on forests in the humid tropics. In: *Journal of the National Science Foundation*. 2011, vol. 39, nr. 4, pp. 281-302. ISSN 2362-0161. Disponibil: DOI: 10.4038/jnsfsr.v39i4.3879.
69. DE PINTO, M. et al. Role of redox homeostasis in thermo-tolerance under a climate change scenario. In: *Annals Botany*. 2015, vol. 116, nr. 4, pp. 487-496. ISSN 1095-8290. Disponibil: DOI: 10.1093%2Faob%2Fmcv071.
70. DEMCHENKO, N. Changes in population structure of epidermal, endodermal and pericycle cells in the course of their development in the wheat root. In: *Cytology*. 1987, vol. 29, nr.2, pp.174-181. ISSN 0970-9371.
71. DEMIDCHIK, V. Mechanisms of oxidative stress in plants: from classical chemistry to cell biology. In: *Environmental and Experimental Botany*. 2015, vol. 109, pp. 212-228. ISSN 0098-8472. Disponibil: DOI: 10.1016/j.envexpbot.2014.06.021.
72. DENG, W., CASAO, M., WANG, P., Direct links between the vernalization response and other key traits of cereal crops. In: *Nature Communications*. 2015, vol. 6, pp. 1-9. ISSN 2041-1723. Disponibil: DOI: 10.1038/ncomms6882.
73. DENG, X., et al. Comparative proteome analysis of wheat flag leaves and developing grains under water deficit. In: *Front. Plant Sci*. 2018, vol. 9, pp. 1-16. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2018.00425.
74. DERENDOVSCAIA, A., SECRIERU, A., ROTARI, A. The influence of growth regulators and type of predecessor on the productivity and quality of winter barley. In: *International congress on oil and protein crops. 20-24 mai 2018*. Chișinău: 2018, p. 151. ISBN 978-9975-3178-5-6.

75. DIN AHMED, H. et al. Conferring drought-tolerant wheat genotypes through morpho-physiological and chlorophyll indices at seedling stage. In: *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2020, vol. 27, nr. 8, pp. 2116-2123. ISSN 2213-7106. Disponibil: DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.06.019.
76. DING, J. et al. Does cyclic water stress damage wheat yield more than a single stress?. In: *PLOS ONE*. 2018, vol. 13, nr. 4, pp. 1-15. ISSN 1932-6203. Disponibil: DOI:10.1371/journal.pone.0195535.
77. DING, Y., SHI, Y., YANG, S. Advances and challenges in uncovering cold tolerance regulatory mechanisms in plants. In: *New Phytologist*. 2019, vol. 222, nr. 4, pp. 1690-1704. ISSN 1469-8137. Disponibil: DOI: 10.1111/nph.15696.
78. DJANAGUIRAMAN, M. et al. Effects of high temperature stress during anthesis and grain filling periods on photosynthesis, lipids and grain yield in wheat. In: *BMC Plant Biology*. 2020, vol. 20, nr. 268, pp. 1-12. ISSN 1471-2229. Disponibil: DOI: 10.1186/s12870-020-02479-0.
79. DMYTRYK, A. et al. Innovative bioformulations for seed treatment. Preliminary assessment of functional properties in the initial plant growth phase. In: *Przem. Chem.* 2014, vol. 93, nr. 6, pp. 959-963. ISSN 0033-2496.
80. DOLFERUS, R., JI, X., RICHARDS, R. Abiotic stress and control of grain number in cereals. In: *Plant Sciences*. 2011, vol. 181, nr. 4, pp. 331-341. ISSN 1873-2259. Disponibil: DOI: 10.1016/j.plantsci.2011.05.015.
81. DONG, B. et al. Effects of drought stress on pollen sterility, grain yield, abscisic acid and protective enzymes in two winter wheat cultivars. In: *Frontiers Plant Sciences*. 2017, vol. 8, nr. 1008, pp. 1-14. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2017.01008.
82. DRIEDONKS, N., RIEU, I., VRIEZEN, W. Breeding for plant heat tolerance at vegetative and reproductive stages. In: *Plant Reprod.* 2016, vol. 29, pp. 67-79. ISSN 0934-0882. Disponibil: DOI: 10.1007/s00497-016-0275-9.
83. DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation In: *Journal of Scientia Horticulturae*. 2015, vol. 196, pp. 3-14. ISSN 0304-4238. Disponibil: DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.021.
84. DUCA, M. *Fiziologia vegetală*. Chişinău: Ştiinţa, 2006. 287 p. ISBN 978-9975-67-596-3.
85. DUQUE, A. et al. Abiotic Stress Responses in Plants: Unraveling the Complexity of Genes and Networks to Survive. In: Kourosh VAHDATI and Charles LESLIE, eds. *Plant Responses and Applications in Agriculture*. London: IntechOpen, 2013, pp. 50-101. ISBN 978-953-51-1024-8. Disponibil: DOI: 10.5772/52779.

86. DURGUN, Y. et al. A study on trade-offs between spatial resolution and temporal sampling density for wheat yield estimation using both thermal and calendar time. In: *Intern. Journal Applied Earth Observation Geoinformation*. 2020, vol. 86, pp. 1-10. ISSN 0303-2434. Disponibil: DOI: 10.1016/j.jag.2019.101988.
87. EGAMBERDIEVA, D. et al. Phytohormones and beneficial microbes: essential components for plants to balance stress and fitness. In: *J. of Frontiers Microbiology*. 2017, vol. 8, nr. 2104, pp. 1-14. ISSN 1664-302X. Disponibil: DOI: 10.3389/fmicb.2017.02104.
88. EL-MAAROUF-BOUTEAU, H. The Seed and the Metabolism Regulation. In: *J. of Biology*. 2022, vol. 11, nr.2, pp. 1-16. ISSN 2079-7737. Disponibil: DOI: 10.3390/biology11020168.
89. FABIAN, A., JAGER, K., BARNABAS, B. Effects of drought and combined drought and heat stress on germination ability and seminal root growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings In: *Journal of Acta Biol. Szegediensis*. 2008, vol. 52, nr. 1, pp.157-161. ISSN 1588-385X.
90. FAHAD, S. et al. Phytohormones and plant responses to salinity stress: a review. In: *Journal of Plant Growth Regulation*. 2015, vol. 75, nr. 2, pp. 391-404. ISSN 0721-7595. Disponibil: DOI: 10.1007/s10725-014-0013-y.
91. FAROOQ, M. et al. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. In: *J. of Critical Reviews Plant Sciences*. 2011, vol. 30, nr. 6, pp. 491–507. ISSN 1549-7836. Disponibil: DOI: 10.1080/07352689.2011.615687.
92. FAROOQ, M., HUSSAIN, M., SIDDIQUE, K. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. In: *Journal of Critical Reviews Plant Sciences*. 2014, vol. 33, nr. 4, pp. 331-349. ISSN 1549-7836. Disponibil: DOI: 10.1080/07352689.2014.875291.
93. FARRANT, J., RUELLAND, E. Plant signaling mechanisms in response to environment. In: *J. of Environmental and Experiment Botony*. 2015, vol. 114, pp.1-158. ISSN 0098-8472.
94. FARSHADFAR, E., POURSIABIDI, M., SAFAVI, S. Assessment of drought tolerance in landraces of bread wheat based on resistance/tolerance indices. In: *Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 2013, vol.1, nr. 2, pp. 143-158. ISSN 2322-4827.
95. FENG, B. et al. Effect of heat stress on the photosynthetic characteristics in flag leaves at the grain-filling stage of different heat-resistant winter wheat varieties. In: *J. Agron. Crop Sci*. 2014, vol. 200, nr. 2, pp. 143-155. ISSN 0931-2250.
96. FINCH-SAVAGE, W., FOOTITT, S. Seed dormancy cycling and the regulation of dormancy mechanisms to time germination in variable field environments. In: *J. Exp. Bot*. 2017, vol. 68, nr. 4, pp. 843–856. ISSN 1460-2431. Disponibil: DOI: 10.1093/jxb/erw477.

97. *Food Outlook - Biannual Report On Global Food Markets*. Rome: FAO. 2018. 104 p. ISBN 978-92-5-131096-0.
98. FOWLER, D., BYRNS, B., GREER, K. Over winter low-temperature responses of cereals: analyses and simulation. In: *Journal of Crop Science*. 2014, vol. 54, pp. 2395-2405. ISSN 1435-0653. Disponibil: DOI: 10.2135/cropsci2014.03.0196.
99. FOWLER, D. et al. Quantitative trait loci associated with phenological development, low-temperature tolerance, grain quality, and agronomic characters in wheat (*Triticum aestivum* L.). In: *PLOS ONE*. 2016, vol 11, nr. 3, pp. 1-21. ISSN 1932-6203. Disponibil: DOI: 10.1371/journal.pone.0152185.
100. FRANCIS, J., SKIFIC, N. Evidence linking rapid Arctic warming to mid-latitude weather patterns. In: *Phil. Trans. R Soc.* 2015, vol. 373, nr. 2045, pp. 1-12. ISSN 1471-2962. Disponibil: DOI: 10.1098/rsta.2014.0170.
101. GAVELIENE, V. et al. Effect of biostimulants on cold resistance and productivity formation in winter rapeseed and winter wheat. In: *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 2018, vol. 57, nr. 1, pp. 71-83. ISSN 1977-1991. Disponibil: DOI: 10.1515/ijafr-2018-0008.
102. GOHER, R. et al. Impacts of heat shock on productivity and quality of *Triticum aestivum* L. at different growth stages. In: *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2023, vol. 51, nr. 1, pp. 1-23. Disponibil: DOI: 10.15835/nbha51113090
103. GOMAA, M. et al. Evaluation performance of some wheat varieties under drought conditions. In: *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci.* 2020, vol. 11, nr. 2, pp. 1- 9. ISSN 2090-3812.
104. GOUACHE, D. et al. Evaluating agronomic adaptation options to increasing heat stress under climate change during wheat grain filling in France. In: *European Journal of Agronomy*. 2012, vol. 39, pp. 62-70. ISSN 1161-0301. Disponibil: DOI: 10.1016/j.eja.2012.01.009.
105. GOURDJI, S. et al. An assessment of wheat yield sensitivity and breeding gains in hot environments. In: *Proceeding Royal Society B-Biological Sciences*. 2013, vol. 280, nr. 1752, pp.1-8. ISSN 1471-2954. Disponibil: DOI: 10.1098/rspb.2012.2190.
106. GUO, Y. et al. Responses of unsaturated fatty acid in membrane lipid and antioxidant enzymes to chilling stress in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) seedling. In: *Journal Agriculture Sciences*. 2016, vol. 8, nr. 9, pp. 71-83. ISSN 1916-9760. Disponibil: DOI: 10.5539/jas.v8n9p71.
107. GUPTA, K., HINCHA, D., MUR, L. No way to treat a cold. In: *The New Phytologist*. 2011, vol. 189, nr. 2, pp. 360-363. ISSN 1469-8137. Disponibil: DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03586.x.

108. GUPTA, N. et al. Effect of short-term heat stress on growth, physiology and antioxidative defence system in wheat seedlings. In: *Acta Physiol Plant*. 2013a, vol. 35, pp. 1837–1842. Disponibil: DOI:10.1007/s11738-013-1221-1.
109. GUSTA, L., WISNIEWSKI, M. Understanding plant cold hardiness: an opinion. In: *Physiologia Plantarum*. 2013, vol. 147, nr. 1, pp. 4-14. ISSN 0031-9317. Disponibil: DOI: 10.1111/j.1399-3054.2012.01611.x.
110. HABER, A., ROTHSTEIN, B. Radiosensitivity and rate of cell division: Law of Bergonie and Tribondeau. In: *Science*. 1969, vol. 163, nr. 3873, pp. 1338-1339. ISSN 0036-8075. Disponibil: DOI: 10.1126/science.163.3873.1338.
111. HADACEK, F. et al. Hormesis and a chemical raison d'être for secondary plant metabolites. In: *Dose-Response*. 2011, vol. 9, nr. 1, pp. 79-116. ISSN 1559-3258. Disponibil: DOI: 10.2203/dose-response.09-028.Hadacek.
112. HAMMAD, S., Ali, O. Physiological and biochemical Studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. In: *Ann. Agr. Sci.* 2014, vol. 59, nr. 1, pp. 133-145. ISSN 0570-1783. Disponibil: DOI: 10.1016/j.aoas.2014.06.018.
113. HANIN, M. et al. Plant dehydrins and stress tolerance: versatile proteins for complex mechanisms. In: *Plant Signaling and Behavior*. 2011, vol. 6, nr. 10, pp. 1503-1509. ISSN 1559-2324. Disponibil: DOI: 10.4161/psb.6.10.17088.
114. HANNA, N. et al. Algal extracts improve antioxidant defense abilities and salt tolerance of wheat plant irrigated with sea water. In: *International Journal of Irrigation and Water Management*. 2020, vol. 7, nr. 11, pp. 001-014. ISSN 2756-3804.
115. HAQUE, M. et al. Heat stress and recovery of photosystem II efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars acclimated to different growth temperatures. In: *Environmental and Experimental Botany*. 2014, vol. 99, pp. 1-8. ISSN 1873-7307. Disponibil: DOI: 10.1016/j.envexpbot.2013.10.017.
116. HARB, A. Reserve mobilization, total sugars and proteins in germinating seeds of durum wheat (*Triticum durum* L.) under water deficit after short period of imbibitions. In: *Jordan Journal of Biological Sciences*. 2013, vol. 6, nr. 1, pp. 67-72. ISSN 1995-6673. Disponibil: DOI: 10.12816/0000261.
117. HASANUZZAMAN, M. et al. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. In: *Int. J. Mol. Sci.* 2013, vol. 14, nr. 5, pp. 9643-9684. ISSN 1422-0067. Disponibil: DOI: 10.3390/ijms14059643.
118. HASANUZZAMAN, M., NAHAR, K., FUJITA, M. Extreme temperatures, oxidative stress and antioxidant defense in plants. In: Kourosh VAHDATI and Charles LESLIE, eds. *Abiotic*

- stres – plant responses and applications in agriculture*. Rijeka: InTech, 2013, pp. 169-205. ISBN 978-953-51-1024-8. Disponibil: DOI: 10.5772/54833.
119. HASSAN, M. et al. Evaluating interspecific wheat hybrids based on heat and drought stress tolerance. In: *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2016, vol.19, nr. 1, pp. 85-98. ISSN 2005-8276. Disponibil: DOI: 10.1007/s12892-015-0085-x.
 120. HASSAN, S. et al. Bread wheat varieties germination under influence of temperature regimes under lab conditions. In: *Kufa Journal For Agricultural Sciences*. 2020, vol. 12, nr. 2, pp. 54-64. ISSN 2312-8186.
 121. HATFIELD, J. et al. Climate impacts on agriculture: implications for crop production. In: *Agronomy Journal*. 2011, vol. 103, nr. 2, pp. 351–370. ISSN 1435-0645. Disponibil: DOI: 10.2134/agronj2010.0303
 122. HATFIELD, J., PRUEGER, J. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. In: *Weather and Climate Extremes*. 2015, vol. 10, pp. 4-10. ISSN 2212-0947. Disponibil: DOI: 10.1016/j.wace.2015.08.001.
 123. HE, M. et al. Comparative proteome analysis of embryo and endosperm reveals central differential expression proteins involved in wheat seed germination. In: *BMC Plant Biology*. 2015, vol. 15, nr.97, pp.1-17. ISSN 1471-2229. Disponibil: DOI: 10.1186/s12870-015-0471-z.
 124. HEIL, K., LEHNER, A., SCHMIDHALTER, U. Influence of climate conditions on the temporal development of wheat yields in a long-term experiment in an area with pleistocene loess. In: *Climate*. 2020, vol. 8, no. 9, pp. 1-17. ISSN 2225-1154. Disponibil: DOI: 10.3390/cli8090100.
 125. HEMANTARANJAN, A. et al. Heat stress responses and thermotolerance. In: *Advances in Plants and Agriculture Research*. 2014, vol. 1, nr. 3, pp. 62-70. ISSN 2373-6402. Disponibil: DOI: 10.15406/apar.2014.01.00012.
 126. HEMANTARANJAN, A., MALIK, C., BHANU, N. Physiology of heat stress and tolerance mechanisms - an overview. In: *The Journal of Plant Science Research*. 2018, vol. 33, nr. 1, pp. 55-68. ISSN 0976-3880. Disponibil: DOI: 10.32381/JPSR.2018.34.01.7.
 127. HIGASHI, Y. et al. Landscape of the lipidome and transcriptome under heat stress in *Arabidopsis thaliana*. In: *Scientific Reports*. 2015, vol. 5, nr. 1, pp. 1-11. ISSN 2045-2322. Disponibil: DOI: 10.1038/srep10533.
 128. HLAVACOVA, M. et al. Effect of heat stress at anthesis on yield formation in winter wheat. In: *Plant Soil Environment Journal*. 2017, vol. 63, nr. 3, pp. 139-144. ISSN 1214-1178. Disponibil: DOI: 10.17221/73/2017-PSE.

129. HOOSMANDI, B. Evaluation of tolerance to drought stress in wheat genotypes. In: *IDESIA*. 2019, vol. 37, nr. 2, pp. 37-43. ISSN 0718-3429.
130. HOSSAIN, A. et al. Evaluation of growth, yield, relative performance and heat susceptibility of eight wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes grown under heat stress. In: *International J. of Plant Production*. 2013, vol. 7, nr. 3, pp. 615-636. ISSN 1735-8043.
131. HOSSAIN, M. et al. Proline protects plants against abiotic oxidative stress. In: P. AHMAD, ed. *Oxidative damage to plants*. San Diego, London, Waltham: Elsevier, 2014, pp. 477–522. ISBN: 978-0-12-799963-0. Disponibil: DOI: 10.1016/B978-0-12-799963-0.00016-2.
132. HUANG, S., ZUO, T., NI, W. Important roles of glycine betaine in stabilizing the structure and function of the photosystem II complex under abiotic stresses. In: *Planta*. 2020, vol 251, nr.2, pp. 1-14. ISSN 1432-2048. Disponibil: DOI: 10.1007/s00425-019-03330-z.
133. IBRAHIM, M., ALSAHLI, A., AL-GHAMDI, A. Cumulative abiotic stresses and their effect on the antioxidant defense system in two species of wheat, *Triticum durum* desf and *Triticum aestivum* L. In: *Archives of Biological Sciences*. 2013, vol. 65, nr. 4, pp. 1423-1433. ISSN 0354-4664. Disponibil: DOI: 10.2298/ABS13044231.
134. IHSAN, M., et al. Wheat phenological development and growth studies as affected by drought and late season high temperature stress under arid environment. In: *Frontiers in Plant Science*. 2016, vol. 7, nr. 795, pp. 1-14. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2016.00795.
135. IQBAL, J. Morphological, physiological and molecular markers for the adaptation of wheat in drought condition. In: *Asian Journal of Biotechnology and Genetic Engineering*. 2019, vol. 2, nr.1, pp.1-13. ISSN 1935-472X. Disponibil: DOI: 10.9734/AJBGE/2019/46253.
136. IQBAL, M. et al. Impacts of heat stress on wheat: A critical review. In: *Advances in Crop Science and Technology*. 2017, vol. 5, nr. 1, pp.1-9. ISSN 2329-8863. Disponibil: DOI: 10.4172/2329-8863.1000251.
137. ISAYCHEV, V., ANDREEV, N., BOGAPOVA, M. The influence of growth regulators on the productive capacity of spring wheat. In: *BIO Web of Conferences*. 2020, vol. 17, nr. 00106, pp.1-5. ISSN 2117-4458. Disponibil: DOI: 10.1051/bioconf/20201700106.
138. IVANOV, V. The problem of stem cells in plants In: *Ontogenez*. 2003, vol. 34, nr. 4. pp. 253-261. ISSN 0475-1450.
139. JANDA, T. et al. Responses of young wheat plants to moderate heat stress. In: *Acta Physiologiae Plantarum*. 2019, vol. 41, nr. 137, pp. 1-8. ISSN 1861-1664. Disponibil: DOI: 10.1007/s11738-019-2930-x.

140. JANMOHAMMADI, M., MAHFOOZI, S. Regulatory network of gene expression during the development of frost tolerance in plants. In: *Current Opinian Agriculture*. 2013, vol. 2, nr. 1, pp. 11–19. ISSN 2322-4193.
141. JAT, M. et al. Conservation agriculture for sustainable intensification in South Asia. In: *Nature Sustainability*. 2020, vol. 3, pp. 336–343. ISSN 2398-9629. Disponibil: DOI: 10.1038/s4189 3-020-0500-2.
142. JELEV N. Diminuarea impactului factorilor de stres abiotic asupra plantelor de *Triticum aestivum* L. prin utilizarea regulatorului natural de creștere Reglalg. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științele vieții*. 2016, vol 330, nr.3, pp.72-79. ISSN 1857-064X.
143. JELEV, N. Influența șocului termic asupra ratei substanțelor de rezervă alocate de semințele de grâu pentru germinare și creștere. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2021, vol. 343, nr.1, p. 60-69. ISSN 1857-064X.
144. JELEV, N., DASCALIUC, A. Utilizarea biostimulatorilor în cercetările științifice și în practica agricolă. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2018, vol. 336, nr. 3, pp. 22-35. ISSN 1857-064X.
145. JELEV, N. et al. Aprecierea accelerată a termotoleranței genotipurilor de grâu în baza specificului influenței șocului termic asupra germinării semințelor. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele Vieții*. 2015, vol. 327, nr. 3, pp. 60-66. ISSN 1857-064X.
146. JELEV, N. et al. Particularitățile germinării semințelor de *Triticum Aestivum* L. expuse șocului termic. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științele vieții*. 2015, vol 327, nr. 3, pp. 50-60. ISSN 1857-064X.
147. JI, H. et al. Effects of jointing and booting low temperature stresses on grain yield and yield components in wheat. In: *Agricultural and Forestier Meteorology*. 2017, vol. 243, pp. 33–42. ISSN 0168-1923. Disponibil: DOI: 10.1016/j.agrformet.2017.04.016.
148. KAHILUOTO, H. et al. Decline in climate resilience of European wheat. In: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2019, vol. 116, nr. 1, pp. 123–128. ISSN 1091-6490. Disponibil: DOI: 10.1073/pnas.1804387115.
149. KAJLAA, M. et al. Increase in wheat production through management of abiotic stresses. A review. In: *Journal of Applied and Natural Science*. 2015, vol. 7, nr. 2, pp. 1070 –1080. ISSN 0974-9411. Disponibil: DOI: <https://doi.org/10.31018/jans.v7i2.733>.
150. KALUZEWICZ, A., BOSIACKI, M., SPIZEWSKI, T. Influence of biostimulants on the content of macro and micronutrients in broccoli plants exposed to drought stress. In: *J. Elem.* 2018, vol. 23, nr. 1, pp. 287–297. ISSN 1644-2296.

151. KAPOOR, D. Redox homeostasis in plants under abiotic stress: role of electron carriers, energy metabolism mediators and proteinaceous thiols. In: *Front. Environ. Sci.* 2015, vol. 3, nr. 13, pp. 1-12. ISSN 2296-665X. Disponibil: DOI: 10.3389/fenvs.2015.00013.
152. KARIMI, V., KARIMI, E., KESHAVARZ, M. Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran. In: *J. Integr. Agric.* 2018, vol. 17, nr. 1, pp. 1–15. ISSN 2095-3119. Disponibil: DOI: 10.1016/S2095-3119(17)61794-5.
153. KAUSHAL, N. et al. Food crops face rising temperatures: An overview of responses, adaptive mechanisms, and approaches to improve heat tolerance. In: *Cogent Food and Agriculture.* 2016, vol. 2, nr. 1, pp.1-42. ISSN 2331-1932. Disponibil: DOI: 10.1080/23311932.2015.1134380.
154. KHADKA, K. et al. A physio-morphological trait-based approach for breeding drought tolerant wheat. In: *Front. Plant Sci.* 2020, vol.11. nr. 715, pp.1-26. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2020.00715.
155. KHAN, H. et al. Biochemical and physiological changes of different plants species in response to heat and cold stress. In: *ARPJ Journal of Agricultural and Biological Science.* 2015, vol. 10, nr. 6, pp. 213-216. ISSN 1990-6145.
156. KHAN, M. et al. Character association studies of seedling traits in different wheat genotypes under moisture stress conditions. In: *SABRAO Journal of Breeding and Genetics.* 2013, vol. 45, nr. 3, pp. 458-467. ISSN 1029-7073
157. KHANNA-CHOPRA R. Leaf senescence and abiotic stresses share reactive oxygen species-mediated chloroplast degradation. In: *Protoplasma.* 2012, vol. 249, nr. 3, pp. 469-481. ISSN 1615-6102. Disponibil: DOI: 10.1007/s00709-011-0308-z.
158. KHATUN S. et al. Physiological mechanism of thermotolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. In: *American Journal of Plant Sciences.* 2018, vol. 9, nr. 13, pp. 2719-2727. ISSN 2158-2750. Disponibil: DOI: 10.4236/ajps.2018.913198.
159. KINOSHITA, T., SEKI, M. Epigenetic memory for stress response and adaptation in plants. In: *Plant and Cell Physiology.* 2014, vol. 55, nr.11, pp. 1859–1863. ISSN 1471-9053. Disponibil: DOI: 10.1093/pcp/pcu125.
160. KIPPES, N. et al. Single nucleotide polymorphisms in a regulatory site of VRN-A1 first intron are associated with differences in vernalization requirement in winter wheat. In: *Molecular Genetics and Genomics.* 2018, vol. 293, nr. 5, pp. 1231–1243. ISSN 1617-4623. Disponibil: DOI: 10.1007/s00438-018-1455-0.

161. KIZILGECI, F. et al. The drought effect on seed germination and seedling growth in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). In: *Int. J. Agric. Environ. Food Sci.* 2017, vol. 1, nr. 1, pp.33–37. ISSN 2602-246X. Disponibil: DOI: 10.31015/jaefs.17005
162. KOHLI, A. et al. The phytohormone crosstalk paradigm takes center stage in understanding how plants respond to abiotic stresses. In: *Plant Cell Reports.* 2013, vol. 32, nr. 7, pp. 945–957. ISSN 1432-203X. Disponibil:DOI: 10.1007/s00299-013-1461-y.
163. KOSAKIVSKA, I., VOYTENKO, L., LIKHNYOVSKIY, R. Effect of temperature on *Triticum aestivum* L. seedlings growth and phytohormone balance. In: *Journal of Stress Physiology & Biochemistry.* 2015, vol. 11, nr. 4, pp. 91-99. ISSN 1997-0838.
164. KOSOVA, K. et al. Complex phytohormone responses during the cold acclimation of two wheat cultivars differing in cold tolerance, winter Samanta and spring Sandra. In: *Journal Plant Physiology.* 2012, vol. 169, nr. 6, pp. 567–576. ISSN 1618-1328. Disponibil: DOI: 10.1016/j.jplph.2011.12.013.
165. KOYRO, H-W., AHMAD, P., CEISLER, N. Abiotic stress responses in plants: An Overview. In: Parvais AHMAD and M.N.V. PRASAD, eds. *Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change.* New York: Springer, 2012, pp. 1-28. ISBN: 978-1-4614-0814-7. Disponibil: DOI: 10.1007/978-1-4614-0815-4.
166. KRASENSKY, J., JONAK, C. Drought, salt, and temperature stressinduced metabolic rearrangements and regulatory networks. In: *Journal Experimental Botany.* 2012, vol. 63, nr. 4, pp. 1593–1608. ISSN 1460-2431. Disponibil: DOI: 10.1093/jxb/err460.
167. KRONENBERG, L. et al. Temperature response of wheat affects final height and the timing of 1 key developmental stages under field conditions. In: *Journal of Experimental Botany.* 2021, vol. 72, nr. 2, pp. 700-717. ISSN 1460-2431. Disponibil: DOI: 10.1093/jxb/2021.72.2.700.
168. KUMAR, R. et al. Protection against heat stress in wheat involves change in cell membrane stability, antioxidant enzymes, osmolyte, H₂O₂ and transcript of heat shock protein. In: *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry.* 2012, vol. 4, nr. 4, pp. 83-91. ISSN 2141-2162. Disponibil: DOI: 10.5897/IJPPB12.008.
169. KUMAR, R. et al. Sustaining productivity through integrated use of microbes in agriculture. In: *Role of Microbial Communities for Sustainability*; Springer, Singapore, 2021, pp. 109-145. ISBN: 978-981-15-9912-5.
170. KUMAR, S. Abiotic stresses and their effects on plant growth, yield and nutritional quality of agricultural produce. In: *International Journal of Food Science and Agriculture.* 2020, vol. 4, nr. 4, pp. 367-378. ISSN 2578-3475. Disponibil: DOI: 10.26855/ijfsa.2020.12.002.

171. KUMAR, S. Environmental stress, food safety, and global health: biochemical, genetic and epigenetic perspectives. In: *Medical Safety Global Health*. 2018b, vol. 7, nr. 2, pp. 1-5. ISSN 2574-0407. Disponibil: DOI: 10.4172/2574-0407.1000145.
172. KUMAR, S. et al. Physiological, biochemical, epigenetic and molecular analyses of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes with contrasting salt tolerance. In: *Frontiers in Plant Science*. 2017a. vol. 8, nr. 1151, pp. 1-20. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2017.01151.
173. KUMARI, M. et al. Association of staygreen trait with canopy temperature depression and yield traits under terminal heat stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). In: *Euphytica*. 2013, vol. 190, nr.1, pp. 87-97. ISSN 1573-5060. Disponibil: DOI: 10.1007/s10681-012-0780-3.
174. LAIDIG, F. et al. Breeding progress, environmental variation and correlation of winter wheat yield and quality traits in German official variety trials and on-farm during 1983–2014. In: *Theor. Appl. Genet.* 2017, vol. 130, nr. 5, pp. 223–245. ISSN 1432-2242.
175. LANDI, S. et al. Poaceae vs. abiotic stress: focus on drought and salt stress, recent insights and perspectives. In: *Frontiers Plant Science*. 2017, vol. 8, nr. 1214, pp. 1-9. ISSN 1664-642X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2017.01214.
176. LAQUE, A. et al. Lipid profiles of detergent resistant fractions of the plasma membrane in oat and rye in association with cold acclimation and freezing tolerance. In: *Cryobiology*. 2016, vol. 72, nr. 2, pp. 123–134. ISSN 1090-2392. Disponibil: DOI: 10.1016/j.cryobiol.2016.02.003.
177. LATIF, S. et al. Deciphering the role of stay-green trait to mitigate terminal heat stress in bread wheat. In: *Agronomy*. 2020, vol. 10, nr. 7, pp. 1-23. ISSN 2073-4395. Disponibil: DOI: 10.3390/agronomy10071001.
178. LAUDENCIA-CHINGCUANCO D. et al. Genome-wide gene expression analysis supports a developmental model of low temperature tolerance gene regulation in wheat (*Triticum aestivum* L.). In: *BMC Genomics*. 2011, vol. 12, nr. 1, pp. 1-19. ISSN 1471-2164. Disponibil: DOI: 10.1186/1471-2164-12-299.
179. LE MIRE, G. et al. Implementing biostimulants and biocontrol strategies in the agroecological management of cultivated ecosystems. In: *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 2016, vol. 20, nr.1, pp. 1-15. ISSN 1780-4507. Disponibil: DOI: 10.25518/1780-4507.12717.
180. LESK, C., ROWHANI, P., RAMANKUTTY, N. Influence of extreme weather disasters on global crop production. In: *Nature*. 2016, vol. 529, nr. 7584, pp. 84-87. ISSN 1476-4687. Disponibil: DOI: 10.1038/nature16467.

181. LEVITT, J. *Responses of plants to environmental stress*. New York – London: Acad. Press, 1980. 607 p. ISBN 9780124455023.
182. LI, C. et al. Toward a molecular understanding of plant hormone actions. In: *Molecular Plant Physiology*. 2016, vol. 9, nr. 1, pp. 1-3. ISSN 1752-9867. Disponibil: DOI: 10.1016/j.molp.2015.12.006.
183. LI, S. et al. Heat-induced TAS1 TARGET1 mediates thermotolerance via heat stress transcription factor A1a-directed pathways in Arabidopsis. In: *Plant Cell*. 2014, vol. 26, nr. 4, pp. 1764-1780. ISSN 1532-298X. Disponibil: DOI: 10.1105/tpc.114.124883.
184. LI, X. et al. Winter wheat photosynthesis and grain yield responses to spring freeze. In: *Agronomy Journal*. 2015, vol. 107, nr. 3, pp. 1002–1010. ISSN 0002-1962.
185. LIN, C. ROBERTS, J., KEY, J. Acquisition of thermotolerance in soybean seedlings. Synthesis and accumulation of heat shock proteins and their cellular localization. In: *Plant Physiol.* 1984, vol. 74. nr. 1, pp.152-160. ISSN 0032-0889.
186. LIU, B. et al. Post-heading heat stress and yield impact in winter wheat of China. In: *Global Change Biology*. 2014, vol. 20, nr. 2, pp. 372-381. ISSN 1365-2486. Disponibil: DOI: 10.1111/gcb.12442.
187. LIU, B. et al. Similar estimates of temperature impacts on global wheat yield by three independent methods. In: *Nature Climate Change*. 2016, vol. 6, nr. 12, pp. 1130-1136. ISSN 1758-6798
188. LIU, Y., ZHOU, J. MAPping kinase regulation of ICE1 in freezing tolerance. In: *Trends Plant Science*. 2018, vol. 23, nr. 2, pp. 91–93. ISSN 1878-4372. Disponibil: DOI: 10.1016/j.tplants.2017.12.002.
189. LIVINGSTON, D. et al. Differences between wheat genotypes in damage from freezing temperatures during reproductive growth. In: *European Journal of Agronomy*. 2016, vol. 74, pp. 164–172. ISSN 1161-0301.
190. LOBELL, D., GOURDJI, S. The influence of climate change on global crop productivity. In: *Plant Physiology*. 2012, vol. 160, nr. 4, pp. 1686-1697. ISSN 1532-2548. Disponibil: DOI: 10.1104/pp.112.208298.
191. LONGO, V. et al. Proteomic and physiological response of spring barley leaves to cold stress. In: *Int. J. Plant Biol. Res.* 2017, vol. 5, nr. 1, pp. 1–10. ISSN 2333-6668.
192. LUKAC, M. et al. Asynchronous flowering and within-plant flowering diversity in wheat and the implications for crop resilience to heat. In: *Annals of Botany*. 2012, vol. 109, nr. 4, pp. 843-850. ISSN 1095-8290. Disponibil: DOI: 10.1093/aob/mcr308.

193. LUTTGER, A., FEIKE, T. Development of heat and drought related extreme weather events and their effect on winter wheat yields in Germany. In: *Theoretical and Applied Climatology*. 2018, vol. 132, nr.1-2, pp. 15–29. ISSN 0177-798X. Disponibil: DOI: 10.1007/s00704-017-2076-y.
194. MAHALINGAM, R. Consideration of combined stress: a crucial paradigm for improving multiple stress tolerance in plants. In: Ramamurthy MAHALINGAM, ed. *Combined Stresses in Plants*. Switzerland: Springer Nature, 2015. pp. 1-25. ISBN 978-3-319-07899-1.
195. MAKINEN, H. et al. Sensitivity of European wheat to extreme weather. In: *Field Crops Research*. 2018, vol. 222, pp. 209–217. ISSN 0378-4290. Disponibil: DOI: 10.1016/j.fcr.2017.11.008.
196. MALHI, G., KAUR, M., KAUSHIK, P. Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies: A Review. In: *Sustainability*. 2021, vol. 13, nr. 3, pp.1-21. ISSN 2071-1050. Disponibil: DOI: 10.3390/su13031318.
197. MAQBOOL, M., ALI, A., HAQ, T., Response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to induced water stress at critical growth stages. In: *Sarhad Journal of Agriculture*. 2015, vol. 31, nr. 1, pp. 53-58. ISSN 1016-4383.
198. MARCINSKA, I. et al. Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in drought-susceptible and drought-resistant wheat genotypes. In: *Acta Physiologiae Plantarum*. 2013, vol. 35, nr. 2, pp. 451-461. ISSN 0137-5881. Disponibil: DOI: 10.1007/s11738-012-1088-6.
199. MATHUR, S., AGRAWAL, D., JAJOO, A. Photosynthesis: Response to high temperature stress. In: *Journal Photochem Photobiol B*. 2014, vol. 137, pp. 116-126. ISSN 1011-1134. Disponibil: DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2014.01.010.
200. MEHNAZ, S. An overview of globally available bioformulations. In: Naveen KUMAR ARORA, Samina MEHNAZ and Raffaella BALESTRINI, eds. *Bioformulations: For Sustainable Agriculture*. Germany: Springer, 2016, pp. 267- 281. ISBN 978-81-322-2779-3. Disponibil: DOI: 10.1007/978-81-322-2779-3_15.
201. MICHALAK, I., CHOJNACKA, K. Algal extracts: Technology and advances. In: *Eng. Life Sci.* 2014, vol. 14, pp. 581–591. ISSN 1618-2863. Disponibil: DOI: 10.1002/elsc.201400139.
202. MICHALETTI, A. et al. Metabolomics and proteomics reveal drought-stress responses of leaf tissues from spring-wheat. In: *Scientific Reports*. 2018, vol. 8, nr. 5710, pp. 1-19. ISSN 2045-2322.

203. MICKELBART, M., HASEGAWA, P., BAILEY-SERRES, J. Genetic mechanisms of abiotic stress tolerance that translate to crop yield stability. In: *Nat. Rev. Genet.* 2015, vol. 16, nr. 4, pp. 237-251. ISSN 1471-0064. Disponibil: DOI: 10.1038/nrg3901.
204. MICKKY, B., ALDESUQUY, H. Impact of osmotic stress on seedling growth observations, membrane characteristics and antioxidant defense system of different wheat genotypes. In: *Egypt. J. Basic Appl. Sci.* 2017, vol. 4, nr. 1, pp. 47–54. ISSN 2314-808X. Disponibil: DOI: 10.1016/j.ejbas.2016.10.001.
205. MISHRA, S., JHA, A., DUBEY, R. Arsenite treatment induces oxidative stress, upregulates antioxidant system, and causes phytochelatin synthesis in rice seedlings. In: *Protoplasma.* 2011, vol. 248, nr. 3, pp. 565-577. ISSN 1615-6102. Disponibil: DOI: 10.1007/s00709-010-0210-0.
206. MITTLER, R. et al. ROS signaling: The new wave?. In: *Trends Plant Science.* 2011, vol. 16, nr.6, pp. 300-309. ISSN 1878-4372. Disponibil: DOI: 10.1016/j.tplants.2011.03.007.
207. MIURA, K., FURUMOTO, T. Cold signaling and cold response in plants. In: *Int. J.Mol.Sci.* 2013, vol. 14, nr. 3, pp. 5312–5337. Disponibil: DOI:10.3390/ijms14035312.
208. MONNEVEUX, P., JING, R., MISRA, S. Phenotyping for drought adaptation in wheat using physiological traits. In: *Frontiers in Physiology.* 2012, vol. 3, nr. 429, pp. 1-12. ISSN 1664-042X. Disponibil: DOI: 10.3389/fphys.2012.00429.
209. MOORE, F., LOBELL, D. The fingerprint of climate trends on European crop yields. In: *Proceedings of the National Academy of Science. USA.* 2015, vol.112, nr. 9, pp. 2670–2675. ISSN 1091-6490. Disponibil: DOI: 10.1073/pnas.1409606112.
210. MORARU, Ș. *Tratat de fitotehnie. Cultura plantelor de câmp cereale.* Iași: Dosoftei, 1998. 212 p. ISBN 973-9135-59-5.
211. MORENO, A., ORELLANA, A. The physiological role of the unfolded protein response in plants. In: *Biology Research.* 2011, vol. 44, nr. 1, pp. 75–80. ISSN 0717-6287. Disponibil: DOI: 10.4067/S0716-97602011000100010.
212. MORY, Y., CHEN, D., SARID, S. Onset of deoxyribonucleic acid synthesis in germinating wheat embryos. In: *Plant Physiol.* 1972, vol. 49, nr. 1. pp. 20-23. ISSN 0032-0889.
213. MUJTABA, S. et al. Physiological studies on six wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for drought stress tolerance at seedling stage. In: *Agriculture Research and Technology.* 2016, vol. 1, nr. 2, pp. 1-6. ISSN 2471-6774. Disponibil: DOI: 10.19080/ARTOAJ.2016.01.555559.

214. MUKHERJEE, A., WANG, S., PROMCHOTE, P. Examination of the climate factors that reduced wheat yield in Northwest India during the 2000s. In: *Journal of Water*. 2019, vol. 11, nr. 2, pp. 1-13. ISSN 2073-4441. Disponibil: DOI: 10.3390/w11020343.
215. MWADZINGENI, L., SHIMELIS, E., DUBE, M. Breeding wheat for drought tolerance: Progress and technologies. In: *Journal of Integrative Agriculture*. 2016, vol. 15, nr. 5, pp. 935-943. ISSN 2095-3119. Disponibil: DOI: 10.1016/S2095-3119(15)61102-9.
216. MYERS, S. et al. Climate change and global food systems: Potential impacts on food security and undernutrition. In: *Annual Review of Public Health*. 2017, vol. 38, pp. 259-277. ISSN 1545-2093. Disponibil: DOI: 10.1146/annurev-publhealth-031816-044356.
217. NASIR, M. et al. Significance of plant growth regulators (pgr's) on the growth and yield of wheat crop. In: *Science Journal of Chemistry*. 2019, vol. 7, nr. 5, pp. 98-104. ISSN 2330-0981.
218. NEMEROVSCII, A., DASCALIUC, A. Determinarea accelerată a termotoleranței frunzelor de *Buxus semipervirens* L. cu ajutorul metodei de scurgere a electroliților. In: *Buletinul AȘM, Științele vieții*. 2012, vol. 316, nr. 1, pp. 82-92. ISSN 1857-064X.
219. NGUYEN, M. et al. Biostimulant effects of rhizobacteria on wheat growth and nutrient uptake depend on nitrogen application and plant development. In: *Archives of Agronomy and Soil Science*, 2019, vol. 65, nr. 1, pp. 58-73. ISSN 0365-0340. Disponibil: DOI: 10.1080/03650340.2018.1485074.
220. NIEVOLA, C. et al. Rapid responses of plants to temperature changes. In: *Temperature*. 2017, vol. 4, nr. 4, pp. 371-405. ISSN 2332-8959. Disponibil: DOI: 10.1080/23328940.2017.1377812.
221. OHAMA, N. et al. Transcriptional regulatory network of plant heat stress response. In: *Trends Plant Science*. 2017, vol. 22, nr. 1, pp. 53-65. ISSN 1878-4372. Disponibil: DOI: 10.1016/j.tplants.2016.08.015.
222. OMKAR, M. et al. Genetic improvement of wheat for biotic and abiotic stress tolerance. In: *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*. 2018, vol. 7, nr. 12, pp. 1962-1971. ISSN 2319-7706. Disponibil: DOI: 10.20546/ijcmas.2018.712.226.
223. ONAGA, G., WYDRA, K., eds. Advances in plant tolerance to abiotic stresses. In: Ibrokhim Y. ABDURAKHMONOV, ed. *Plant Genomics*. IntechOpen. 2016. pp. 167-228. ISBN 978-953-51-2456-6. Disponibil: DOI: 10.5772/64350.
224. PANDEY, G. et al. Terminal heat tolerance in wheat: An overview. In: *Journal Cereal Research*. 2019, vol. 11, nr. 1, pp. 1-16. ISSN 2582-2675.

225. PEARCE, S. et al. Large deletions in the CBF gene cluster at the Fr-B2 locus are associated with reduced frost tolerance in wheat. In: *Theoretical and Applied Genetics*. 2013, vol. 126, nr. 11, pp. 2683–2697. ISSN 1432-2242. Disponibil: DOI: 10.1007/s00122-013-2165-y.
226. PEINGS, Y., CATTIAUX, J., DOUVILLE, H. Evaluation and response of winter cold spells over western Europe in CMIP5 models. In: *Climate Dynamics*. 2013, vol. 41, nr. 11-12, pp. 3025-3037. ISSN 1432-0894. Disponibil: DOI: 10.1007/s00382-012-1565-z.
227. PENFIELD S. Seed dormancy and germination. In: *Current Biology*. 2017, vol. 27, nr. 17, pp. R853-R909. ISSN 0960-9822. Disponibil: DOI: 10.1016/j.cub.2017.05.050.
228. PIEPHO, H. Recent claim of declining climate resilience in European wheat is not supported by the statistics used. In: *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A*. 2019, vol. 116, nr. 22, pp. 10625-10626. ISSN 0027-8424. Disponibil: DOI: 10.1073/pnas.1901946116.
229. PIMENTEL, B.J.A. et al. Characterization of heat tolerance in wheat cultivars and effects on production components. In: *Rev. Ceres*. 2015, vol. 62, nr.2, pp. 191-198. ISSN 2177-3491. Disponibil: DOI: 10.1590/0034-737X201562020009.
230. PINTO, R. et al. Modelling and genetic dissection of staygreen under heat stress. In: *Theoretical Applied Genetical*. 2016, vol. 129, nr. 11, pp. 2055-2074. ISSN 1432-2242. Disponibil: DOI: 10.1007/s00122-016-2757-4.
231. POSMYK, M., SZAFRANSKA, K. Biostimulators. A new trend towards solving an old problem In: *Frontiers Plant Science*. 2016, vol.7, nr. 671, pp. 1-6. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2016.00748.
232. POUDEL, P., POUDEL, M. Heat stress effects and tolerance in wheat: A Review. In: *Journal Biology Today's World*. 2020, vol. 9, nr. 3, pp. 1-6. ISSN 2322-3308.
233. POVERO, G. et al. A systematic approach to discover and characterize natural plant biostimulants. In: *Front Plant Sci*. 2016, vol.7, Article 435, pp.1-9. PMID 270922156. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2016.00435.
234. PRADHAN, G., PRASAD, P. Evaluation of wheat chromosome translocation lines for high temperature stress tolerance at grain filling stage. In: *PLOS ONE*. 2015, vol. 10, nr. 2, pp. 1-20. ISSN 1932-6203. Disponibil: DOI: 10.1371/journal.pone.0116620.
235. PRASAD, P., BHEEMANAHALI, R., JAGADISH, S. Field crops and the fear of heat stress-opportunities, challenges and future directions. In: *Field Crop. Res*. 2017, vol. 200, nr. 8, pp. 114–121. ISSN 0378-4290. Disponibil: DOI: 10.1016/j.fcr.2016.09.024.
236. PRASAD, P., DJANAGUIRAMAN, M. Response of floret fertility and individual grain weight of wheat to high temperature stress: sensitive stages and thresholds for temperature

- and duration. In: *Functional Plant Biology*. 2014, vol. 41, nr. 12, pp. 1261–1269. Disponibil: DOI: 10.1071/fp14061.
237. PUTHUR, J. Antioxidants and cellular antioxidation mechanism in plants. In: *South Indian Journal Biology Science*. 2016. Vol. 2, nr. 1, pp. 14-17. ISSN 2454-4787.
 238. PUYAUBERT, J., BAUDOUIN, E. New clues for a cold case: Nitric oxide response to low temperature. In: *Plant, Cell Environmental*. 2014, vol. 37, nr. 12, pp. 2623-2630. ISSN 0140-7791. Disponibil: DOI: 10.1111/pce.12329.
 239. RADEMACHER, W. Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. In: *Annual Plant Reviews*. 2017, vol. 49, pp. 359–403. ISBN 9781119210429. Disponibil: DOI: 10.1002/9781119312994.apr0541.
 240. RADEMACHER, W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. In: *Journal of Plant Growth Regulation*. 2015, vol. 34, nr. 4, pp. 845–872. ISSN 1435-8107. Disponibil: DOI: 10.1007/s00344-015-9541-6.
 241. RAMANI, H. et al. Biochemical and physiological constituents and their correlation in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under high temperature at different development stages. In: *Int. J. Plant Physiol Biochem*. 2017, vol. 9, nr. 1, pp.1-8. ISSN 2141-2162. Disponibil: DOI: 10.5897/ijppb2015.0240.
 242. RAO, D., SINHA, S. Efficiency of mobilization of seed reserves in sorghum hybrids and their parents as influenced by temperature regimes. In: *Seed Science Research*. 1993, vol. 2, nr. 2, pp. 97-100. ISSN 1475-2735.
 243. RAZA, A. et al. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. In: *Plants*. 2019, vol. 8, nr. 2, pp.1-29. ISSN 2223-7747. Disponibil: DOI: 10.3390/plants8020034.
 244. REDDY, P. et al. Role of heat shock proteins in improving heat stress tolerance in crop plants. In: *Heat Shock Proteins and Plants*. Switzerland: Springer. 2016, pp 283-307. ISSN 1944-4036. Disponibil: DOI: 10.1007/978-3-319-46340-7_14.
 245. REDONDO-GÓMEZ, S. Abiotic and biotic stress tolerance. In: Gyana Ranjan ROUT and Anath Bandhu DAS, eds. *Molecular stress physiology of plants*. Switzerland: Springer, 2013, pp. 1-20. ISBN 9788132208075.
 246. REHMAN, H. et al. Evaluation of physiological and morphological traits for improving spring wheat adaptation to terminal heat stress. In: *Plants*. 2021, vol. 10, nr. 3, pp.1-15. ISSN 2223-7747.
 247. REHMAN, S. et al. Cell membrane stability and chlorophyll content variation in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under conditions of heat and drought. In: *Crop and Pasture*

- Science*. 2016, vol. 67, nr. 7, pp.712-718. ISSN 1836-0947. Disponibil: DOI: 10.1071/CP15385.
248. REPETTO, M., SEMPRINE, J., BOVERIS, A. Lipid peroxidation: chemical mechanism, biological implications and analytical determination. In: Angel CATALA, ed. *Lipid Peroxidation*. Rijeka: IntechOpen, 2012, pp. 3-30. Disponibil: DOI: 10.5772/45943.
 249. REYNOLDS, M. et al. Raising yield potential of wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies. In: *Journal of Experimental Botany*. 2011, vol. 62, nr. 2, pp. 439-452. ISSN 1460-2431. Disponibil: DOI: 10.1093/jxb/erq311.
 250. RIAZ, M. et al. Effects of heat stress on growth, physiology of plants, yield and grain quality of different spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. In: *Sustainability*. 2021, vol. 13, nr. 5, pp. 2-18. ISSN 2071-1050. Disponibil: DOI: 10.3390/su13052972.
 251. RIHAN, H., AL-ISSAWI, M., FULLER, M. Advances in physiological and molecular aspects of plant cold tolerance. In: *Journal of Plant Interactions*. 2017, vol. 12, nr. 1, pp. 143-157. ISSN 1742-9145. Disponibil: DOI: 10.1080/17429145.2017.1308568.
 252. RITONGA, F., CHEN, S. Physiological and molecular mechanism involved in cold stress tolerance in plants. In: *Plants*. 2020, vol. 9, nr. 5, pp. 1-13. ISSN 2223-7747. Disponibil: DOI: 10.3390/plants9050560.
 253. RONGA, D. et al. Microalgal Biostimulants and Biofertilisers in Crop Productions. In: *Agronomy*. 2019, vol.9, nr. 4, pp.1-22. ISSN 2073-4395. Disponibil: DOI: 10.3390/agronomy9040192.
 254. ROSENZWEIG, C. et al. Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. In: *Proceedings of the National Academy of Science. USA*. 2014, vol. 111, nr. 9, pp. 3268-3273. ISSN 1091-6490. Disponibil: DOI: 10.1073/pnas.1222463110.
 255. ROUPHAEL, Y., COLLA, G. Editorial: Biostimulants in Agriculture. In: *Front Plant Sci*. 2020, vol. 11, nr. 40, pp. 1-7. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2020.00040.
 256. ROZBICKI, J. et al. Influence of the cultivar, environment and management on the grain yield and bread making quality in winter wheat. In: *J. Cereal Sci*. 2015, vol. 61, nr. 3, pp. 126–132. ISSN 0733-5210.
 257. RUELLAND, E., ZACHOWSKI, A. How plants sense temperature. In: *Environmental and Experimental Botany*. 2010, vol. 69, nr. 3, pp. 225–232. ISSN 0098-8472. Disponibil: DOI: 10.1016/j.envexpbot.2010.05.011.
 258. SAEIDI, M. et al. Evaluation of drought stress at vegetative growth stage on the grain yield formation and some physiological traits as well as fluorescence parameters of different bread

- wheat cultivars. In: *Acta Biologica Szegediensis*. 2015, vol. 59, nr. 1, pp. 35-44. ISSN 1588-385X.
259. SALLAM, A. et al. Drought stress tolerance in wheat and barley: advances in physiology, breeding and genetics research. In: *International journal of molecular sciences*. 2019, vol. 20, nr. 13, pp. 1-36. ISSN 1422-0067. Disponibil: DOI: 10.3390/ijms20133137.
 260. SANCHEZ, B., RASMUSSEN, A., PORTER, J. Temperature and the growth and development of maize and rice: a review. In: *Global Change Biology*. 2014, vol.20, nr. 2, pp. 408–417. ISSN 1365-2486. Disponibil: DOI: 10.1111/gcb.12389.
 261. SAREEN, S. et al. Trait analysis, diversity, and genotype x environment interaction in some wheat landraces evaluated under drought and heat stress conditions. In: *Chilean Journal Agriculture Research*. 2014, vol. 74, nr. 2, pp. 135-142. ISSN 0718-5839. Disponibil: DOI: 10.4067/S0718-58392014000200002.
 262. SARTO, M. et al. Wheat phenology and yield under drought: a review. In: *Australian Journal of Crop Science*. 2017, vol. 11, nr. 08, pp. 941–946. ISSN 1835-2707. Disponibil: DOI: 10.21475/ajcs17.11.08.pne351.
 263. SATTAR, S. et al. Biochemical, molecular and morpho-physiological attributes of wheat to upgrade grain production and compete with water stress. In: *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 2019. vol. 3, nr.3, pp. 510-528. ISSN 2602-4772.
 264. SEDAGHATMEHR, M., MUELLER-ROEBER, B., BALAZADEH, S. The plastid metalloprotease FtsH6 and small heat shock protein HSP21 jointly regulate thermomemory in Arabidopsis. In: *Nature Communications*. 2016, vol. 7, nr. 12439, pp. 1-14. ISSN 2041-1723. Disponibil: DOI: 10.1038/ncomms12439.
 265. SEHGAL, A. et al. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: Impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. In: *Frontiers in Plant Science*. 2018, vol. 9, nr. 1705, pp. 1-19. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2018.01705.
 266. SEMENOV, M. et al. Adapting wheat in Europe for climate change. In: *Journal Cereal Science*. 2014, vol. 59, nr. 3, pp. 245–256. ISSN 1095-9963. Disponibil: DOI: 10.1016/j.jcs.2014.01.006.
 267. SHAHINNIA, F. et al. Genetic association of stomatal traits and yield in wheat grown in low rainfall environments. In: *BMC Plant Biol*. 2016, vol. 16, nr. 1, pp.1-14. ISSN 1471-2229. Disponibil: DOI: 10.1186/s12870-016-0838-9.

268. SHAMSI, K., KOBRAEE, S. Bread wheat production under drought stress conditions. In: *Annals of Biological Research*. 2011, vol. 2, nr. 3, pp. 352–358. ISSN 0976-1233.
269. SHARMA, D. et al. Wheat cultivars selected for high Fv /Fm under heat stress maintain high photosynthesis, total chlorophyll, stomatal conductance, transpiration and dry matter. In: *Physiologia Plantarum*. 2015, vol. 153, nr. 2, pp. 284-298. ISSN 1399-3054. Disponibil: DOI: 10.1111/ppl.12245.
270. SHARMA, D. et al. Wheat responses and tolerance to terminal heat stress: a review. In: Mirza HASANUZZAMAN, Kamrun NAHAR, Amzad HOSSAIN, eds. *Wheat Production in Changing Environments*. Singapore: Springer, 2019, pp. 149–173. ISBN 978-981-13-6883-7. Disponibil: DOI: 10.1007/978-981-13-6883-7.
271. SHARMA, H. et al. Plant biostimulants: are view on the processing of macro algae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. In: *Journal of Applied Phycology*. 2014, vol. 26, pp. 465–490. ISSN 1573-5176. Disponibil: DOI: 10.1007%2F10811.1573-5176.
272. SHARMA, P. et al. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. In: *Journal of Botany*. 2012, vol. 2012, pp. 1-26. ISSN 0002-9122. Disponibil: DOI: 10.1155/2012/217037.
273. SIDDIQUIE, M., BAKHSH, M., AHMED, K. Comparison between synthetic wheat derivatives and bread wheat (*Triticum aestivum*) at seedling stage under various levels of temperature and GA3 priming. In: *Journal of Bioscience and Agriculture Research*. 2020, vol. 23, nr. 01, pp. 1901-1910. ISSN 2312-7945. Disponibil: DOI: 10.18801/jbar.230120.234.
274. SIKDER, S., PAUL, N. Study of influence of temperature regimes on germination characteristics and seed reserves mobilization in wheat. In: *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 2020, vol.7, nr. 10, pp. 001-008. ISSN 2305-297X.
275. SKINNER, D., BELLINGER, B. Differential response of wheat cultivars to components of the freezing process in saturated soil. In: *Crop Science*. 2011, vol. 51, nr. 1, pp. 69-74. ISSN 0011-183X.
276. SKINNER, D., BELLINGER, B. Freezing tolerance of winter wheat as influenced by extended growth at low temperatures and exposure to freeze–thaw cycles. In: *Can. J. Plant Sci.* 2017, vol. 97, nr. 2, pp. 250-256. ISSN 1918-1833. Disponibil: DOI: 10.1139/cjps-2016-0154.

277. SKINNER, D. et al. Carbohydrate and lipid dynamics in wheat crown tissue in response to mild freeze-thaw treatments. In: *Crop Science*. 2014, vol. 54, nr. 4, pp.1721-1728. ISSN 1435-0653. Disponibil: DOI: 10.2135/cropsci2013.09.060.
278. SONG, W. et al. Effect of timing of heat stress during grain filling in two wheat varieties under moderate and very high temperature. In: *Indian. J. Genet.* 2015, vol. 75, nr. 1, pp. 121–124. ISSN 0019-5200. Disponibil: DOI: 10.5958/0975-6906.2015.00018.8.
279. SOYEMA, K., AHMED, J., MOHI-UDDIN, M. Variation of wheat cultivars in their response to elevated temperature on starch and dry matter accumulation in grain. In: *International Journal of Agronomy*. 2016, vol. 2016, pp. 1-6. ISSN 1687-8167. Disponibil: DOI: 10.1155/2016/9827863.
280. STRATONOVITCH P., SEMENOV, M. Heat tolerance around flowering in wheat identified as a key trait for increased yield potential in Europe under climate change. In: *Journal of Experimental Botany*. 2015, vol. 66, nr. 12, pp. 3599–3609. ISSN 1460-2431. Disponibil: DOI: 10.1093/jxb/erv070.
281. STRER, M., SVOBODA, N., HERRMANN, A. Abundance of adverse environmental conditions during critical stages of crop production in Northern Germany. In: *Environmental Sciences Europe*. 2018, vol. 30, nr. 1, p-16. ISSN 2190-4715. Disponibil: DOI: 10.1186/s12302-018-0138-0.
282. ȘIȘCANU, Gheorghe, MALINA, Raisa, RALEA, Tudor, TITOVA, Nina. *Metodă de determinare a conținutului de clorofilă în frunzele de piersic și de cais*. Brevet de invenție 839 (13) Y, G01N 21/25. Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al Academiei de Științe a Moldovei. Nr. depozitului s 2014 0033. Data depozit 2014.03.14. Publicat 30.06.2015. In: BOPI. 2014, nr. 11, p. 38.
283. ȘTEFIRȚĂ A, LEAHU Ig., TOMA S. Răspunsul specific și nespecific al plantelor la acțiunea stresului hidric și termic: relațiile interactive dintre status-ul apei și protecția antioxidantă. In: *Buletinul AȘM. ȘV*. 2015, vol. 325, nr. 1. p. 29-46. ISSN 1857-064X.
284. ȘTEFÎRȚĂ, A., VOLOȘCIUC, L., BRÎNZĂ, L., BUCEACEAIA SV., ALUCHI, N. Caracteristica unor soiuri de soia după caracterul „Cros-Toleranță”. In: *Buletinul AȘM. Științele vieții*. 2021, vol.1, nr. 343. pp. 70-78. ISSN 1857-064X. Disponibil: DOI:10.52388/1857-064X.2021.1.09.
285. TAHIR, I.S.A. et al. Physiological response of three wheat cultivars to high shoot and root temperatures during early growth stages. In: *Plant Production Science*, 2015, vol.12, nr. 4, pp. 409-419. ISSN 1349-1008. Disponibil: DOI: 10.1626/pp.12.409.

286. TAIZ, L. et al. *Plant physiology and development, 6th ed.* Sinauer Associates: OUP, 2015, 761 p. ISBN-13: 978-1605353531.
287. TAKAHASHI, D. et al. Plant plasma membrane proteomics for improving cold tolerance. In: *Frontiers Plant Science*. 2013, vol. 4, nr. 90, pp. 1-5. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2013.00090.
288. TALANOVA, V. et al. Expression of ABA-dependent and independent genes in cold adaptation of wheat. In: *Russian Journal Plant Physiology*. 2011, vol. 58, nr. 6, pp. 859–865. ISSN 1608-3407. Disponibil: DOI: 10.1134/S1021443711060185.
289. TAO, F. et al. Wheat yield benefited from increases in minimum temperature in the Huang-Huai-Hai Plain of China in the past three decades. In: *Agricultural and Forest Meteorology*. 2017, vol. 239, pp. 1-14. ISSN 0168-1923. Disponibil: DOI: 10.1016%2Fj.agrformet.2017.02.033.
290. TARAKHOVSKAYA, E., MASLOV, Y., SHISHOVA, M. Phytohormones in algae. In: *Russian Journal of Plant Physiology*. 2007, vol. 54, nr. 2, pp. 163-170. ISSN 1021-4437. Disponibil: DOI: 10.1134/S1021443707020021.
291. TARHON, P. *Fiziologia plantelor*. Chişinău: Lumina, 1993. 230 p. ISBN 5-372-01370-2.
292. TARKOWSKI, L., VAN DEN ENDE, W. Cold tolerance triggered by soluble sugars: a multifaceted countermeasure. In: *Front Plant Science*. 2015, vol. 6, nr. 203, pp. 1-7. Disponibil: DOI:10.3389/fpls.2015.00203.
293. THEOCHARIS, A., CLEMENT, CH., BARKA, E. Physiological and molecular changes in plants grown at low temperatures. In: *Planta*. 2012, vol. 235, nr. 6, pp. 1091-1105. ISSN 1432-2048. Disponibil: DOI: 10.1007/s00425-012-1641-y.
294. THOMAS, H., OUGHAM, H. The stay-green trait. In: *J. Exp. Bot.* 2014, vol. 65, nr. 14, pp. 3889–3900. ISSN 1460-2431. Disponibil: DOI: 10.1093/jxb/eru037.
295. TORRES-MARTÍNEZ, H. et al. Lateral root primordium morphogenesis in angiosperms. In: *Front. Plant Sci.* 2019, vol. 10, nr. 206, pp. 1-19. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2019.00206.
296. TRENBERTH, K. et al. Global warming and changes in drought. In: *Nature Climate Change*. 2014, vol. 4, nr. 1, pp. 17-22. ISSN 1758-6798.
297. TRNKA, M. et al. Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. In: *Nature Climate Change*. 2014, vol. 7, pp. 637–643. ISSN 1758-6798. Disponibil: DOI: 10.1038/NCLIMATE2242.
298. VALLURU, R., LINK, J., CLAUPEIN, W. Consequences of early chilling stress in two Triticum species: plastic responses and adaptive significance. In: *Plant Biology*. 2012, vol.

- 14, nr. 4, pp. 641–651. ISSN 1438-8677. Disponibil: DOI: 10.1111/j.1438-8677.2011.00540.x.
299. VAN OOSTEN, M. et al. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. In: *Chem. Biol. Technol. Agric.* 2017, vol. 4, nr. 5, pp. 1-12. ISSN 2196-5641.
 300. VANNOPPEN, A. et al. Wheat Yield Estimation from NDVI and regional climate models in Latvia. In: *Remote Sens.* 2020, vol. 12, nr. 14, p. 1-20. ISSN 2072-4292.
 301. VEGH, B. et al. Heat acclimation of photosynthesis in wheat genotypes of different origin. In: *South African Journal of Botany.* 2018, vol. 117, pp.184-192. ISSN 0254-6299. Disponibil: DOI: 10.1016/j.sajb.2018.05.020.
 302. VIBHUTI, V. et al. Seed germination and seedling growth parameters of rice (*Oryza sativa*) varieties as affected by salt and water stress. In: *Indian Journal of Agricultural Sciences.* 2015, vol. 85, nr. 1, pp. 102-108. ISSN 0019-5022.
 303. WALTERS, D., RATSEP, J., HAVIS, N. Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future In: *Journal of Experimental Botany.* 2013, vol. 64, nr. 5, pp. 1263-1280. ISSN 1460-2431. Disponibil: DOI: 10.1093/jxb/ert026.
 304. WANG, E. et al. The uncertainty of crop yield projections is reduced by improved temperature response functions. In: *Nature Plants.* 2017, vol. 3, nr. 8, pp. 1-11. ISSN 2055-0278. Disponibil: DOI: 10.1038/nplants.2017.102.
 305. WANG, J. et al. Identification of wheat stress responding genes and TaPR-1-1 function by screening a cDNA yeast library prepared following abiotic stress. In: *Scientific Reports.* 2019, vol. 9, nr. 141, pp. 1-12. ISSN 2045-2322. Disponibil: DOI: 10.1038/s41598-018-37859-y.
 306. WANG, M., XIA, G. The landscape of molecular mechanisms for salt tolerance in wheat. In: *Crop Journal.* 2018, vol. 6, nr. 1, pp. 42-47. ISSN 2214-5141. Disponibil: DOI: 10.1016/j.cj.2017.09.002.
 307. WANG, X. et al. Drought priming at vegetative growth stages improves tolerance to drought and heat stresses occurring during grain filling in spring wheat. In: *Plant Growth Regul.* 2015, vol. 75, pp. 677-687. ISSN 0167-6903. Disponibil: DOI: 10.1007/s10725-014-9969-x.
 308. WANG, X. et al. Multiple heat priming enhances thermo-tolerance to a later high temperature stress via improving subcellular antioxidant activities in wheat seedling. In: *Plant Physiology and Biochemistry.* 2014, vol. 74, pp. 185-192. ISSN 1873-2690. Disponibil: DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.11.014.

309. WANG, X. et al. Pre-anthesis high temperature acclimation alleviates the negative effects of post-anthesis heat stress on stem stored carbohydrates remobilization and grain starch accumulation in wheat. In: *Journal Cereal Science*. 2012, vol. 55, nr. 3, pp. 331-336. ISSN 1095-9963. Disponibil: DOI: 10.1016/j.jcs.2012.01.004.
310. WANI, SH. et.al. Genetic engineering for cold stress tolerance in crop plants. In: *Advances in Genome Science*. 2016, vol. 4, nr. 1. pp. 173-201. ISSN 2213-6606. Disponibil: DOI: 10.2174/97816810817311160401.
311. WATERWORTH, W., BRAY, C. Seeds and the Art of Genome Maintenance. In: *Front. Plant Sci.* 2019, vol. 10, nr. 706, pp. 1-11. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2019.00706.
312. WHITTAL, A. et al. Allelic variation of vernalization and photoperiod response genes in a diverse set of North American high latitude winter wheat genotypes. *PLOS ONE*. 2018, vol. 13, nr. 8, pp. 1-17. ISSN 1932-6203. Disponibil: DOI: 10.1371/journal.pone.0203068.
313. WOZNIAK, E. et al. Biostimulant mode of action: Impact of biostimulant on whole-plant level. In: Danny GEELLEN and Lin XU, eds. *The chemical biology of plant biostimulants*. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2020, pp. 205-227. ISBN 9781119357254. Disponibil: DOI: 10.1002/9781119357254.ch8.
314. WU, Y. et al. Frost affects grain yield components in winter wheat. N. Z. In: *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2014, vol. 42, nr. 3, pp. 194–204. ISSN 0114-0671. Disponibil: DOI: 10.1080/01140671.2014.887588.
315. XIN, M. et al. Wheat responses and tolerance to high temperature. In: Mirza HASANUZZAMAN, Kamrun NAHAR, Md. Amzad HOSSAIN, eds. *Wheat Production in Changing Environments* [online]. Dordrecht: Springer, 2019 [citat 04.02.2021]. ISBN 978-981-13-6883-7. Disponibil: DOI: 10.1007/978-981-13-6883-7_6.
316. YADAV, S. et al. Effect of abiotic stress on crops. In: Mirza HASANUZZAMAN *et al*, eds. *Sustainable Crop Production*. London, UK: IntechOpen, 2020. pp. 1-21. ISBN 978-1-83880-899-0. DOI: 10.5772/intechopen.88434.
317. YAKHIN, O. et al. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective In: *Front. Plant Sci.* 2017, vol. 26, nr.7, pp. 1-32. ISSN 1664-462X. Disponibil: DOI: 10.3389/fpls.2016.02049.
318. YANG, W. et al. Involvement of ethylene and polyamines biosynthesis and abdominal phloem tissues characters of wheat caryopsis during grain filling under stress conditions. In: *Scientific Reports*. 2017, vol. 7, nr. 1, pp. 1-13. ISSN 2045-2322. Disponibil: DOI: 10.1038/srep46020.

319. YILDIRIM, M. The effect of drying of bread wheat seeds following first water uptake on germination rate. In: *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 2018, vol. 6, nr. 1, pp. 28-33. ISSN 2148-127X. Disponibil: DOI: 10.24925/turjaf.v6i1.28-33.1465.
320. YILDIRIM, M., DURLUPINAR, Z. Effect of three weeks of drying after terminating water uptake at different times on seed germination in some cereals. In: *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology*. 2014, vol. 3, nr. 3, pp. 10-19. ISSN 2347-6435.
321. YU, Q. et al. Year patterns of climate impact on wheat yields. In: *International Journal Climatology*. 2014, vol. 34, nr. 2, pp. 518-528. ISSN 1097-0088. Disponibil: DOI: 10.1002/joc.3704.
322. ZAMPIERI, M. et al. Climate resilience of the top ten wheat producers in the Mediterranean and the Middle East. In: *Regional Environmental Change*. 2020, vol. 20, nr. 41, pp. 1-9. ISSN 1436-378X. Disponibil: DOI: 10.1007/s10113-020-01622-9.
323. ZAMPIERI, M. et al. Estimating resilience of crop production systems: from theory to practice. In: *Sci. Total Environ.* 2020, vol. 735, pp.1-10. ISSN 0048-9697. Disponibil: DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139378.
324. ZHANG, F. et al. The ICE-CBF-COR pathway in cold acclimation and afps in plants. In: *Middle-East Journal Scientific Research*. 2011, vol. 8, nr. 2, pp. 493–498. ISSN 1990-9233.
325. ZHANG, J. et al. Effect of drought on agronomic traits of rice and wheat: a metaanalysis. In: *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2018, vol. 15, nr. 5, pp. 1-14. ISSN 1660-4601. Disponibil: DOI: 10.3390/ijerph15050839.
326. ZHAO, C. et al. Mutational evidence for the critical role of CBF transcription factors in cold acclimation in Arabidopsis. In: *Plant Physiology*. 2016, vol. 171, nr. 4, pp. 2744-2759. ISSN 1532-2548. Disponibil: DOI: 1516518910.1104/pp.16.00533.
327. ZHAO, C., LANG, Z., ZHU, J. Cold responsive gene transcription becomes more complex. In: *Trends Plant Sci.* 2015, vol. 20, nr. 8, pp. 466–468. ISSN 1878-4372. Disponibil: DOI: 10.1016%2Fj.tplants.2015.06.001.
328. ZHAO, Y. et al. Dissecting the genetic architecture of frost tolerance in Central European winter wheat. In: *J. Exp. Bot.* 2013, vol. 64, nr. 14, pp. 4453–4460. ISSN 1460-2431. Disponibil: DOI: 10.1093/jxb/ert259.
329. ZHENG, B. et al. Frost trends and their estimated impact on yield in the australian wheat belt. In: *J. Exp. Bot.* 2015, vol. 66, nr. 12, pp. 3611–3623. ISSN 1460-2431. Disponibil: DOI: 10.1093/jxb/erv163.

330. ZHENG, D. et al. Tolerance of different winter wheat cultivars to prolonged freezing injury at their critical temperatures. In: *Crop Science*. 2018, vol.58, nr. 4, pp. 1740-1750. Disponibil: DOI: 10.2135/cropsci2018.01.0014.
331. ZHENG, Y., YUN-JOO, Y. ABA conjugated and their physiological roles in plant cells. In: *Abscisic acid: Metabolism, Transport and Signaling*. Dordrecht: Springer, 2014, pp. 77-87. ISBN 978-94-017-9424-4.
332. ZOSIM, L., BULIMAGA, V., TROFIM, A. Efectul unor biostimulatori cianobacterieni asupra germinării semințelor și creșterii plantulelor de *Mentha spicata* L. In: *Studia Universitatis Moldoviae*. 2021, vol. 141, nr. 1, pp. 104-115. ISSN 1814-3237. Disponibil: DOI: 10.5281/zenodo.4980518
333. ZROBEK-SOKOLNIK, A. Temperature stress and responses of plants. In: Parvaiz AHMAD and M.N.V. PRASAD, eds. *Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change*. New York, NY: Springer, 2012. pp. 113–134. ISBN 978-1-4614-0815-4.
334. АЛЕКСЕЙЧУК, Г. *Сила роста семян зерновых культур и ее оценка методом ускоренного старения*. Минск: Право и экономика, 2009. 44 с. ISBN 978-985-442-647-1.
335. ГЕНКЕЛЬ П. А. *Физиология жаро – и засухоустойчивости растений*. Москва: Наука, 1982. 280 с.
336. ГОСТ 27839-2013. Методы определения количества и качества клейковины. Введ. 2014-07-01. В: *Мука пшеничная*. Москва: Стандартинформ, 2014. 22 с.
337. ГОСТ ISO 5529-2013. Определение показателя седиментации по методу Зелени. Введ. 2014-07-01. В: *Пшеница*. М.: Стандартинформ, 2014. 7 с.
338. ГОСТ-10842-89. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. Введ. 1991-07-01. В: *Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур*. М.: Стандартинформ, 2009. 4 с.
339. ДАНИЛОВ, А. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество продукции зерновых культур В: *Вестник марийского государственного университета. Сер..* 2017, № 1, с. 28-32. ISSN 2411-9687
340. ЖЕЛЕВ, Н., ДАСКАЛЮК, А. Влияние природного регулятора роста *Реглалг* на устойчивость растений озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к низким экстремальным температурам. В: *Журнал Агрохимия*. 2019, № 6, с. 34-43. ISSN 0002-1881. Disponibil: DOI: 10.1134/S0002188119040136.

341. ЖЕЛЕВ, Н., ДАСКАЛЮК, А., ЖЕЛЕВ, Д. Ускоренная оценка устойчивости генотипов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к отрицательным температурам. В: *Агрофизика*. 2020, № 4, с. 27-32. ISSN 2222-0666.
342. ЖЕЛЕВ, Н., и др. Сравнительная оценка первичной устойчивости генотипов пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к положительным и отрицательным температурам. În: *Buletinul AŞM, Ştiinţele vieţii*. 2018, vol. 334, № 1, pp. 61-70. ISSN 1857-064X.
343. КАЛИНИНА, А. и др. Влияние внешних факторов на рост зародышевых корней проростков озимой мягкой пшеницы. В: *Аграрный вестник Юго-Востока. Всероссийский научно-практический журнал*. 2017, № 1, с. 21-23. ISSN 2075-4221.
344. КАЛИНИНА, А. и др. Оценка холодостойкости проростков озимой мягкой пшеницы по степени восстановления скорости роста корня. В: *Зерновое хозяйство России*. 2017, № 3, с. 11-14. ISSN 2079-8725.
345. КИРИЧЕНКО Е., ГРИНЮК С. Рострегуляторная активность экстракта водорослей. In: *Biotechnologia Acta*. 2013, vol. 6, nr 5, с.143-149. ISSN 2410-776X.
346. КУДРЯШОВ А. и др. *Физиология растений: лабораторный практикум для студентов биологического факультета*. Минск: БГУ, 2011. 76 с. ISBN 978-985-518-501-8.
347. КУЗЬМИНЫХ А. Н., ПАШКОВА Г. И. Урожайность и качество зерна озимой ржи в зависимости от применения стимуляторов роста В: *Вестник Марийского государственного университета*. 2016, № 1, с. 26–29. ISSN 2411-9687.
348. НОВОСЕЛЬЦЕВ, В.И. и др. *Теоретические основы системного анализа*. Москва: Майор, 2006. 592 с. ISBN 5-98551-022-0.
349. ПОЛЕВОЙ, В. *Физиология растений*. Москва: Высшая школа, 1989. 464 с. ISBN 5-06-001604-8.
350. ПОНОМАРЕВ, В. *Повышение зимостойкости озимой пшеницы*. Москва: 1975, 30 с.
351. ПРУДНИКОВА, Е. Влияние экзогенных фитогормонов на продуктивность озимой и яровой пшеницы. В: *Научно-методический электронный журнал: Концепт*. 2014. том. 20, с. 4531–4535. ISSN 2304-120X.
352. СЕЛЬЕ, Г. *На уровне целого организма*. Москва: Наука, 1990. 212 с.
353. ФЕДУЛОВ, Ю.П., КОТЛЯРОВ, В.В., ДОЦЕНКО, К.А. *Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды*. Краснодар: КубГАУ, 2015. 63 с. ISBN 978-5-94672-882-9.
354. ЧУДИНОВА, Л.А., ОРЛОВА, Н.В. *Физиология устойчивости растений*. Перм: ун-т. Пермь, 2006. 124с. ISBN 5-7944-0653-4.

ANEXE

Anexa 1. Testarea influenței *BS Reglalg* asupra productivității grâului comun de toamnă cultivat pe câmpul experimental al IGFP în anii 2013-2014

Aprob:
Directorul Institutului de Genetică Fiziologie și Protecție a Plantelor
dr.hab.Văsile Botnari

Act

vizând testarea eficacității regulatorului natural de creștere *Reglalg* în urma tratării semințelor grâului comun de toamnă înainte de semănat, cultivat pe câmpul experimental al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecția Plantelor (IGFP), mun. Chișinău în anii 2013-2014.

Noi, subsemnații, membrii comisiei în componență:

A. Dascaluic, președinte, dr.hab., șeful laboratorului de biochimie a plantelor, I. Pailic directorul Bazei Științifice Experimentale, A. Petrovski, agronom, A. Gorea, dr. șt., T. Ralea, dr. șt. N. Jelev, cerc.șt., au întocmit prezentul act care confirmă, că în anul 2014 pe terenul experimental al IGFP, a fost efectuată testarea experimental – tehnologică a regulatorului de creștere *Reglalg* asupra productivității plantelor de grâu comun de toamnă.

S-a constatat că de pe terenul experimental de 842,4 m² cultivat soiul de grâu Moldova 5 tratat cu *Reglalg* s-a obținut o productivitate de 65,8q/ha. De pe terenul martor identic după suprafață s-a obținut respectiv o recoltă 57,3 q/ha. Surplusul recoltei a constituit 8,5q/ha în favoarea plantelor tratate cu regulator de creștere natural *Reglalg*.

18.07.2014.

Președintele comisiei

Membrii comisiei










A. Dascaluic

I. Pailic

A. Petrovski

T. Ralea

N. Jelev

A. Gorea

Anexa 2. Testarea influenței BS *Reglalg* asupra productivității grâului comun de toamnă cultivat pe câmpul Cooperativei Agricole de Producere „Colina Agrară” în anii 2013-2014

Directorul Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor
dr.hab. Vasile Botnari



Aprob:

dr.hab. Vasile Botnari

„ 17 „, septembrie 2014

Act

vizând rezultatele testării eficacității regulatorului natural de creștere *Reglalg*, utilizat pentru tratarea semințelor grâului comun de toamnă, soiul Moldova 5, înainte de semănat. Testarea a fost realizată la Cooperativa Agricolă de Producere „Colina agrară” din satul Rădoia, raionul Sângerei, în anul 2013-2014.

Noi, subsemnații, membrii comisiei în componență:

Președintele dr.hab., **Alexandru Dascaluic**, șeful laboratorului Biochimia Plantelor, cerc.șt. **Natalia Jelev**, pe de o parte, și directorul gospodăriei agricole Domnul **Ion Pânzaru**, pe de altă parte, au întocmit prezentul act care confirmă, că pe terenul SRL „Rădoianul Prim” din satul Rădoia în anul 2013-2014 a fost efectuată testarea experimental – tehnologică a influenței asupra productivității plantelor grâului comun de toamnă, soiul Moldova 5, obținute din semințe tratate cu regulatorul natural de creștere *Reglalg*.

Comisia a constatat că de pe terenul martor cu suprafața de 20 ha s-au recoltat 72 tone de semințe, sau câte 3,6 t/ha. De pe lotul experimental, cu suprafața totală de 180 ha, s-au obținut 756 tone de semințe, sau câte 4,2 t/ha. Surplusul total a recoltei cauzat de tratarea semințelor înainte de semănat cu preparatul *Reglalg* a constituit 108 tone, sau 0,6 tone de la fiecare hectar.

25.08.2014.

Președintele comisiei

Membrii comisiei



A. Dascaluic

I. Pânzaru

N. Jelev

Anexa 3. Testarea influenței *BS Reglalg* asupra productivității grâului comun de toamnă cultivat pe câmpul experimental al IGFP în anii 2015-2016



Directorul Institutului de Genetică Fiziologie și Protecție a Plantelor
dr.hab.Vasile Botnari

Aprob:

Act

care vizează testarea eficacității regulatorului natural de creștere *Reglalg* în urma tratării semințelor grâului comun de toamnă înainte de semănat, cultivat pe câmpul experimental al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecția Plantelor (IGFP), mun. Chișinău în anii 2015-2016.

Noi, subsemnații, membrii comisiei în componență:

A. Dascaluic, președinte, dr.hab., șeful laboratorului Biochimia Plantelor, I. Pailic directorul Bazei Științifice Experimentale, A. Petrovski, agronom, A. Gorea, dr. șt., T. Ralea, dr. șt. N. Jeleu, cerc.șt., S. Sprinceană, doctorand am întocmit prezentul act care confirmă, că în anul 2016 pe terenul experimental al IGFP, a fost efectuată testarea experimental – tehnologică a regulatorului de creștere *Reglalg* asupra productivității plantelor de grâu comun de toamnă.

S-a constatat că de pe terenul experimental de 135 m² (câte 45 m² pentru fiecare trei soiuri de grâu - Moldova 5, Cuialnic și Lăutari) din semințele tratate cu *Reglalg* a fost obținută o productivitate potențială, calculată pentru 1 ha, respectiv de 47,8; 57,8 și 56,0 q/ha. De pe terenul martor, identic după suprafață, au fost obținute respectiv 41,2; 50,7 și 50,3 q/ha. Adăușul la recoltă a constituit 6,6; 7,4 și 4,9 q/ha în favoarea plantelor tratate cu regulator de creștere natural *Reglalg*. Recolta a fost predată la depozitul IGFP AȘM.

10.08.2016.

Președintele comisiei

Membrii comisiei

A. Dascaluic

I. Pailic

A. Petrovski

T. Ralea

A. Gorea

N. Jeleu

S. Sprinceană

Anexa 4. Testarea influenței BS *Reglalg* asupra productivității grâului comun de toamnă cultivat în anii 2015-2016 pe câmpul gospodăriei țărănească „Izvoraș” din satul Balabanul, raionul Taraclia

Aprob:
Directorul Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor
dr.hab.Vasile Botnari

„ 10 „, august 2016

Act

care vizează rezultatele testării eficacității regulatorului natural de creștere *Reglalg*, utilizat pentru tratarea plantelor de grâu comun de toamnă, pe vegetație, soiul Cuialnic în faza de formare a paiului. Testarea a fost realizată la gospodăria țărănească "Izvoraș" din satul Balabanu, raionul Taraclia, în anul 2016.

Noi, subsemnații, membrii comisiei în componență:

Președintele dr.hab., **Alexandru Dascaluic**, șeful laboratorului Biochimia Plantelor, dr. în științe agricole, inginer coordonator, transfer tehnologic, **Tiofil Sandu**, cerc.șt. **Natalia Jelev**, doctorand, **Sabina Sprânceană** și doctorandul **Nicolai Platovschii** pe de o parte, președintele gospodăriei țărănești "Izvoraș" din raionul Taraclia, domnul **Dornea Grigore** și agroconsultantul, **Bozbei Ion Ion** pe gospodăriile din raioanele Taraclia și Vulcănești, pe de altă parte, au întocmit prezentul act care confirmă, că pe terenul gospodăriei țărănești "Izvoraș" din satul Balabanu, raionul Taraclia, în anul 2016 a fost efectuată testarea experimental – tehnologică a influenței asupra productivității plantelor grâului comun de toamnă, soiul Cuialnic, obținute din plantele tratate cu regulatorul natural de creștere *Reglalg*.

Comisia a constatat că de pe terenul experimental cu suprafața totală de 10 ha s-au recoltat 42 tone de grâu comun de toamnă, sau 4,2 t/ha, iar de pe parcela martor (suprafața totală de 10 ha) s-au recoltat 37 tone sau 3,7 t/ha. Adăușul la recoltă a constituit 5 tone sau 0,5 tone de la fiecare hectar în favoarea plantelor tratate cu regulator de creștere natural *Reglalg*.

10.08.2016.

Președintele comisiei

Membrii comisiei


A. Dascaluic
T. Sandu
I. Bozbei
N. Jelev
N. Platovschii
S. Sprânceană

Anexa 5. Diplomă de acordare a medaliei Târgului Internațional de Invenții și Idei de Afaceri – Ungheni – România – Moldova INVENT-INVEST 2017



Anexa 6. Caracteristicile statistice pentru figurile din teză

Tabelul 6.1 (Figura 3.6)

Varianta		Δ	CV
30 min	Vdala	1,63	4,22
	Missia	2,99	4,57
	Epoha	3,03	4,08
	Matrix	6,31	5,13
	Odessaia 267	5,06	3,66
	Moldova 11	3,31	1,50
	Moldova 5	3,50	1,55
	Chevalier	3,41	1,42

Tabelul 6.2 (Figura 3.8.)

Varianta	50°C		51°C	
	Δ	CV	Δ	CV
Vdala	4,78	12,37	0	0
Missia	3,21	5,06	4,08	18,74
Epoha	7,63	10,30	3,37	12,37
Matrix	6,07	4,95	7,77	10,03
Odessaia 267	5,16	3,72	7,25	7,21
Moldova 11	7,07	3,31	8,28	4,17
Moldova 5	6,07	2,70	8,28	3,85
Chevalier	7,1	2,96	4,78	2,34

Tabelul 6.3 (Figura 3.8.)

Test Duncan; +50°C							
p - valoare							
Soiul	Vdala - M=15,556	{2} - M=25,559	{3} - M=29,830	{4} - M=49,365	{5} - M=55,714	{6} - M=86,016	{7} - M=90,635
Missia {2}	2,66E-04						
Epoha {3}	8,52E-05	4,74E-02					
Matrix {4}	6,18E-05	8,39E-05	1,59E-04				
Odessaia 267 {5}	3,55E-05	6,18E-05	8,39E-05	5,79E-03			
Moldova 11 {6}	3,29E-05	3,55E-05	6,18E-05	8,39E-05	1,59E-04		
Moldova 5 {7}	2,72E-05	3,29E-05	3,55E-05	6,18E-05	8,39E-05	3,37E-02	
Chevalier {8}	2,49E-05	2,72E-05	3,29E-05	3,55E-05	6,18E-05	1,38E-04	5,79E-03

Tabelul 6.4 (Figura 3.8.)

Test Duncan; +51°C							
p - valoare							
Soiul	Vdala - M=0,0000	{2} - M=8,757	{3} - M=10,948	{4} - M=31,178	{5} - M=40,486	{6} - M=80,000	{7} - M=86,667
Missia {2}	6,35E-04						
Epoha {3}	1,49E-04	2,93E-01					
Matrix {4}	6,18E-05	8,39E-05	1,59E-04				
Odessaia 267 {5}	3,55E-05	6,18E-05	8,39E-05	4,23E-04			
Moldova 11 {6}	3,29E-05	3,55E-05	6,18E-05	8,39E-05	1,59E-04		
Moldova 5 {7}	2,49E-05	2,72E-05	3,29E-05	3,55E-05	6,18E-05	5,93E-03	
Chevalier {8}	2,72E-05	3,29E-05	3,55E-05	6,18E-05	8,39E-05	2,87E-01	4,26E-02

Tabelul 6.5 (Figura 3.10 – 3.11)

Varianta	50°C	
	Δ	CV
Vdala	2,48	1,00
Missia	1,43	0,33
Epoha	2,48	1,00
Auriu 273	3,79	2,33
Odessaia 51	2,48	1,00
Avantaj	3,79	2,33
Kuialnik	2,48	1,00
Capriana	1,43	0,33
Antonovka	2,48	1,00
Matrix	3,79	2,33
Plai	2,48	1,00
Odessaia 267	3,79	2,33
H 333	1,43	0,33
Ephoros	2,48	1,00
Skagen	3,79	2,33
Moldova 11	2,48	1,00
Moldova 5	2,48	1,00
Chevalier	1,43	0,33

Tabelul 6.6 (Figura 3.12)

Linii și soiuri	Δ	CV	Linii și soiuri	Δ	CV
1087	6,21	12,5	466	6,21	3,45
Samurai	6,21	11,1	1108	6,21	3,45
372	6,37	9,09	542	9,33	5,10
857	12,42	12,5	287	6,21	3,33
123	9,33	9,14	29	9,33	5,09
1079	5,78	5,56	Tuluza	3,59	1,84
506	6,54	5,88	21	9,33	4,92
1051	5,91	5,00	Koliciug	9,57	4,78
317	6,90	5,88	1101	9,57	4,92
634	6,06	4,76	Odessaia 267	6,37	3,23
379	9,33	7,01	781	6,37	3,23
1014	6,37	4,76	126	12,42	6,25
140	6,21	4,55	Scajen	6,21	3,13
1169	9,33	6,97	87	6,21	3,13
464	6,06	4,17	48	6,21	3,13
1054	9,11	6,15	471	9,33	4,63
Batico	6,21	4,17	91	12,42	6,25
300	6,06	4,00	Arctic	5,91	2,94
111	6,21	4,00	1150	5,91	2,86
Aktor	9,33	5,91	423	11,83	5,71
83	9,33	6,12	1032	12,42	5,88
1088	6,06	3,85	420	6,21	2,86
594	6,21	3,85	517	6,21	2,86
1013	6,06	3,70	543	6,21	2,70
Sestopal	6,21	3,70	Ovidii	6,21	2,63

Tabelul 6.7 (Figura 3.15)

Soi	Indici	Martor, 25°C		Experiment, +52°C		t-test	p	δ
		Δ	CV	Δ	CV			
Blagodarcă	MER	2,01	9,81	1,17	9,35	15,02	1,15E-04	69,68
	MEL	0,12	0,39	0,04	0,46	39,89	2,37E-10	67,64
	MEP	2,12	4,21	1,22	7,65	34,57	4,18E-06	68,47
	MEE	0,74	1,25	0,95	2,27	34,59	4,18E-06	28,85
	MEN	4,40	3,13	6,59	3,47	15,25	1,08E-04	35,08
Pisanka	MER	1,21	4,37	0,86	8,22	28,40	9,14E-06	62,21
	MEL	1,21	3,51	1,30	7,51	23,67	1,89E-05	49,78
	MEP	0,53	0,85	2,16	7,78	37,45	3,04E-06	55,04
	MEE	1,28	1,79	1,54	2,99	24,46	1,66E-05	27,98
	MEN	12,09	10,6	3,27	1,92	11,08	3,77E-04	49,71
Missia	MER	0,97	3,28	0,95	7,02	28,95	8,48E-06	54,23
	MEL	1,48	4,18	2,22	11,08	14,11	1,47E-04	43,40
	MEP	0,82	1,28	3,18	9,44	22,63	2,26E-05	47,39
	MEE	2,13	3,09	2,16	3,82	9,93	5,79E-04	17,85
	MEN	1,93	1,64	1,04	0,66	43,05	1,74E-06	32,73
Kuialnik	MER	1,30	4,96	0,89	6,54	19,64	3,97E-05	48,17
	MEL	0,94	2,61	0,93	4,57	29,02	8,39E-06	43,52
	MEP	2,25	3,60	1,82	5,36	24,02	1,78E-05	45,48
	MEE	0,74	1,13	1,31	2,85	31,28	6,22E-06	29,44
	MEN	2,31	1,94	2,93	1,75	31,37	6,15E-06	40,03
Moldova11	MER	0,90	3,39	1,74	10,27	12,02	2,74E-04	36,21
	MEL	0,07	0,17	1,24	4,94	31,42	6,12E-06	38,82
	MEP	0,97	1,43	0,50	1,19	57,37	5,53E-07	37,80
	MEE	0,31	0,44	0,35	0,73	117,5	3,15E-08	31,96
	MEN	0,66	0,60	0,27	0,18	164,2	8,26E-09	43,28
Moldova 5	MER	0,06	0,25	0,35	1,81	29,16	8,23E-06	18,01
	MEL	1,35	3,70	0,98	3,55	12,99	2,03E-04	24,26
	MEP	1,40	2,34	4,64	9,52	13,40	1,80E-04	20,62
	MEE	0,47	0,75	1,33	2,54	17,05	6,94E-05	15,85
	MEN	1,16	0,91	4,98	3,34	10,64	4,41E-04	17,51
Moldova 66	MER	0,46	1,69	0,81	3,89	17,58	6,14E-05	24,36
	MEL	2,66	8,52	1,81	6,27	1,71	1,62E-01	7,21
	MEP	3,12	5,33	2,61	5,28	5,37	5,83E-03	15,24
	MEE	1,05	1,73	1,72	3,29	10,14	5,32E-04	13,78
	MEN	3,82	3,00	0,96	0,66	11,02	3,85E-04	13,92

Tabelul 6.8 (Figura 3.16)

Soiul	Martor, 25°C		Experiment, +52°C		p	δ
	Δ	CV	Δ	CV		
Blagodarcă	11,62	5,46	9,37	9,9	4,10E-05	55,7
Pisanka	1,31	0,62	14,44	10,8	1,84E-05	37,1
Missia	1,27	0,52	19,64	13,2	4,38E-04	36,6
Kuialnik	11,28	4,73	15,11	8,2	2,18E-03	22,7
Moldova 11	4,53	1,88	4,25	1,9	1,22E-03	8,6
Moldova 5	7,41	3,10	2,80	1,2	3,99E-02	4,1
Moldova 66	9,94	4,14	9,94	4,2	7,38E-01	1,6

Tabelul 6.9 (Figura 3.17)

Varianta	8 ore		p	δ	16 ore		p	δ
	Δ	CV			Δ	CV		
25°C	2,48	1,0	-	-	2,48	1,0	-	-
-5°C	4,97	2,7	4,93E-05	24,2	3,79	2,4	5,30E-06	34,7
-6°C	5,17	3,1	1,86E-05	32,0	3,29	2,5	1,17E-06	45,9
-7°C	3,79	3,0	1,47E-06	47,8	3,79	4,3	4,45E-07	64,5
-8°C	6,25	7,1	2,17E-06	64,3	5,17	11,4	4,47E-07	81,5

Tabelul 6.10 (Figura 3.18-3.19)

p-valoare	Missia	Blagodarca	Pisanka	Nufic	Moldova 5	Kuialnik	Moldova 79	Moldova 11
Blagodarca	0,01238							
Pisanka	0,00061	0,13938						
Nufic	0,00007	0,00428	0,07997					
Moldova 5	0,00004	0,00007	0,00021	0,00643				
Kuialnik	0,00003	0,00004	0,00015	0,00428	0,76068			
Moldova 79	0,00003	0,00003	0,00004	0,00039	0,15950	0,23185		
Moldova 11	0,00002	0,00003	0,00004	0,00044	0,17179	0,25654	1,00000	
Moldova 66	0,00002	0,00002	0,00003	0,00003	0,00044	0,00073	0,00828	0,00643

Tabelul 6.11 (Figura 3.20)

Soiul	Martor, 25°C		Experiment, -7°C		p	δ
	Δ	CV	Δ	CV		
Missia	0,28	0,79	0,47	2,16	5,49E-19	78,5
Moldova 5	0,28	0,79	0,60	3,50	2,57E-10	58,3
Kuialnik	0,23	0,52	0,60	3,46	3,18E-10	55,2

Tabelul 6.12 (Figura 3.21)

Soiul	Indice	Martor, 25°C		Experiment, -7°C		p	δ
		Δ	CV	Δ	CV		
Missia	L.rădăcinilor	0,34	9,16	0,70	19,7	8,24E-13	75,2
	Î. lăstarului	0,31	7,73	1,17	22,5	2,43E-25	78,9
Moldova 5	L.rădăcinilor	0,31	7,73	0,52	18,0	6,10E-08	57,4
	Î. lăstarului	0,34	9,16	0,51	27,3	3,43E-19	67,7
Kuialnik	L.rădăcinilor	0,33	7,54	0,87	34,3	5,62E-08	54,7
	Î. lăstarului	0,33	7,54	0,57	33,5	8,59E-19	64,8

Tabelul 6.13 (Figura 3.22)

Linii și soiuri	Δ	CV	Linii și soiuri	Δ	CV
140	0,00	0,00	543	5,0	4,00
466	0,00	0,00	1032	9,9	16,00
423	0,00	0,00	1150	9,0	13,22
542	5,0	4,00	517	4,5	3,31
111	5,0	4,00	Scajen	9,9	16,00
1108	7,6	9,33	48	5,0	4,00
506	5,0	4,00	379	4,5	3,31
123	5,0	4,00	1054	5,0	4,00
Batico	9,9	16,00	29	5,0	4,00
Actor	5,0	4,00	87	7,6	9,33
317	5,0	4,00	1014	9,9	16,00
287	9,9	16,00	1087	5,0	4,00
Samurai	9,0	13,22	634	5,0	4,00

1079	5,0	4,00	Koliciuga	5,0	4,00
Arktic	5,0	4,00	83	5,0	4,00
300	10,1	16,66	126	4,5	3,31
1169	5,0	4,00	1101	7,7	9,72
420	5,0	4,00	91	7,6	9,33
594	5,0	4,00	Odessaia 267	5,1	4,16
471	9,9	16,00	Tuluza	6,9	7,71
1051	5,0	4,00	21	5,0	4,00
372	5,0	4,00	1088	9,9	16,00
Sestopal	9,9	16,00	Ovidii	4,5	3,31
464	4,9	3,84	781	4,5	3,31
857	5,0	4,00	1013	5,0	4,00

Tabelul 6.14 (Figura 3.25)

Soi	Indici	Martor, 25°C		Experiment, -7°C		p	δ
		Δ	CV	Δ	CV		
Missia	MER	1,76	5,69	0,26	2,80	3,08E-05	30,5
	MEL	0,12	0,33	0,88	7,21	1,65E-06	35,3
	MEP	1,87	2,85	0,62	2,86	2,70E-06	33,1
	MEE	0,61	0,93	0,48	1,14	7,40E-07	63,7
	MEN	178	1,49	3,28	1,77	6,49E-06	156,1
Blagodarca	MER	1,42	6,94	0,30	3,03	2,41E-04	49,1
	MEL	0,08	0,27	0,58	4,49	9,79E-07	43,4
	MEP	1,50	2,98	0,89	3,86	1,09E-05	45,7
	MEE	0,52	0,88	0,69	1,78	2,19E-06	65,6
	MEN	3,11	2,21	3,18	1,70	5,24E-05	133,4
Pisanka	MER	0,85	3,09	2,20	15,34	6,35E-04	52,1
	MEL	0,85	2,48	3,89	22,71	1,66E-03	49,7
	MEP	1,99	3,18	6,10	19,34	1,12E-03	50,5
	MEE	0,25	0,34	4,40	9,47	5,24E-04	64,2
	MEN	8,55	7,50	3,59	2,17	6,68E-04	144,9
Kuialnik	MER	0,92	3,51	0,63	4,41	4,69E-05	53,9
	MEL	0,67	1,85	0,38	1,89	3,41E-06	55,4
	MEP	1,59	2,55	0,25	0,73	6,97E-06	54,8
	MEE	0,52	0,80	0,50	1,13	9,28E-07	67,8
	MEN	1,64	1,37	0,85	0,50	1,18E-06	142,4
Moldova11	MER	0,63	2,39	3,21	21,49	3,59E-03	56,3
	MEL	0,05	0,12	1,16	6,82	3,61E-06	41,5
	MEP	0,68	1,01	4,36	13,68	1,54E-04	47,3
	MEE	0,22	0,31	3,19	7,34	1,50E-04	62,7
	MEN	0,46	0,42	2,72	1,61	3,38E-06	152,5
Moldova 5	MER	0,04	0,18	0,34	2,58	7,61E-07	55,8
	MEL	0,95	2,62	0,65	3,80	8,23E-06	46,7
	MEP	0,99	1,66	0,99	3,27	3,22E-06	50,3
	MEE	0,33	0,53	0,73	1,68	2,01E-06	69,3
	MEN	0,82	0,64	9,63	5,53	1,08E-03	137,1
Moldova 66	MER	0,33	1,20	0,19	1,43	3,24E-07	47,8
	MEL	1,88	6,03	0,93	5,98	2,10E-04	50,0
	MEP	2,21	3,77	0,74	2,59	2,42E-05	49,0
	MEE	0,75	1,23	0,55	1,38	2,93E-06	66,5
	MEN	2,70	2,12	3,07	1,71	2,36E-05	141,5

Tabelul 6.15 (Figura 3.26)

Soiuri	Martor, 25°C		Experiment, -7°C		δ
	Δ	CV	Δ	CV	
Missia	0,5	0,2	5,2	4,0	44,7
Blagodarca	8,2	3,9	8,4	5,6	30,3
Pisanka	1,3	0,6	14,8	9,2	18,7
Moldova 5	5,2	2,2	8,6	4,9	27,3
Kuialnik	8,0	0,5	1,0	0,2	24,9
Moldova11	3,2	1,3	19,5	11,6	25,5
Moldova 66	12,0	4,9	7,0	4,0	24,5

Tabelul 6.16 (Figura 3.26)

Test Duncan; -7°C, EMS, % p - valoare						
Soiul	Missia, M=52,083	{2} - M=69,980	{3} - M=77,419	{4} - M=59,790	{5} - M=64,404	{6} - M=71,056
Moldova 5 {2}	0,000420					
Kuialnik {3}	0,000040	0,068233				
Blagodarca {4}	0,049910	0,019250	0,000524			
Pisanka {5}	0,005357	0,161783	0,004938	0,219646		
Moldova 66 {6}	0,000281	0,768917	0,098124	0,012239	0,108304	
Moldova 11 {7}	0,001259	0,500716	0,022104	0,059815	0,403335	0,362957

Tabelul 6.17 (Figura 3.28)

Varianta	Biomasa uscată a rădăcinilor primare, g				Biomasa uscată a lăstarului, g			
	Δ	CV	p	δ	Δ	CV	p	δ
Martor	0,0002	1,8	-	-	0,0002	4,7	-	-
Reglalg 1/800	0,0002	2,7	7,05E-02	0	0,0002	6,2	1,00E+00	0
Reglalg 1/600	0,0001	1,1	1,61E-02	5	0,0001	0,8	5,33E-03	6
Reglalg 1/400	0,0004	1,9	5,78E-03	11	0,0001	1,5	4,18E-02	12
Reglalg 1/200	0,0002	2,0	1,02E-03	14	0,0008	1,5	1,14E-02	14

Tabelul 6.18 (Figura 3.31)

Linii și soiuri	Martor		Experiment		p	δ
	Δ	CV	Δ	CV		
372	12,0	29,3	9,5	7,8	3,04E-03	25,5
857	9,6	18,1	9,5	6,6	3,86E-03	15,7
1051	10,0	16,9	6,2	3,9	3,20E-03	14,7
634	9,3	15,0	9,5	5,7	8,58E-03	12,7
140	7,6	11,7	8,4	5,0	4,19E-03	10,1
Actor	6,7	9,2	9,5	5,1	3,27E-02	6,6
1101	6,1	6,8	6,6	2,9	2,66E-02	5,3
543	3,6	3,6	9,5	4,1	1,00E+00	0
Ovidii	3,6	3,6	9,5	4,0	1,00E+00	0

Tabelul 6.19 (Figura 3.32)

Linii și soiuri	Martor		Experiment		p	δ
	Δ	CV	Δ	CV		
140	0	-	0	-	-	-
466	0	-	0	-	-	-
423	6,2	33,3	6,2	11,1	1,83E-03	42,4
Scajen	12,4	10,0	9,5	5,5	6,18E-03	38,3

48	12,4	9,5	6,2	3,6	5,61E-03	33,3
379	9,5	7,1	6,2	3,3	1,38E-03	38,5
1101	9,5	5,4	9,5	4,2	3,04E-03	28,2
Ovidii	7,2	3,6	12,9	5,7	3,44E-02	13,4

Tabelul 6.20 (Figura 4.4, 4.7)

Soiul	Indici	Martor, +25 °C		Experiment, +25 °C		δ
		Δ	CV	Δ	CV	
Kuialnik	Clorofila „a”	0,053	2,96	0,029	1,44	10,4
	Clorofila „b”	0,070	8,26	0,041	4,86	0,7
	Carotinoide	0,040	3,33	0,018	1,51	2,5
Moldova 5	Clorofila „a”	0,006	0,54	0,000	0,03	16,6
	Clorofila „b”	0,010	1,77	0,008	1,20	14,8
	Carotinoide	0,004	0,47	0,001	0,08	17,4
Missia	Clorofila „a”	0,025	2,03	0,004	0,28	4,3
	Clorofila „b”	0,061	10,49	0,007	1,12	4,2
	Carotinoide	0,022	2,52	0,002	0,25	2,2
		Martor, -12 °C		Experiment, -12 °C		
Kuialnik	Clorofila „a”	0,010	0,62	0,005	0,29	12,4
	Clorofila „b”	0,019	2,57	0,007	0,86	1,6
	Carotinoide	0,041	3,58	0,006	0,49	3,1
Moldova 5	Clorofila „a”	0,019	1,98	0,014	1,15	25,3
	Clorofila „b”	0,043	8,12	0,027	4,27	20,9
	Carotinoide	0,013	1,84	0,010	1,26	20,2
Missia	Clorofila „a”	0,011	1,24	0,021	1,89	18,3
	Clorofila „b”	0,024	5,58	0,042	7,52	30,0
	Carotinoide	0,007	1,17	0,011	1,49	19,8
		Martor, +45 °C		Experiment, +45 °C		
Kuialnik	Clorofila „a”	0,02	1,33	0,025	0,25	9,7
	Clorofila „b”	0,035	4,94	0,035	1,63	0,7
	Carotinoide	0,01	0,91	0,005	4,82	14,8
Moldova 5	Clorofila „a”	0,02	2,13	0,025	0,33	19,2
	Clorofila „b”	0,03	6,78	0,040	2,03	20,4
	Carotinoide	0,01	1,68	0,015	7,85	19,2
Missia	Clorofila „a”	0,025	2,39	0,035	1,50	14,2
	Clorofila „b”	0,035	7,37	0,025	3,54	0,01
	Carotinoide	0,01	2,21	0,005	5,31	10,9

Tabelul 6.21 (Figura 4.4)

Test Duncan; Clorofila „a”, s. Kuialnik			
p - valoare			
	Martor, -12 °C, M=,64907	{2} M=,72965	{3} M=,80260
Reglalg, -12 °C {2}	0,000148		
Reglalg, +25 °C {3}	0,000077	0,000289	
Martor, +25 °C {4}	0,000262	0,761924	0,000174
Test Duncan; Clorofila „b”, s. Kuialnik			
	Martor, -12 °C, M=,30226	{2} M=,30703	{3} M=,34361
Reglalg, -12 °C {2}	0,738274		
Reglalg, +25 °C {3}	0,022780	0,034492	
Martor, +25 °C {4}	0,026209	0,037699	0,875375
Test Duncan; Caratinoide, s. Kuialnik			
	Martor, -12 °C, M=,46185	{2} M=,48413	{3} M=,47627

Reglalg, -12 °C {2}	0,064285		
Reglalg, +25 °C {3}	0,185842	0,453464	
Martor, +25 °C {4}	0,036691	0,676202	0,274918
Test Duncan; Clorofila „a”, s. Moldova 5			
	Martor, -12 °C, M=,39623	{2} M=,49656	{3} M=,56349
Reglalg, -12 °C {2}	0,000100		
Reglalg, +25 °C {3}	0,000077	0,000223	
Martor, +25 °C {4}	0,000223	0,011344	0,000100
Test Duncan; Clorofila „b”, s. Moldova 5			
	Martor, -12 °C, M=,21264	{2} - M=,25716	{3} - M=,27215
Reglalg, -12 °C {2}	0,001170		
Reglalg, +25 °C {3}	0,000248	0,120711	
Martor, +25 °C {4}	0,022592	0,047811	0,004503
Test Duncan; Caratinoide, s. Moldova 5			
	Martor, -12 °C, M=,27709	{2} - M=,33299	{3} - M=,37071
Reglalg, -12 °C {2}	0,000100		
Reglalg, +25 °C {3}	0,000077	0,000223	
Martor, +25 °C {4}	0,000223	0,000453	0,000100
Test Duncan; Clorofila „a”, s. Missia			
	Martor, -12 °C, M=,37088	{2} - M=,43864	{3} - M=,50742
Reglalg, -12 °C {2}	0,000223		
Reglalg, +25 °C {3}	0,000077	0,000101	
Martor, +25 °C {4}	0,000100	0,000237	0,005886
Test Duncan; Clorofila „b”, s. Missia			
	Martor, -12 °C, M=,17439	{2} - M=,22671	{3} - M=,24524
Reglalg, -12 °C {2}	0,003847		
Reglalg, +25 °C {3}	0,000919	0,206299	
Martor, +25 °C {4}	0,001958	0,518431	0,470277
Test Duncan; Caratinoide, s. Missia			
	Martor, -12 °C, M=,24814	{2} - M=,29736	{3} - M=,33784
Reglalg, -12 °C {2}	0,000223		
Reglalg, +25 °C {3}	0,000100	0,000226	
Martor, +25 °C {4}	0,000077	0,000101	0,108853

Tabelul 6.22 (Figura 4.7)

Test Duncan; Clorofila „a”, s. Kuialnik			
	Reglalg, +25 °C, M=,80260	{2} - M=,72647	{3} - M=,61359
Martor, +25 °C {2}	0,000356		
Martor, +45 °C {3}	0,000077	0,000106	
Reglalg, +45 °C {4}	0,000101	0,001710	0,001006
Test Duncan; Clorofila „b”, s. Kuialnik			
	Reglalg, +25 °C, M=,34361	{2} - M=,34137	{3} - M=,28535
Martor, +25 °C {2}	0,889910		
Martor, +45 °C {3}	0,008132	0,008826	
Reglalg, +45 °C {4}	0,008548	0,008681	0,907329
Test Duncan; Caratinoide, s. Kuialnik			
	Reglalg, +25 °C, M=,47627	{2} - M=,48845	{3} - M=,41421

Martor, +25 °C {2}	0,141211		
Martor, +45 °C {3}	0,000133	0,000083	
Reglalg, +45 °C {4}	0,924527	0,135409	0,000242
Test Duncan; Clorofila „a”, s. Moldova 5			
	Reglalg, +25 °C, M=,56349	{2} - M=,48314	{3} - M=,35708
Martor, +25 °C {2}	0,000223		
Martor, +45 °C {3}	0,000077	0,000100	
Reglalg, +45 °C {4}	0,000100	0,000223	0,000223
Test Duncan; Clorofila „b”, s. Moldova 5			
	Reglalg, +25°C, M=,27215	{2} - M=,23699	{3} - M=,18304
Martor, +25 °C {2}	0,004559		
Martor, +45 °C {3}	0,000083	0,000487	
Reglalg, +45 °C {4}	0,000609	0,100734	0,003300
Test Duncan; Caratinoide, s. Moldova 5			
	Reglalg, +25 °C, M=,37071	{2} - M=,31589	{3} - M=,23956
Martor, +25 °C {2}	0,000223		
Martor, +45 °C {3}	0,000077	0,000100	
Reglalg, +45 °C {4}	0,000100	0,000223	0,000223
Test Duncan; Clorofila „a”, s. Missia			
	Reglalg, +25 °C, M=,50742	{2} - M=,48640	{3} - M=,34525
Martor, +25 °C {2}	0,027028		
Martor, +45 °C {3}	0,000077	0,000100	
Reglalg, +45 °C {4}	0,000100	0,000223	0,000421
Test Duncan; Clorofila „b”, s. Missia			
	Reglalg, +25 °C, M=,24524	{2} - M=,23544	{3} - M=,17679
Martor, +25 °C {2}	0,440765		
Martor, +45 °C {3}	0,000678	0,001419	
Reglalg, +45 °C {4}	0,000751	0,001662	0,999356
Test Duncan; Caratinoide, s. Missia			
	Reglalg, +25 °C, M=,33784	{2} - M=,34538	{3} - M=,23098
Martor, +25 °C {2}	0,109139		
Martor, +45 °C {3}	0,000100	0,000077	
Reglalg, +45 °C {4}	0,000223	0,000100	0,000493

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnata, Jeleu Natalia, declar pe răspundere personal că materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

JELEU Natalia 

06 mai

CURRICULUM VITAE

JELEV Natalia



Cetățenie: MD.

Studii

2003-2006	Institutul de Fiziologie al AȘM, studii doctorale
2001-2003; 1992-1995 1981-1991	Universitatea de Stat din Tiraspol, facultatea biologie și chimie Școala medie din satul Mândrești, raionul Telenеști
2010-prezent	cercetător științific, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor
2006-2010	cercetător științific stagiar, Institutul de Genetică și Fiziologie a Plantelor
2003-2006	doctorand, Institutul de Fiziologie al AȘM
1996-2003	Fiziolog, Institutul de Fiziologie al AȘM

Competențe dobândite la locul de muncă

- specialist în fiziologia plantelor
- metode de diferențiere a genotipurilor de grâu după rezistența lor la ger și arșiță;
- procedee de optimizare a rezistenței genotipurilor la stresul termic cu substanțe biologice active;
- determinarea dozelor optime de tratare a semințelor cu SBA pentru aplicarea eficientă a acesteia, sporind rezistența și productivitatea plantelor cultivate;
- implementarea cercetării științifice independente cu aplicarea metodelor moderne de studiu;
- selectarea genotipurilor după parametri fizici, fiziologici și biochimici pentru crearea de noi soiuri de grâu cu potențial ridicat de producție și calitate;
- metode statistice de prelucrare a datelor.

Proiecte

proiecte fundamentale:

2020-2023	proiect 20.80009.7007.07 – Determinarea parametrilor ce caracterizează rezistența plantelor cu nivel diferit de organizare la acțiunea temperaturilor extreme în scopul diminuării efectelor schimbărilor climatice;
2015-2019	proiect 15.817.05.13A - Influența proceselor de inițiere și reglare a transformărilor speciilor reactive de oxigen (SRO) asupra dezvoltării plantelor și rezistenței lor față de factorii de stres abiotic;
2011-2014	proiect 11.817.04.05F – Crearea genotipurilor de grâu de toamnă cu rezistență sporită la ger și secetă, productivitate înaltă și calitate a boabelor;
2006-2010	Evidențierea legăturilor interacțiunii nivelurilor de rezistență la gerurile și secetele extreme cu calitatea înaltă de panificație a boabelor grâului comun de toamnă (<i>T. aestivum</i> L.) în scopul asigurării securității alimentare;

2001-2005

Obținerea SBA “Fitostim” din deșeurile provenite de la producerea berii și din rebutul cerealiilor, cercetarea și implementarea lui în practica agricolă.

proiecte internaționale

2008-2009

CRDF Minigrant project number 9100 Implementation of *Rhodiola rosea* in Moldovan agriculture for medicinal use.

Lucrări științifice publicate:

Rezultatele științifice sunt publicate în peste 23 lucrări științifice, inclusiv:

- 4 articole în diferite reviste științifice internaționale,
- 7 articole în reviste naționale de profil categoria B,
- 3 articole în culegeri științifice naționale/internaționale,
- 8 materiale/teze la conferințe/simpozioane științifice internaționale și naționale
- 1 brevet de invenție

Articole științifice în reviste internaționale

1. ЖЕЛЕВ, Н., ДАСКАЛЮК, А. Влияние природного регулятора роста *Реглалг* на устойчивость растений озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к низким экстремальным температурам. В: *Журнал Агрохимия*. 2019, 6, 34-43. ISSN: 0002-1881 DOI: [10.1134/S0002188119040136](https://doi.org/10.1134/S0002188119040136) (IF: 0,621).
2. DASCALIUC, A., JELEV, N. The influence of biostimulant *Reglalg* on wheat plants resistance to frost. In: *Acta Scientific Agriculture*. 2019, vol. 3, nr. 10. p. 105-108. ISSN: 2581-365X.
3. ЖЕЛЕВ, Н., ДАСКАЛЮК, А., ЖЕЛЕВ, Д. Ускоренная оценка устойчивости генотипов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к отрицательным температурам. В: *Журнал Агрофизика*. 2020, № 4., с. 27-32. ISSN 2222-0666. DOI: 10.25695/AGRPH.2020.04.05. <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=44365366>
4. DASCALIUC, A., ZDIORUK, N., RALEA, T., JELEV, N., PARII, Ya., PARII, Yu. Influence of the conditions of seeds reproduction on wheat genotypes primary resistance to positive or negative temperatures. In: *The bulletin of Kharkiv national agrarian university. Series biology*. 2021, vol. 53, nr. 2, pp. 61-70. ISSN 1992-4917. <https://doi.org/10.35550/vbio2021.02.061>

În reviste din Registrul National al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

Categoria B

1. JELEV, N. Influența șocului termic asupra ratei substanțelor de rezervă alocate de semințele de grâu pentru germinare și creștere. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2021, vol. 343, nr.1, pp. 60-69. ISSN 1857-064X. <https://doi.org/10.52388/1857-064X.2021.1.08> (Cat. B)
2. JELEV, N., DASCALIUC, A. Utilizarea biostimulatorilor în cercetările științifice și în practica agricolă. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2018, vol. 336, nr. 3, pp. 22-35. ISSN 1857-064X.
3. DASCALIUC, A., VOINEAC, V., RALEA, T., JELEV, N. The influence of biostimulant *Reglalg* on plants resistance to abiotic and biotic stress factors. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științele vieții*. 2018, vol. 336, nr. 3, pp. 76-82. ISSN 1857-064X.
4. ЖЕЛЕВ, Н., ДАСКАЛЮК, АЛ., РАЛЯ, Т., ЗДИОРУК, Н., ОБОЗНЫЙ, АЛ., ПАРИЙ, ЮЛ., Парий, Я. Сравнительная оценка первичной устойчивости генотипов пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к положительным и отрицательным температурам. In: *Buletinul*

Academiei de Științe a Moldovei, Științele vieții. 2018, vol. 334, nr. 1, pp.61-70. ISSN 1857-064X

5. JELEV, N. Diminuarea impactului factorilor de stres abiotic asupra plantelor de *Triticum aestivum* L. prin utilizarea regulatorului natural de creștere Reglalg. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științele vieții*. 2016, vol. 330, nr. 3, pp.72-79. ISSN 1857-064X.
6. JELEV, N., ZDIORUK, N., RALEA, T., GOREA, A., DASCALIUC, A., Aprecierea accelerată a termotoleranței genotipurilor de grâu în baza specificului influenței șocului termic asupra germinării semințelor. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științele vieții*. 2015, vol. 327, nr 3, pp.60-66. ISSN 1857-064X
7. JELEV, N., ZDIORUK, N., RALEA, T., DASCALIUC, A. Particularitățile germinării semințelor de *Triticum Aestivum* L. expuse șocului. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științele vieții*. 2015, vol. 327, nr 3, pp.50-60. ISSN 1857-064X

Apartenența la societăți: Societatea de Biochimie și Biologia Moleculară din Moldova asociată la Federația Societăților Europene de Biochimie (FEBS)

**Cunoașterea limbilor: limba română – limba maternă, limba engleză – bine,
limba franceză – bine, limba rusă – bine.**

Date de contact:

Mun. Chișinău,
str. Pădurii 20
tel.
mob.+37378242877
jelevnn@yahoo.com