

UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA

ȘCOALA DOCTORALĂ ȘTIINȚE ALE NATURII

Consortiu: Universitatea de Stat din Moldova, Institutul de Dezvoltare a Societății
Informaționale, Universitatea de Stat „Bogdan Petriceicu Hasdeu” din Cahul

Cu titlu de manuscris

C.Z.U: 575.22:582:633.853.74(043.3)

MOGÎLDA ANATOLII

**STUDIUL CARACTERELOR MORFO-BIOLOGICE
VALOROASE LA MOSTRELE DIN COLECȚIA DE SUSAN ȘI
ELABORAREA UNOR PROCEDEE DE LĂRGIRE A
SPECTRULUI VARIABILITĂȚII GENETICE**

162.01. GENETICĂ VEGETALĂ

Teză de doctor în științe biologice

Conducător științific:



GANEA Anatolie,
doctor în științe biologice,
conferențiar cercetător

Autor:



MOGÎLDA Anatolie

Chișinău 2025

©Mogîlda Anatolii, 2025

CUPRINS

ADNOTARE (română, rusă, engleză).....	5
LISTA TABELELOR ȘI FIGURILOR	8
LISTA ABREVIERILOR	12
INTRODUCERE	13
1. STUDII ALE CARACTERELOR MORFO-BIOLOGICE LA SPECIA SESAMUM INDICUM L	21
1.1. Cercetări biologice asupra speciei.....	21
1.2. Diversitatea genetică și utilizarea resurselor genetice vegetale.....	26
1.3. Rezistența susanului la factorii abiotici și biotici nefavorabili.....	36
1.4. Concluzii la capitolul 1.....	45
2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE	47
2.1. Materialul biologic de studiu.....	47
2.2. Caracteristica factorilor climatici în perioada cercerărilor.....	48
2.3. Metode de cercetare.....	50
2.4. Analiza statistică a datelor.....	56
2.5. Concluzii la capitolul 2.....	57
3. EVALUAREA GENOTIPURILOR DIN COLECȚIA DE SUSAN DUPĂ UNELE CARACTERE MORFO-BIOLOGICE	59
3.1. Studiul materialului genetic din colecția de susan în raport cu durata perioadei de vegetație și variabilitatea fenotipică a caracterelor cantitative.....	59
3.2. Aprecierea mostrelor colecției de susan pe baza analizei varianței.....	67
3.2.1. Contribuția factorilor genotip x anul de cultivare în baza caracterelor cantitative la genotipurile de susan precoce.....	68
3.2.2. Contribuția factorilor genotip x anul de cultivare în baza caracterelor cantitative la genotipurile de susan mediu precoce.....	70
3.2.3. Contribuția factorilor genotip x anul de cultivare în baza caracterelor cantitative la genotipurile de susan mediu tardive.....	71
3.2.4. Contribuția factorilor genotip x anul de cultivare în baza caracterelor cantitative la genotipuri de susan tardive.....	72
3.3. Evaluarea variabilității genetice la parametrii cantitativi ai genotipurilor din cadrul colecției de susan precoce – tardive.....	73
3.4. Diversitatea conținutului de ulei în semințe la genotipurile de susan.....	76
3.5. Concluzii la capitolul 3.....	78
4. INFLUENȚA UNOR FACTORI ABIOTICI ȘI BIOTICI ASUPRA PRODUCTIVITĂȚII SUSANULUI	80
4.1. Rezistența genotipurilor de susan la temperaturi joase și deficitul hidric.....	80
4.2. Variabilitatea germoplasmei de susan sub influența agenților patogeni.....	88
4.2.1. Reacția la filtratul de cultură <i>Alternaria alternata</i>	88
4.2.2. Reacția la filtratul de cultură <i>Fusarium oxysporum</i>	93
4.2.3. Reacția la filtratul de cultură <i>Fusarium solani</i>	96
4.3. Aplicarea metodelor genetico – moleculare pentru identificarea patogenilor din genurile <i>Fusarium spp</i> , <i>Alternaria spp</i> și speciei <i>Myrothecium roridum</i>	100
4.3.1. Identificarea genetico – moleculară a semințelor de susan la patogeni din	

genul <i>Alternaria</i>	101
4.3.2. Identificarea genetico – moleculară a semințelor de susan la patogeni din genul <i>Fusarium</i>	102
4.3.3. Identificarea genetico – moleculară a patogenilor din genul <i>Alternaria</i> în frunzele de susan.....	102
4.3.4. Identificarea genetico – moleculară a patogenilor din genul <i>Fusarium</i> în frunzele de susan.....	103
4.3.5. Identificare genetico – moleculară a patogenului <i>Myrothecium roridum</i> în semințele și frunzele de susan.....	108
4.5. Concluzii la capitolul 4.....	109
5. MUTAGENEZA INDUSĂ CA METODĂ DE EXTINDERE A SPECTRULUI DE VARIABILITATE GENETICĂ LA SUSAN.....	111
5.1. Studiul materialului genetic obținut prin mutagenză indusă în raport cu durata perioadei de vegetație și analiza variabilității caracterelor cantitative în generațiile M ₁ – M ₄	111
5.2. Analiza varianței în variabilitatea caracterelor cantitative în generațiile M ₁ – M ₄ la susan.....	118
5.3. Variabilitatea dispersională a caracterelor cantitative la formele mutante de susan.....	120
5.4. Evaluarea variabilității genetice a caracterelor cantitative la formele mutante de susan din generațiile M ₁ – M ₄	121
5.5. Concluzii la capitolul 5.....	123
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI.....	125
BIBLIOGRAFIE.....	128
ANEXE.....	151
DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII.....	185
CURRICULUM VITAE.....	186

Adnotare

Mogîlda Anatolii, “Studiul caracterelor morfo-biologice valoroase la mostrele din colecția de susan și elaborarea unor procedee de lărgire a spectrului variabilității genetice”, teză de doctor în științe biologice, Chișinău, 2025

Structura tezei: Introducere, 5 capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 249 de titluri, 33 anexe, 124 de pagini text de bază, 54 de figuri, 20 tabele, declarație de proprie răspundere, CV. Rezultatele cercetării au fost publicate în 25 lucrări științifice.

Cuvintele cheie: Susan, colecție, mutageneza indusă, caractere cantitative și calitative, genotip, abiotice, biotice, conținut de ulei, *nested*-PCR, variabilitate genetică.

Scopul lucrării: Evaluarea germoplasmei de *Sesamum indicum* L. prin analiza caracterelor morfobiologice, variabilității însușirilor cantitative și calitative, rezistenței la factorii abiotici și biotici, obținerea prin utilizarea razelor gama a formelor mutante ca donatori de gene valoroase în ameliorarea speciei.

Obiectivele cercetării: Studiarea parametrilor cantitativi și calitativi la susan repartizați pe baza indicelui precocității prin analiza clusteriană de repartitie a genotipurilor; aprecierea genotipurilor colecției de susan prin determinarea contribuției factorilor (*genotip x an de cultivare*) pe baza caracterelor cantitative; evaluarea variabilității și a parametrilor genetici ai caracterelor cantitative la genotipurile de susan, pentru toate grupele de precocitate; aprecierea mostrelor colecției de susan după rezistența la factorii abiotici și biotici; evaluarea variabilității și determinarea contribuției factorilor *genotip și generație* la caracterele cantitative ale formelor mutante de susan în M₁-M₄; estimarea variației fenotipice și genotipice la caracterele de productivitate la descendenții M₁-M₄.

Noutatea și originalitatea științifică: Pentru prima dată în Republica Moldova au fost elaborate și experimental argumentate procedeele de evaluare a variabilității caracterelor morfologice, biologice și de productivitate, inclusiv determinarea conținutului de ulei în semințe, rezistenței la temperatura joasă pozitivă, stresul hidric și unii agenți patogeni din colecția de susan de diferită proveniență eco-geografică. A fost demonstrată posibilitatea utilizării factorilor mutageni fizici (raze gama) pentru sporirea variabilității genetice.

Rezultatele obținute constau în: Justificarea științifică esențială pentru identificarea germoplasmei valoroase la susan, bazate pe studiul caracterelor cantitative și calitative, rezistenței la factorii abiotici și biotici stresogeni, precum și în obținerea de forme mutante noi prin mutageneza indusă, pentru utilizarea lor în programele de ameliorare.

Semnificația teoretică: Investigarea legăturilor corelative ale caracterelor morfologice, de productivitate și rezistența la factorii nefavorabili ambientali, pe de o parte, și spectrul variabilității genetice, pe de altă parte, lărgeste cunoștințele teoretice în domeniul geneticii, adaptării și rezistenței plantelor și poate servi ca bază științifică pentru elaborarea programelor de diagnosticare și control al toleranței, proceselor de creștere, dezvoltare și productivitate.

Valoarea aplicativă: Cultivarele colecției de *Sesamum indicum* L., precum și formele mutante noi obținute prin mutageneza indusă, cu caractere valoroase, sunt utilizate în investigațiile Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor și pot fi recomandate pentru cultivare în zona centrală a Republicii Moldova. Genotipurile colecției de susan cu însușiri distincte au fost introduse în Banca de gene a Republicii Moldova. Rezultatele obținute în teză pot fi incluse în programele naționale cu scopul obținerii de noi soiuri de susan.

Implementarea rezultatelor: Germoplasma colecției de susan, dar și formele mutante obținute prin mutageneza indusă au fost testate experimental și s-au selectat genotipuri promițătoare pentru programele de ameliorare, rezultatele au fost expuse în cadrul conferințelor științifice la nivel național și internațional, publicate în reviste științifice.

Аннотация

Могылда Анатолий «Изучение ценных морфобиологических признаков образцов из коллекции кунжута и разработка методов расширения спектра генетической изменчивости», диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук, Кишинев, 2025.

Структура диссертации: Введение, 5 глав, общие выводы и рекомендации, библиография из 249 источников, 33 приложений, 124 страниц основного текста, 54 рисунка, 20 таблиц, заявление о личной ответственности, CV. По результатам исследований опубликовано 25 научных работ.

Ключевые слова: Кунжут, коллекция, индуцированный мутагенез, количественные и качественные признаки, генотип, абиотический, биотический, содержание масла, *нестед*-ПЦР, генетическая изменчивость.

Цель работы: Оценка генофонда *Sesamum indicum* L. с помощью анализа морфобиологических признаков, изменчивости количественных и качественных характеристик, устойчивости к абиотическим и биотическим факторам; получение мутантных форм с использованием гамма-лучей как доноров ценных генов для улучшения вида.

Задачи исследования: Изучение количественных и качественных параметров генотипов кунжута, распределенных по индексу раннеспелости с помощью кластерного анализа; оценка коллекции кунжута путем определения вклада факторов (*генотип × год выращивания*) на основе количественных признаков; оценка изменчивости и генетических параметров количественных признаков у генотипов кунжута для всех групп раннеспелости; оценка образцов коллекции кунжута по устойчивости к абиотическим и биотическим факторам; оценка изменчивости и определение вклада факторов *генотип* и *поколение* количественным признакам мутантных форм кунжута в М₁-М₄; оценка фенотипической и генотипической изменчивости по продуктивным признакам генераций М₁-М₄.

Научная новизна и оригинальность: Впервые в Республике Молдова были разработаны и экспериментально обоснованы методы оценки изменчивости морфологических, биологических и хозяйственно-ценных признаков, в том числе, определение содержания масла в семенах, устойчивости к низким положительным температурам, водному стрессу и некоторым патогенам образцов из коллекции кунжута различного эколого-географического происхождения. Продемонстрирована возможность использования физических мутагенов (гамма-лучей) для повышения генетической изменчивости.

Полученные результаты заключаются в научном обосновании необходимости идентификации ценной гермоплазмы кунжута на основе исследований количественных и качественных признаков, устойчивости к абиотическим и биотическим стрессовым факторам среды, а также получение новых мутантных форм с помощью индуцированного мутагенеза для использования в селекционных программах.

Теоретическая значимость: Исследование сопряженности морфологических признаков, элементов продуктивности и устойчивости к неблагоприятным факторам среды, с одной стороны, и спектра генетической изменчивости, с другой, расширяет теоретические знания в области генетики растений, адаптации и устойчивости и может служить научной основой для разработки программ диагностики и контроля толерантности, процессов роста, развития и продуктивности.

Прикладное значение: Сорты коллекции *Sesamum indicum* L., а также новые мутантные формы, полученные методом индуцированного мутагенеза, обладающие ценными признаками, используются в исследованиях Института генетики, физиологии и защиты растений и могут быть рекомендованы для выращивания на территории Республики Молдова. Генотипы коллекции кунжута с отличительными признаками были включены в состав активной коллекции Ген банка Республики Молдова. Результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть включены в национальные программы с целью получения новых сортов кунжута.

Внедрение результатов: Зародышевая плазма коллекции кунжута а так же мутантные формы, полученные методом индуцированного мутагенеза, протестированы экспериментально и отобраны перспективные генотипы для селекционных программ, результаты были представлены на научных конференциях национального и международного уровня и опубликованы в научных журналах.

Annotation

Mogîlda Anatolii, “Study of valuable morpho-biological traits in samples from the sesame collection and development of methods for expanding the genetic variability spectrum”, PhD thesis in biological sciences, Chisinau, 2025.

Structure of the thesis: Introduction, 5 chapters, general conclusions and recommendations, bibliography of 249 titles, 33 annexes, 124 pages of main text, 54 figures, 20 tables, declaration of personal responsibility, CV. The research results were published in 25 scientific papers.

Keywords: Sesame, collection, induced mutagenesis, quantitative and qualitative traits, genotype, abiotic, biotic, oil content, nested-PCR, genetic variability.

Research purpose: Evaluation of the germplasm of *Sesamum indicum* L. through the analysis of morphobiological traits, variability of quantitative and qualitative properties, resistance to abiotic and biotic factors, and the generation of mutant forms using gamma rays as donors of valuable genes for species improvement.

Research objectives: Studying the quantitative and qualitative parameters of sesame belonging to different precocity groups through cluster analysis of genotype distribution; evaluating the collection sesame genotypes by determining the contribution of factors (*genotype* × *year of cultivation*) based on quantitative traits; evaluating the variability and genetic parameters of quantitative traits in sesame genotypes across all precocity groups; evaluating the collection samples for resistance to abiotic and biotic factors; evaluating variability and determining the contribution of genotype and generation factors to the quantitative traits of mutant sesame forms in M₁-M₄; estimating phenotypic and genotypic variation for productivity traits in the M₁-M₄ descendants.

Scientific novelty and originality: For the first time in the Republic of Moldova, methods for evaluating the variability of morphological, biological, and productivity traits have been developed and experimentally validated, including determining oil content in seeds, resistance to low positive temperatures, water stress, and certain pathogens from a sesame collection originating of different eco-geographical regions. The possibility of using physical mutagenic factors (gamma rays) to induce genetic variability has been demonstrated.

The obtained results consist of providing essential scientific justification for identifying valuable sesame germplasm based on the study of quantitative and qualitative traits, resistance to abiotic and biotic stress factors, as well as the creation of new mutant forms through induced mutagenesis for use in breeding programs.

Theoretical significance: Investigating the correlations between morphological traits, productivity, and resistance to unfavorable environmental factors, on the one hand, and the spectrum of genetic variability, on the other, expands theoretical knowledge in the fields of plant genetics, adaptation, and resistance. It can serve as a scientific basis for the development of diagnostic and control programs for tolerance, growth, development, and productivity processes.

Applicative value: The cultivars from the *Sesamum indicum* L. collection, as well as the new mutant forms obtained through induced mutagenesis with valuable traits, are used in research at the Institute of Genetics, Physiology, and Plant Protection, and can be recommended for cultivation in the central region of the Republic of Moldova. Valuable sesame genotypes from the collection with distinct traits have been introduced into the Gene Bank of the Republic of Moldova. The results obtained in the thesis can be incorporated into national breeding programs aimed at obtaining new sesame varieties.

Implementation of results: The germplasm of the sesame collection, as well as the mutant forms obtained through induced mutagenesis, has been experimentally tested, and promising genotypes have been selected for breeding programs. The results were presented at national and international scientific conferences and published in scientific journals.

Lista tabelelor

Tabelul 2.1.	Genotipurile colecției de <i>Sesamum indicum</i> L.....	47
Tabelul 2.2.	Formele mutante de <i>Sesamum indicum</i> L.....	48
Tabelul 2.3.	Regimul termic ($^{\circ}\text{C}$) și pluviometric (mm) pentru perioada de vegetație a susanului în anii 2019-2021	49
Tabelul 2.4.	Particularitățile primerilor utilizați pentru identificarea prin nested-PCR a fungilor patogeni.....	53
Tabelul 3.1.	Distribuirea soiurilor și liniilor de susan pe baza precocității, în zile de vegetație (2019-2021).....	60
Tabelul 3.2.	Contribuția factorilor în variabilitatea caracterelor cantitative la genotipurile de susan precoce în anii 2019-2021 (%)......	69
Tabelul 3.3.	Corelarea contribuțiilor factoriale la genotipurile precoce pentru caracterele investigate.....	69
Tabelul 3.4.	Contribuția factorilor în variabilitatea caracterelor cantitative la genotipurile de susan mediu precoce în anii 2019-2021 (%)......	70
Tabelul 3.5.	Corelarea contribuțiilor factoriale la genotipurile mediu precoce pentru caracterele investigate.....	71
Tabelul 3.6.	Contribuția factorilor în variabilitatea caracterelor cantitative la genotipurile de susan mediu tardive în anii 2019-2021 (%)......	71
Tabelul 3.7.	Corelarea contribuțiilor factoriale la genotipurile mediu tardive pentru caracterele investigate.....	72
Tabelul 3.8.	Contribuția factorilor în variabilitatea caracterelor cantitative la genotipurile de susan tardive în anii 2019-2021 (%)......	72
Tabelul 3.9.	Corelarea contribuțiilor factoriale la genotipurile tardive pentru caracterele investigate.....	73
Tabelul 3.10.	Estimarea variabilității și parametrilor genetici la caracterele de productivitate în anii 2019 – 2021 la genotipurile precoce de susan.....	74
Tabelul 3.11.	Estimarea variabilității și parametrilor genetici la caracterele de productivitate în anii 2019 – 2021 la genotipurile mediu precoce de susan.....	74
Tabelul 3.12.	Estimarea variabilității și parametrilor genetici la caracterele de productivitate în anii 2019 – 2021 la genotipurile mediu tardive de susan.....	75
Tabelul 3.13.	Estimarea variabilității și parametrilor genetici la caracterele de productivitate în anii 2019 – 2021 la genotipurile tardive de susan.....	76
Tabelul 5.1.	Contribuția sursei de variație în generațiile $M_1 - M_4$ asupra variabilității unor caractere cantitative la susan (%)......	119
Tabelul 5.2.	Analiza variației disperse trifactoriale a caracterelor cantitative generațiile $M_1 - M_4$	120
Tabelul 5.3.	Estimarea varianței și parametrilor genetici la caracterele de productivitate la descendenții M_1-M_4 de susan.....	122

Lista figurilor

Figura 2.1.	Genotipurile de <i>Sesamum indicum</i> pe lotul experimental: A) colecția; B) forme mutante.....	50
Figura 2.2.	Simptomele de alternarioză pe frunze (A), fuzarioză pe rădăcini (B) și izolarea patogenilor (C, D) din frunze și rădăcini tumefiate bolnave.....	52
Figura 2.3.	Aspecte microscopice ale fungilor <i>Alternaria alternata</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> și <i>Fusarium solani</i> (300 ^x).....	52
Figura 3.1.	Dendrograma de repartiție a soiurilor și liniilor de susan pe baza precocității (2019-2021).....	61
Figura 3.2.	Repartiția clusteriană a mostrelor de susan precoce pe baza caracterelor cantitative (anii 2019-2021).....	63
Figura 3.3.	Repartiția clusteriană a mostrelor de susan mediu precoce pe baza caracterelor cantitative (anii 2019-2021).....	64
Figura 3.4.	Repartiția clusteriană a mostrelor de susan mediu tardive pe baza caracterelor cantitative (anii 2019-2021).....	66
Figura 3.5.	Repartiția clusteriană a mostrelor de susan tardive pe baza caracterelor cantitative (anii 2019-2021).....	67
Figura 3.6.	Conținutul de ulei în semințele genotipurilor din colecția de susan.....	77
Figura 4.1.	Repartiția genotipurilor de susan conform datelor privind germinația: a) martor; b) temperatură minimă (15 °C).....	81
Figura 4.2.	Repartiția genotipurilor de susan după lungimea rădăcinii: a) martor; b) temperatură minimă (15 °C).....	81
Figura 4.3.	Repartiția genotipurilor de susan după lungimea tulpinii: a) martor; b) temperatură minimă (15 °C).....	82
Figura 4.4.	Repartiția genotipurilor de susan după germinația semințelor: a) martor; b) stresul hidric.....	84
Figura 4.5.	Repartiția genotipurilor de susan după lungimea rădăcinii: a) martor; b) stresul hidric.....	85
Figura 4.6.	Repartiția genotipurilor de susan după lungimea tulpinii: a) martor; b) stresul hidric.....	85
Figura 4.7.	Gradul de afectare a caracteristicilor biologice ale genotipurilor de susan la primele etape de dezvoltare ontogenetică sub influența stresului hidric, %.....	86
Figura 4.8.	Repartiția genotipurilor de susan după germinația semințelor: a) martor b) FC <i>A. alternata</i>	89
Figura 4.9.	Repartiția genotipurilor de susan după lungimea rădăcinii: a) martor; b) FC <i>A. alternata</i>	89
Figura 4.10.	Repartiția genotipurilor de susan după lungimea tulpinii: a) martor; b) FC <i>A. alternata</i>	90
Figura 4.11.	Dependența regresională între lungimea tulpinii și a rădăcinii în reacția plantelor de <i>S. indicum</i> la filtratul de cultură <i>A. alternata</i> : a) martor; b) FC <i>A. Alternata</i>	90

Figura 4.12.	Scanarea multidimensională a genotipurilor de susan în funcție de caracterele de creștere în condiții controlate: a) martor; b) FC <i>A. alternata</i>	91
Figura 4.13.	Repartiția genotipurilor de susan după germinația semințelor: a) martor; b) FC <i>F. oxysporum</i>	93
Figura 4.14.	Repartiția genotipurilor de susan după lungimea rădăcinii: a) martor; b) FC <i>F. oxysporum</i>	94
Figura 4.15.	Repartiția genotipurilor de susan după lungimea tulpinii: a) martor; b) FC <i>F. oxysporum</i>	94
Figura 4.16.	Dependența regresională între lungimea tulpinii și a rădăcinii în reacția plantelor de <i>S. indicum</i> la filtratul de cultură: a) martor; b) FC <i>F. oxysporum</i>	95
Figura 4.17.	Repartiția genotipurilor de susan după germinația semințelor: a) martor; b) FC <i>F. solani</i>	97
Figura 4.18.	Repartiția genotipurilor de susan după lungimea rădăcinii: a) martor; b) FC <i>F. solani</i>	97
Figura 4.19.	Repartiția genotipurilor de susan după lungimea tulpinii: a) martor; b) FC <i>F. solani</i>	98
Figura 4.20.	Dependența regresională între lungimea tulpinii și a rădăcinii în reacția plantelor de <i>S. indicum</i> la filtratul de cultură: a) martor; b) FC <i>F. solani</i>	99
Figura 4.21.	Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din semințele de susan la patogenul <i>Alternaria</i> spp.....	101
Figura 4.22.	Electroferograma produselor nested-PCR a ADN-ului extras din semințele de susan la patogenul <i>A. alternata</i>	101
Figura 4.23.	Electroferograma produselor nested-PCR a ADN-ului extras din semințele de susan la patogenul <i>Fusarium</i> spp.....	102
Figura 4.24.	Electroferograma produselor nested PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan la patogenul <i>A. Alternata</i>	103
Figura 4.25.	Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan la patogenul <i>Alternaria</i> spp.....	103
Figura 4.26.	Electroforograma produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan la patogenul <i>Fusarium</i> spp.....	104
Figura 4.27.	Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan la patogenul <i>F. equiseti</i>	104
Figura 4.28.	Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan la patogenul <i>F. avenaceum</i>	105
Figura 4.29.	Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan la patogenul <i>F. nivale</i>	105
Figura 4.30.	Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan la patogenul <i>F. culmorum</i>	106
Figura 4.31.	Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan la patogenul <i>F. sporotrichioides</i>	106
Figura 4.32.	Electroforograma produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan la patogenul <i>Fusarium</i> spp.....	106

Figura 4.33.	Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan la patogenul <i>F. equiseti</i>)(2022).....	107
Figura 4.34.	Electroforograma produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan la patogenul <i>F. oxysporum</i>	107
Figura 4.35.	Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din semințele de susan la patogenul <i>Myrothecium roridum</i>	108
Figura 4.36.	Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan la patogenul <i>Myrothecium roridum</i>	109
Figura 5.1.	Efectele dozelor de iradiere asupra fazei de vegetație, în raport cu matorul (%).....	112
Figura 5.2.	Influența radiației asupra înălțimii plantei la formele mutante de susan, % față de genotipul recurent.....	113
Figura 5. 3.	Influența radiației asupra lungimii internodului la formele mutante de susan, % față de genotipul recurent.....	114
Figura 5.4.	Influența radiației asupra lungimii capsulei la formele mutante de susan, % față de genotipul recurent.....	115
Figura 5.5.	Influența radiației asupra numărului de capsule per plantă la formele mutante de susan, % față de genotipul recurent.....	116
Figura 5.6.	Influența radiației asupra numărului de semințe per capsulă la formele mutante de susan, % față de genotipul recurent.....	116
Figura 5.7.	Influența radiației asupra masei a 1000 semințe la formele mutante de susan, % față de genotipul recurent.....	117
Figura 5. 8.	Influența radiației asupra productivității per plantă la formele mutante de susan, % față de genotipul recurent.....	118

Lista abrevierilor

IGFPP – Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor

LRGV – Laboratorul *Resurse Genetice Vegetale*

ÎP – înălțimea plantei

LI – lungimea internodului

LC – lungimea capsulei

NCP – numărul de capsule per plantă

NSC – numărul de semințe per capsulă

MMS – masa a 1000 semințe

PP – productivitatea per plantă

QTL – analiza locilor caracterelor cantitative

VG – coeficientul de variație genotipică

VF – coeficientul de variație fenotipică

GEI – (genotip environmental interaction) interacțiunea *genotip x mediu*

CC – colecție de bază

H – eritabilitatea în sens larg

AG – avantaj genetic

SH – stres hidric

M₁ – M₄ – generațiile 1 – 4 induse prin mutageneză

TF – toleranță la frig

FC – filtrat de cultură

x – media aritmetică

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța temei

Susanul (*Sesamum indicum* L., 2n = 26) face parte din familia *Pedaliaceae* și este cunoscut ca „regina semințelor oleaginoase”, fiind una dintre cele mai vechi și importante culturi oleaginoase cunoscute de om. Se cultivă pe suprafețe extinse în întreaga lume, în special în Asia, Africa și America de Sud, și are o valoare economică ridicată datorită conținutului său semnificativ de ulei (48-63%), proteine (16-19%) și carbohidrați (16-18%) [107; 226].

Interesul tot mai mare pentru această cultură se datorează prezenței în semințe a unor compuși valoroși, cum sunt sesamina, sesamolina, sesamolul și tocoferolul, care au proprietăți antioxidante esențiale pentru sănătatea umană [154]. De asemenea, susanul poate fi procesat în diverse produse, cum ar fi uleiul de masă, pasta de susan și produsele de cofetărie, aliment pentru păsări și animale [89]. Aceste produse pot fi consumate întregi, fie crude, fie prăjite, și adesea sunt amestecate cu arahide și migdale, fiind folosite și în diverse delicatese tradiționale, cum sunt ciocolata, înghețata și bomboanele [217]. Uleiul de susan poate fi utilizat în medicină și cosmetice, cât și în fabricarea de vopsele, săpunuri, lubrifianți și solvenți [2]. Compoziția chimică a uleiului de susan este în mare parte determinată de prezența acizilor grași nesaturați, oleic (41%) și linoleic (45%), care nu conțin compuși anti-nutriționali sau toxici [141]. Uleiurile vegetale și grăsimile constituie o componentă importantă a dietei umane, ocupând locul trei după cereale și produsele de origine animală [59].

Uleiul din semințele de susan are efecte calmante pentru afecțiunile toracice, tratează tusea uscată, bolile pulmonare și răceala obișnuită, fiind un agent antiinflamator puternic [94]. Acesta asigură rezistența vaselor sanguine, crește densitatea minerală a oaselor și articulațiilor, și contribuie la promovarea unei pielii sănătoase. De asemenea, este folosit pentru tratarea durerilor de cap, eliminarea gingivitei, tratamentele pentru urechi, calmarea arsurilor și prevenirea afecțiunilor dermatologice [95].

Producția de semințe și ulei de susan variază semnificativ de la o regiune la alta. Deși producția de susan este în continuă creștere în Asia și Africa, în comparație cu țările europene, în aceste țări producția medie de susan pe hectar este considerabil mai mare. De exemplu, în Italia se obțin aproximativ 7,2 tone/hectar. În schimb, unele țări din Africa și Asia, cum ar fi Kenya (aproape 0,4 tone/ha) și Pakistan (aproape 1,2 tone/ha), au un randament mai scăzut [180]. Suprafața cultivată de susan este redusă în numeroase țări, ceea ce se datorează unor factori fundamentali, cum ar fi solurile mai puțin fertile, forța de muncă cu calificare scăzută, lipsa de nutrienți și managementul necorespunzător. Conform datelor FAOSTAT din 2022, la nivel global, susanul a fost cultivat pe o suprafață de aproximativ 12,83 milioane hectare, cu o producție totală de 6,7 milioane tone, înregistrând o creștere semnificativă de aproximativ 37%

față de anul 2012. Din cele 22 de țări principale producătoare de susan, 6 se află în Asia, 13 în Africa și 3 în America Latină (America Centrală și de Sud). Sudan, Nigeria, Tanzania, India și China sunt cei mai mari producători, în timp ce Mali, Bangladesh și Paraguay sunt cei mai mici. Statisticile FAO arată că aceste țări majore reprezintă împreună 92,6% din producția mondială de susan (FAOSTAT, 2024) [248].

Diversitatea genetică joacă un rol esențial în ameliorarea plantelor, inclusiv în cazul susanului, având o importanță deosebită în obținerea unor trăsături dorite, precum rezistența la stres și randamentele ridicate [153]. În ultimele patru decenii, au fost create peste 200 de soiuri îmbunătățite de susan la nivel global, iar ameliorarea modernă se concentrează pe îmbunătățirea calității uleiului, rezistenței la boli și creșterii productivității [60].

Tehnologiile moderne, cum ar fi editarea genomului și reproducerea asistată de genomică, sunt integrate în programele de ameliorare pentru a spori eficiența acestora [54]. Conservarea resurselor genetice este crucială, având în vedere presiunile asupra biodiversității cauzate de schimbările climatice și creșterea populației. Băncile de gene din diverse colțuri ale lumii, inclusiv din India, China și Coreea de Sud, joacă un rol esențial în acest proces [156, 222].

Populațiile locale de susan prezintă deseori amestecuri de forme cu proprietăți mai mult sau mai puțin distincte. În pofida valorii sale nutritive și istoricului îndelungat, cultura are o capacitate scăzută de producție comparativ cu alte culturi oleaginoase, din cauza indicelui său scăzut de recoltare, deteriorării semințelor și creșterii nedeterminate. Crearea și selecția unor noi soiuri îmbunătățite, cu trăsături dorite, poate avea succes doar în cazul utilizării surselor de germoplasmă cu diversitate genetică ridicată, contribuind astfel la creșterea producției, atât la nivel local, cât și global [216].

În acest context, mutageneza indusă reprezintă un instrument esențial pentru obținerea unei variabilități genetice suplimentare la plantele de cultură. Utilizarea pe scară largă a mutantelor induse în programele de ameliorare a condus la dezvoltarea oficială a mai mult de 2700 de soiuri de plante de origine mutantă [189]. Factorii mutageni fizici, în special radiațiile ionizante, sunt frecvent utilizați pentru a induce variabilitatea genetică în diverse specii de culturi, inclusiv în cazul susanului [144].

Mutațiile genetice induse de radiațiile ionizante, cum ar fi razele gama, sunt considerate un instrument important pentru crearea unei diversități suplimentare a trăsăturilor moștenite la plantele de cultură, inclusiv la susan. De exemplu, expunerea semințelor de susan la doze de 100–750 Gy a condus la dezvoltarea unor soiuri noi cu trăsături economice valoroase, cum ar fi precocitatea, productivitatea crescută și un conținut mai mare de ulei [81, 209].

Schimbările climatice, prin modificarea temperaturilor, au un impact semnificativ asupra plantelor, afectând procesele fiziologice și reducând producția agricolă [179; 210]. Totuși,

susanul se cultivă cu succes în diverse condiții pedo-climatice, având recolte bune în climatele tropicale și temperate. Factorii de mediu care afectează creșterea și dezvoltarea susanului pot limita plantele în atingerea potențialului lor maxim și le pot amenința supraviețuirea. Semănăturile acestei culturi sunt adesea afectate de temperaturi joase, stres hidric și bolile fungice cauzate de patogeni precum *Fusarium* și *Alternaria*. Efectele acestor stresori sunt cele mai dăunătoare în primele etape de dezvoltare, reducând atât randamentul, cât și calitatea recoltei [112; 123].

Susanul se încadrează în categoria plantelor sensibile la temperaturi joase pozitive (0 - 15°C), împreună cu culturile precum orezul, porumb, soia, bumbacul și tomatele. Semințele pot germina în condițiile unui spectru larg de temperaturi, însă capacitatea de germinare, de obicei, este redusă [141; 180].

Spre deosebire de alte culturi oleaginoase, susanul este considerat a fi mai tolerant și cu o adaptare mai pronunțată la mediile predispuse la secetă. În comparație cu alte culturi alimentare majore, susanul supraviețuiește mai bine la condițiile de secetă [141]. Cu toate acestea, rămâne deosebit de sensibil la acest stres abiotic care apare în timpul etapelor de germinare, creștere a plantelor, înflorire, coacere, cea ce se resimte prin scăderea numărului de capsule per plantă, productivității semințelor, precum și calității uleiului [151]. În consecință, în majoritatea zonelor aride și semi-aride producția de semințe de susan este în general scăzută (300–400 kg/ha) [63; 141].

La nivel global, bolile reprezintă constrângeri biologice majore pentru producția de susan, fiind responsabile pentru pierderi anuale de aproximativ 7 milioane de tone. Semințele de susan sunt susceptibile la o gamă largă de agenți patogeni. Numeroase microorganisme, în special ciupercile, reprezintă o provocare semnificativă atât pentru producția de susan, cât și pentru păstrarea semințelor [9; 101].

Calitatea și cantitatea de ulei și proteine sunt, de asemenea, afectate negativ de diverși agenți biologici, ceea ce influențează semnificativ produsul final fabricat din semințele de susan sau alte articole. Sănătatea plantei de *Sesamum* este compromisă de diverși fungi care infectează rădăcinile, frunzele și semințele. Fungii semințelor (*Alternaria*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Memnoniella*, *Penicillium* și *Rhizophus* spp.) provoacă deteriorarea acestora în sol înainte de germinare, ceea ce duce la mortalitatea plantelor și la afectarea frunzelor în stadiul adult. Bolile cauzate de semințele infectate sunt cele mai dăunătoare, deoarece reduc vigoarea semințelor și slăbesc planta încă din fazele incipiente de creștere [165].

Printre bolile importante de susan, se numără alternarioza, care afectează frunzele în toate zonele de creștere ale susanului din lume: Kenya, Etiopia, El Salvador, Nigeria, India și SUA. Fungul *Alternaria sesami* produce pete maronii mici, neregulate pe limbul frunzei, care ulterior

formează leziuni alungite. Aceleași simptome pot apărea și pe tulpină și pe semințe. În cazul infecțiilor severe, plantele pot deveni complet defoliate [158]. Este important de menționat că numărul de leziuni produse de *A. sesami* depinde de stadiul de creștere al plantei gazdă. La etapa de plantulă, boala este extrem de devastatoare [103].

Maladia cauzată de *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami* (FOS) infectează rădăcina în sol. Patogenul crește și colonizează vasele xilemului pentru a provoca ofilirea plantei, putând reduce productivitatea de susan cu peste 50%. De asemenea, *Fusarium solani* este una dintre cele mai omniprezente ciuperci ale solului și un agent patogen distructiv pentru sute de gazde, provocând, în principal, putrezirea rădăcinilor și a fructelor. Boala cauzată de sol, o dată observată în câmp, nu poate fi controlată cu ușurință prin niciun mijloc, iar detectarea genotipurilor rezistente este considerată una dintre cele mai eficiente strategii pentru controlul bolilor fungice [63; 133].

Detectarea și diagnosticarea exactă a patogenilor este complicată din cauza lipsei unei taxonomii precise. Factori precum absența caracterelor morfologice clare care separă speciile au condus la definirea unor specii cu denumiri largi, iar variațiile și mutațiile observate în cultură au generat sisteme taxonomice care reflectă slab diversitatea speciilor. Ca urmare a acestei confuzii, există o aplicare inconsecventă a denumirilor de specii la izolatele toxigenice și patogene. Astfel, sunt necesare metode precise pentru detectarea infecțiilor la semințele de susan, pentru a dezvolta strategii robuste de gestionare a patogenilor și a bolii. Monitorizarea microorganismelor patogene din plante poate fi efectuată folosind metode genetico-moleculare, cum ar fi metoda nested PCR pe ADN izolat, care sunt indicative pentru identificarea speciilor fungice din genurile *Fusarium* și *Alternaria* [151; 152].

Studiul realizat a avut ca obiectiv gruparea și evaluarea genotipurilor de susan din colecție, pe baza precocității, precum și identificarea formelor cu cea mai mare valoare, în funcție de unele caractere cantitative, calitative, adaptate la diverși factori climatici. O atenție deosebită a fost acordată identificării genotipurilor cu toleranță ridicată la temperaturile scăzute pozitive, stresul hidric și atacul agenților patogeni *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* și *Fusarium solani*. De asemenea, au fost evaluate genotipurile care au manifestat performanțe ridicate, pe baza unor caractere cantitative. În plus, studiul a inclus identificarea genetico-moleculară a agenților patogeni din genul *Alternaria spp.*, *Fusarium spp.* și specia *Myrothecium roridum*. Prin utilizarea mutagenezei induse (radiații ionizate), au fost obținute forme mutante noi de susan cu trăsături valoroase legate de productivitate.

Scopul lucrării. Evaluarea germoplasmei de *Sesamum indicum* L. prin analiza caracterelor morfobiologice, variabilității însușirilor cantitative și calitative, rezistenței la factorii abiotici și biotici, obținerea prin utilizarea razelor gama a formelor mutante ca donatori de gene valoroase în ameliorarea speciei.

Obiectivele:

- Studierea parametrilor cantitativi și calitativi la susan distribuiți pe baza indicelui precocității (precoce, mediu precoce, mediu tardive, tardive) prin analiza clusteriană de repartitie a surselor genetice;
- Aprecierea genotipurilor colecției de susan prin determinarea contribuției factorilor *genotip x an de cultivare* pe baza caracterelor cantitative;
- Evaluarea variabilității și a parametrilor genetici ai caracterelor cantitative la genotipurile de susan, din diferite grupe de precocitate;
- Aprecierea mostrelor colecției de susan la factorii abiotici și biotici, (temperatura în faza de germinare, stresul hidric, agenții patogeni: *A. alternata*, *F. oxysporum*, *F. solani*) în condițiile experimentale modelate și identificarea genetico-moleculară a patogenilor din genurile *Alternaria*, *Fusarium* și specia *Myrothecium roridum*;
- Evaluarea variabilității și determinarea contribuției factorilor de *genotip* și *generație* la caracterele cantitative ale formelor mutante de susan în generațiile M₁-M₄;
- Estimarea variației fenotipice și genotipice la indicii de productivitate ai descendenților din generațiile M₁- M₄ expuse iradierii.

Ipoteza de cercetare. Utilizarea colecției de germoplasmă cu origine geografică diversificată și a mutageneza experimentale ar constitui surse importante pentru valorificarea genotipurilor, în special a culturilor agricole cu grad sporit de vulnerabilitate la factorii de mediu și cu un diapazon limitat de variație a caracterelor de interes. Parametrii genetici: variația fenotipică și genotipică, eritabilitatea și avantajul genetic al caracterelor de productivitate, constituie elemente importante în cuantificarea genitorilor cu performanțe ameliorative.

Metodologia. Cercetările au fost realizate pe baza evaluării diversității materialului inițial, care include 40 de genotipuri din colecția de susan, dar și a 12 forme mutante, identificate cu trăsături de interes, provenite din genotipurile iradiate *Zaltsadovski*, *Kadet* și *Adaptovanii* 2 tratate cu raze gama. A fost analizată reacția diferențiată a caracterelor morfologice, agronomice la factorii de temperatură și precipitații, fapt ce a contribuit la reliefaarea potențialului biologic de productivitate, a conținutului de ulei în semințe și rezistență la factorii abiotici și biotici. Datele experimentale s-au prelucrat statistic prin analiza varianței, redate în diagrame de distribuție în clustere, histogramme și analize corelaționale, utilizând pachetele STATISTICA 8 și Statgraphics 2.1 (testul ANOVA).

Importanța teoretică. Rezultatele investigațiilor oferă contribuții la descifrarea legăturilor corelative ale caracterelor morfologice, productivitate și rezistență la factorii nefavorabili ambientali, pe de o parte, și spectrul variabilității genetice, pe de altă parte, lărște

cunoștințele teoretice în domeniul geneticii, adaptării și rezistenței plantelor și poate servi ca bază științifică pentru elaborarea programelor de diagnosticare și control al toleranței, proceselor de creștere, dezvoltare și productivitate.

Valoarea aplicativă. Cultivarele de *Sesamum indicum* L, precum și formele mutante obținute prin mutageneza indusă, cu performanțe la producție și conținutul de ulei, sunt utilizate în cercetările laboratorului de Resurse Genetice Vegetale al IGFP și pot fi promovate pentru cultivarea extinsă în unitățile agricole din zona de centru a Republicii Moldova. Donatori de gene favorabile pentru rezistența la temperaturi joase, stres hidric și agenți patogeni în faza de germinare prezintă interes pentru ameliorarea speciei. Mostrele colecției de susan cu însușiri distincte au fost introduse în Banca de gene a Republicii Moldova cu cifrul de înregistrare 00460 – 00499. Informația obținută poate contribui la inițierea unui program național de ameliorare și producere a semințelor de susan.

Implementarea rezultatelor științifice înaintate spre susținere. Rezultatele cercetărilor expuse în teză au fost raportate, discutate și aprobate anual la Ședințele Consiliului Științific al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, prezentate și în cadrul următoarelor manifestări științifice: Conferința științifică cu participare internațională - *Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice*. Ediția a 2-a, (Chișinău, 23 noiembrie 2018); Международный семинар по изучению биоразнообразия на базе Варзобской горно-ботанической станции” Кондара” молодых учёных из стран СНГ, Академия наук Республики Таджикистана, (Таджикистан, Душанбе, 23-30 июня 2019); Biotehnologii avansate – realizări și perspective: Simpozionul științific național cu participare internațională. Ediția V-a, (Chișinău, 21-22 octombrie 2019); „Advanced Biotechnologies – Achievements and Prospects” (VIth edition), (Chișinău, 3-4 octombrie 2022); „Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective”, Conferință științifică națională cu participare internațională. Ediția 7, (Chișinău, 19-20 mai 2023); Conferința științifică a doctoranzilor “Tendințe contemporane ale dezvoltării științei: viziuni ale tinerilor cercetători”. Ediția a 8-a, vol.1. (Chișinău, 10 iunie 2019). De asemenea, rezultatele obținute în urma investigațiilor științifice realizate în cadrul tezei au fost implementate în activitățile practice ale disciplinei „Tehnici de cercetare în biologia moleculară”, ciclul II, la Departamentul de Biologie și Ecologie, Facultatea de Biologie și Geștiințe a Universității de Stat din Moldova (act de implementare nr. 509i din 08.06.2023).

Publicații la tema tezei. Rezultatele științifice obținute au fost reflectate în 25 lucrări științifice, inclusiv 1 articol în reviste internaționale, 5 articole în reviste naționale, 1 articole în lucrările conferințelor naționale, 11 articole în materialele conferințelor internaționale și naționale, 4 teze la conferințe internaționale, 3 alte lucrări peste hotare.

Sumarul compartimentelor tezei. Teza cuprinde adnotările în limba română, rusă și engleză, lista abrevierilor, introducere, 5 capitole, 124 de pagini text de bază, concluzii generale și recomandări, bibliografie cu 249 surse, 33 anexe, 54 figuri, 20 tabele, declarația privind asumarea răspunderii și CV-ul.

În **Introducere** se argumentează actualitatea și importanța problemei abordate, sunt formulate scopul și obiectivele temei, se expune ipoteza de cercetare, sinteza metodologiei de cercetare, importanța teoretică și valoarea aplicativă, implementarea rezultatelor științifice înaintate spre susținere, sumarul compartimentelor tezei.

Capitolul I. “Studii ale caracterelor morfo-biologice la specia de *Sesamum indicum* L”

Capitolul este structurat în patru subcapitole, prezentând o sinteză a cercetărilor din literatura de specialitate, bazată pe fundamente teoretice și conceptuale ale materialului biologic studiat: cercetări biologice asupra speciei, diversitatea genetică și utilizarea resurselor genetice vegetale, rezistența susanului la factorii abiotici și biotici nefavorabili, concluzii la capitolul I.

Capitolul II “Materiale și metode de cercetare” cuprinde informația referitoare la locul, condițiile și etapele de desfășurare a cercetărilor, materialul biologic și metodele de efectuare a investigațiilor pentru realizarea studiului: rezonanța magnetică nucleară (identificarea conținutului de ulei în semințe), mutageneza indusă (iradiere cu raze ionizate), metode de testare a rezistenței genotipurilor de susan la temperatura minimă de germinare, stresul hidric și fitopatogenii *Alternaria*, *Fusarium*; metoda genetico-moleculară nested-PCR de identificare a patogenilor, metodele genetico-statistice de prelucrare a datelor obținute.

Capitolul III “Evaluarea genotipurilor din colecția de susan după unele caractere morfo-biologice” cuprinde rezultatele studiului unor caractere cantitative (*înălțimea plantelor, lungimea internodurilor, lungimea capsulelor, numărul de capsule per plantă, numărului de semințe per capsulă și productivitatea per plantă*) repartizate după precocitatea genotipurilor conform Descriptorului pentru susan (IPGRI, 2004). Analiza diversității genetice, utilă pentru ameliorarea plantelor, a fost efectuată pe baza caracterelor cantitative cercetate la factorii climatici prin utilizarea metodelor statistice: i) descrierea descriptivă; ii) metode de analiză cluster: metoda de distribuție bazată pe distanța euclidiană pătrată și metoda wards, și metoda centroidelor k-means, ambele metode fiind utilizate cu succes în cercetarea genetică și de ameliorare; iii) analiza varianței dispersionale bifactoriale ce reprezintă diferențe între ponderea *genotipului, anului de cultivare*, dar și interacțiunea lor în clasele de precocitate diversă; iv) estimarea variabilității caracterelor cantitative și a parametrilor genetici: coeficientul de variație genotipică, coeficientul de variație fenotipică, heritabilitatea și avantajul genetic. Datele au fost prelucrate statistic în pachetul soft STATISTICA 8.

Capitolul IV „Influența unor factori abiotici și biotici asupra productivității” reflectă rezultatele cu privire la particularitățile de manifestare a rezistenței genotipurilor colecției de susan la factorii abiotici (temperatura joasă pozitivă, stresul hidric) și biotic (*Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* și *F. solani*) la etapa timpurie ale dezvoltării ontogenetice (germinația, lungimea rădăcinii și lungimii tulpinii), dar și indentificarea patogenilor din genul *Alternaria*, *Fusarium* și specia *Myrothecium roridum* prin metoda genetico-moleculară nested PCR.

Capitolul V “Mutageneza indusa ca metodă de extindere a spectrului de variabilitate genetică la susan” este consacrat cercetării variabilității formelor mutante de susan *Zaltsadovski*, *Kadet* și *Adaptovanîi 2* obținute prin mutageneza indusă cu razele gama în dozele 200 - 500 Gy asupra caracterelor de productivitate. Rezultatele contribuției factorului mutagen a permis evidențierea semnificativă a rolului genotipului și interacțiunii genotip x radiație dar și a generației cu un impact pozitiv asupra creșterii și dezvoltării caracterelor cercetate în generațiile M₁ – M₄. Se prezintă analiza integrativă a datelor referitoare la estimarea varianței și parametrilor genetici la caracterele de productivitate prin coeficientul de variație genotipică, coeficientul de variație fenotipică, heritabilitatea și avantajul genetic.

În Concluzii generale și recomandări practice sunt prezentate rezultatele de bază ale cercetărilor efectuate și posibilitatea de implementare în practică.

1. STUDII ALE CARACTERELOR MORFO-BIOLOGICE LA SPECIA *SESAMUM INDICUM* L.

Sub aspectul condițiilor climatice teritoriul Republicii Moldova reprezintă o zonă favorabilă pentru cultivarea plantelor de susan. În zilele noastre cererea pentru aceasta cultură rămâne în creștere deoarece este utilizată ca ingredient în formularea unei multitudini de alimente, hrană pentru animale și alte produse industriale. Deși este considerată o cultură de semințe oleaginoase exploatare, ea include câteva caracteristici valoroase care au adus faima speciei în întreaga lume, în special, ca semințe oleaginoase multifuncționale, sursă de nutriție și medicamentosă. În șirul speciilor de plante oleaginoase susanul, *Sesamum indicum* L., poate fi considerată o specie de perspectivă pentru sectorul agricol al Republicii Moldova. Marile țări producătoare ale acestei culturi sunt Sudanul, India, Myanmar, Tanzania, Nigeria, China, Burkina Faso, Chadul, Mexicul etc. Anual în lume cererea pentru susan crește. Dacă în anul 1994 în lume s-au produs 2 mln tone, atunci în 2022 recolta a depășit 6 mln tone de semințe de susan (FAO) [248].

Sesamum indicum este o cultură relativ nouă pentru republica noastră. Astfel, pentru prima dată a fost efectuat un studiu mai amplu privind manifestarea caracterelor morfologice și de productivitate, rezistența la factorii de mediu, inclusiv identificarea genetico-moleculară a infectării cu unii patogeni fungici și evaluarea efectului razelor gama la această specie.

1.1. Cercetări biologice asupra speciei

Susanul (*Sesamum indicum* L.), supranumit “regina semințelor oleaginoase”, este una dintre cele mai vechi culturi de semințe oleaginoase cunoscute și utilizate de om [36]. Denumirea sa provine din cuvintele arabe „semsen” sau „simsin,” care au evoluat în „susan” și *Sesamum* [221].

Cercetătorii susțin existența mai multor centre de origine pentru susan, incluzând regiunile Malaya, Indonezia, Valea Eufratului, Bokhara, câmpia nord-indiană, Birmania, dar și Asia Centrală (Pakistanul de Vest, Afganistan, Tadjikistan, Uzbekistan) ca un alt centru [211; 221]. La indieni încă din cele mai vechi timpuri semințele de susan au fost folosite în multe ritualuri și ceremonii hinduse. Uleiul era utilizat în alimentație, ca unguent la prepararea săpunului, antioxidanților, insecticidelor și medicamentelor. De asemenea, funinginea obținută prin arderea uleiului era considerată unul dintre ingredientele cernelii chinezești. În Africa, susanul era întrebuințat pentru prepararea terciurilor, supelor și produselor de cofetărie, iar florile sale erau utilizate pentru obținerea parfumurilor și apei de colonie [150].

La nivel global, susanul crește până la altitudini de 3000 m [57; 212]. Cele mai favorabile zone de cultivare sunt situate între 25° latitudine sudică și 25° latitudine nordică, dar susanul

poate fi cultivat cu succes și până la 40° latitudine nordică (ex. Bulgaria, China, SUA) și până la 35° latitudine sudică (ex. Africa de Sud) [21].

În Republica Moldova, semințele și preparatele din susan sunt în general importate, dar cercetările efectuate anterior la Centrul de Resurse Genetice Vegetale și Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor au demonstrat că susanul poate fi cultivat cu succes și pe teritoriul țării.

Sesamum indicum L (2n=26) aparține familiei *Pedaliaceae*, posedă un număr diploid de cromozomi și este o plantă anuală, cu creștere nedeterminată [182]. Ramurile acestuia variază de la erecte până la semi-erecte în funcție de tipul de ramificație. Frunzele și tulpinile mature își schimbă culoarea de la verde la galben. Culoarea florii variază de la alb la violet deschis, până la violet intens. Plantele emană un miros specific. Deși are loc și un grad scăzut de polenizare încrucișată, susanul este în principal autogam [166].

Genul *Sesamum* include o singură specie cultivată *S. indicum* spp. *indicum*. În zonele de cultivare sunt cunoscute mai multe soiuri locale. Numeroase colecții ale speciei, cu diverse soiuri și forme, există în SUA, India, Rusia, China, Kenya, Coreea de Sud, Japonia, oferind un fond valoros de gene. Colecțiile din America de Sud sunt asemănătoare cu cele din India, iar în regiunea Etiopia-Eritreea și în Africa de Est, soiurile sunt de obicei bine ramificate și prezintă o singură floare pe axul frunzei. Soiurile regionale indiene pot fi împărțite în tipuri cu flori timpurii, puțin ramificate, cu puține flori, și tipuri târzii, cu multe ramuri [105]. În Republica Moldova, există o colecție de *Sesamum indicum* de diferită proveniență, care se cultivă pe lotul experimental al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, USM.

Linnaeus, în 1753, a stabilit genul *Sesamum* în lucrarea sa „Genera Plantarum”, descriind două specii: *Sesamum indicum* și *Sesamum orientale*. La scurt timp după aceea, J. Burman (1769) a enumerat o plantă înrudită din Coasta Malabar din India, descrisă și ilustrată de van Rheede (1689), pe care acum o recunoaștem ca fiind progenitorul culturii de susan [26].

De-a lungul timpului, după mai multe investigații, De Candolle, în 1845, a emis o nouă clasificare, combinând opiniile lui Endlicher (1843) și Bernhardt (1842). Aceștia au împărțit *Sesamum* în trei secțiuni, plasând *S. indicum* și *S. orientale* în prima secțiune, *Eusesamum* în secțiunea 2 și *Simsimum* în secțiunea 3. Pe baza prezenței sau absenței semințelor cu aripi, au recunoscut două genuri, *Sesamum* și *Sesamopteris*. Circumscrierea sa din genul *Sesamum* a inclus *S. indicum* împreună cu *S. laciniatum* Klein ex Willd., *S. luteum* Retz., *S. occidentale* Heer & Regel și *S. brasiliense* Vell. Și-a împărțit genul. În anul 1895 Stapf a urmat clasificarea lui Bentham (1876), împărțind genul în trei secțiuni, deși secțiunea *Sesamotypus* Benth. & Hook. f. conținea doar o singură specie (*S. indicum* L. cu multe forme cultivate); secțiunea *Sesamopteris*

deținea toate speciile africane, inclusiv *Sesamum radiatum* Schum. & Thonn., iar secțiunea *Chamaesesamum* Benth. & Hook. f. a inclus două specii prostrate din India.

Ulterior, în 1906, Stapf a revizuit această clasificare, păstrând numele secțiunilor anterioare. Astfel, erau incluse toate speciile tropicale africane cunoscute, cu semințe ce prezentau margini mai mult sau mai puțin acute: *Sesamum heudelotii* Stapf, *S. repens* Engl. & Gilg, *S. pedalioides* Welw. ex Hiern, *S. mombazense* De Wild. & Durand, *S. antirrhinoides* Welw. ex Aschers., *S. schinzianum* Aschers., *S. angustifolium* (Oliv.) Engl., *S. baumii* Stapf, *S. calycinum* Welw., *S. angolense* Welw., *S. rigidum* Peyr., *S. radiatum*, *S. marlothii* Engl., *S. indicum* L. și *S. dinterii* Schinz (această ultimă specie fiind imperfect cunoscută la acea vreme). În schimb, speciile cu semințe înaripate (cu excepția *S. schenckii* Asch. ex Schinz), *S. alatum* Thonn., *S. schenckii* Asch. ex Schinz și *S. capense* Burm, au fost incluse în secțiunea *Sesamopteris* Endl. emend., Stapf [26].

În prezent, genul *Sesamum* este împărțit în patru secțiuni: *Sesamum* L., *Chamaesesamum* Benth., *Sesamopteris* Endl. și *Aptera Seidenst.* Secțiunile sunt diferențiate prin caracteristici morfologice, precum forma frunzelor, semințele (aripate sau fără aripi), florile și polenul, însă nu sunt legate metodic de biogeografie [129].

Genul *Sesamum* este cel mai mare din familia *Pedaliaceae* și se diferențiază prin forma capsulelor [79].

Dintre toate speciile, *Sesamum indicum* L. (sin. *Sesamum orientale*) este cea mai răspândită și cultivată [213]. Această plantă are tulpina erectă, care poate fi simplă sau ramificată, pătrată sau rectangulară, și variază de la pubescentă până la glabră. Tulpina poate crește până la o înălțime de 2 m. Frunzele sunt heteromorfe, fiind opuse sau alternative și având o formă ovate sau ovat-lanceolate. Culoarea frunzelor variază de la verde închis până la galben-verde, verde deschis și verde violet. Florile sunt dispuse în raceme, fiind solitare în axilele frunzelor. Capsulele sunt înguste, alungite lateral, ușor comprimate spre tulpină și profund canelate, având patru caneluri, dar uneori pot prezenta șase sau opt caneluri. Acestea sunt rotunjite la bază și vârf, iar culoarea lor variază de la verde la violet, în funcție de soi. Unele soiuri pot produce chiar și câte trei capsule pe nod, iar primordiile florilor dau naștere mai întâi la flori și, ulterior, la fructe. Semințele sunt dispuse orizontal în capsulă, iar culoarea lor variază de la alb la negru cu nuanțe de maro. Susanul poate crește în mod obișnuit până la 1300 m altitudine. [208].

Producția medie mondială de susan este de aproximativ 300-600 kg/ha [139], însă poate ajunge până la 4,00 t/ha. Productivitate relativ mai mare se înregistrează în Liban (3,29 t/ha), Iordania (2,38 t/ha), Israel (2,04 t/ha), China (1,62 t/ha), Tadjikistan. (1,59 t/ha) și Uzbekistan

(1,52 t/ha), Susanul este al unsprezecea cea mai mare cultură producătoare de ulei din lume [248].

Semințele de susan sunt utilizate ca aditiv alimentar pe pâine, chifle, fursecuri și în amestec cu cereale. Acestea pot fi consumate crude sau prăjite, de obicei amestecate cu arahide și migdale, și sunt prezente în multe delicatese tradiționale, cum ar fi ciocolata, înghețata și bomboanele [217]. Semințele de susan sunt bogate în minerale esențiale, cum ar fi calciul, fierul, manganul, zincul, magneziul, seleniul și cuprul. Acestea au un rol vital în mineralizarea osoasă, producerea de celule roșii din sânge, sinteza enzimelor, producerea de hormoni, precum și reglarea activităților cardiace și musculare [99]. Semințele sunt, de asemenea, cunoscute pentru rezistența lor la oxidare, chiar și atunci când sunt stocate la temperatura aerului ambiant, fiind supranumite „semințele nemuririi” [45].

Conținutul de ulei din semințele de susan variază între 35% și 55%, reprezentând aproximativ 50% din greutatea acestora, iar în anumite soiuri au fost înregistrate valori de până la 63,2% [228]. Atât factorii genetici, cât și cei de mediu influențează acest conținut, iar studiile au arătat că soiurile tardive tind să prezinte un conținut mai ridicat de ulei decât cele precoc. De asemenea, variațiile pot apărea între capsulele de pe aceeași plantă, semințele din capsulele bazale ale tulpinii principale având un conținut de ulei mai mare decât cele de pe ramurile laterale și vârful plantei. În ceea ce privește culoarea semințelor, soiurile cu semințe negre sunt adesea asociate cu un conținut mai scăzut de ulei în comparație cu soiurile brune și albe, indicând o posibilă corelație între conținutul de ulei și culoarea acestora. Pe lângă ulei, semințele de susan sunt o sursă importantă de proteine și sunt bogate în tiamină, iar niacina obținută din acestea are aplicații industriale [213].

Uleiul de susan este un lichid galben pal, inodor și cu un gust ușor, fiind o sursă excelentă de ulei comestibil pentru uz gastronomic. Deși genul de susan prezintă o variabilitate limitată în ceea ce privește proporțiile acizilor grași din semințe, compoziția acestora poate varia semnificativ între soiuri la nivel global [71; 214]. Compoziția acizilor grași este influențată puternic de condițiile de mediu, fiind observat, de exemplu, că conținutul de acid linoleic crește în condiții de păstrare la rece. De asemenea, valorile peroxidului și aciditatea liberă cresc pe măsură ce semințele sunt depozitate timp de cinci săptămâni, iar indicele de iod al uleiului scade după prăjirea semințelor. Factorii antioxidanți din semințele prăjite sunt, de asemenea, sensibili la condițiile procesului de prăjire [88].

Uleiurile vegetale, inclusiv uleiul de susan, constituie o componentă importantă a dietei umane, ocupând locul al treilea după cereale și produsele de origine animală [62]. Uleiul este utilizat în principal pentru gătit, pentru prepararea salatelor și pentru producerea margarinei. Pasta tahini, obținută din susan, este folosită pe scară largă în bucătăria vegetariană din țările

arabe (Siria, Tunisia, Algeria), atât ca fel de mâncare principală, cât și ca garnitură sau sos pentru carne, legume și supe. În Europa, semințele de susan sau pasta lor sunt utilizate pentru a presăra produse de panificație sau ca ingredient în sandvișuri semifabricate. În regiunile mediteraneene și balcanice, cum sunt Grecia Turcia și Israel, pasta de tahini este folosită în producția de halva, un desert popular, cu variante ce includ diferite aditivi. Astfel, semințele de susan sunt utilizate pe scară largă în diferite regiuni ale lumii pentru prepararea unei varietăți de mâncăruri vegetariene, deserturi și sosuri pentru carne [171; 221].

Susanul mai are aplicații importante și în industria cosmetică și farmaceutică, fiind utilizat în produse de îngrijire a pielii și părului, în detergenți, săpunuri și chiar în industria parfumurilor, vopselelor și lacurilor [220]. De asemenea, este folosit ca ingredient în produsele pentru uz farmaceutic, având proprietăți dezinfectante și fiind utilizat ca solvent pentru injecțiile intramusculare și are proprietăți nutritive, la ameliorarea anxietății și insomniei [51].

Uleiul de susan are multiple beneficii asupra sănătății, având un efect calmant pentru afecțiunile toracice, tratarea tusei uscate, bolilor pulmonare și răcelii, fiind considerat un puternic agent antiinflamator. De asemenea, contribuie la întărirea vaselor de sânge, iar zincul din compoziția sa ajută la creșterea densității minerale a oaselor și articulațiilor [94]. Uleiul de susan promovează, totodată, sănătatea pielii, având efecte benefice asupra durerilor de cap, gingivitei, urechilor și arsurilor, prevenind și afecțiunile dermatologice. De asemenea, se remarcă prin efectul său sedativ asupra sistemului nervos, fiind util în prevenirea cancerului, bolilor de inimă, hipertensiunii arteriale, aterosclerozei, având și activități antivirale și antifungice, precum și protejând ficatul de daunele oxidative [52].

Componenta principală a uleiului de susan, sesamolul, are proprietăți antioxidante și activitate anti-clastogenă, fiind utilizat în tratarea rapidă a rănilor, hemoroizilor și ulcerelor. De asemenea, sesamolul este un antibacterian eficient pentru agenții patogeni comuni ai pielii, precum *Staphylococcus* și *Streptococcus*, dar și pentru ciupercile comune ale pielii [41].

Uleiul de susan are și proprietăți laxative ușoare, emoliente și demulcente [202]. Mai mult decât atât, acesta protejează pielea de efectele razelor ultraviolete și ajută la neutralizarea radicalilor liberi, atât înainte, cât și după expunerea la tratamente. Uleiul de susan este util și în calmarea arsurilor provocate de expunerea la vânt sau soare, hrănește scalpul și ajută la controlul pielii uscate și la combaterea bacteriilor care provoacă mătreața. Protejează pielea de efectele clorului din apa piscinei și susține flexibilitatea articulațiilor [233; 231].

De asemenea, moleculele de ulei atrag toxinele solubile în ulei și le transportă în fluxul sangvin, fiind eliminate ulterior din organism. Uleiul de susan se absoarbe rapid și pătrunde prin țesuturi până la măduva osoasă, intrând în fluxul sanguin prin capilare, unde circulă fără a fi îndepărtat de ficat, care acceptă aceste molecule ca fiind benefice [77].

Studiile au arătat că dieta bazată pe susan contribuie semnificativ la scăderea nivelurilor de colesterol total seric (TC) și colesterolul de lipoproteine cu densitate scăzută (LDL). Semințele de susan sunt, în plus, bogate în fibre, care ajută la menținerea unui sistem digestiv și a unui colon sănătos. De asemenea, semințele de susan conțin de trei ori mai mult calciu decât laptele, oferind o sursă importantă de acest mineral esențial pentru sănătatea oaselor [7].

1.2. Diversitatea genetică și utilizarea resurselor genetice vegetale

Diversitatea genetică reprezintă măsura variabilității genetice a indivizilor dintr-o specie sau populație și este rezultatul recombinării materialului genetic (ADN) în procesul înmulțirii sexuate. Aceasta se reflectă în diferențele de material ereditar prezent la membrii reproducători ai populației, iar diversitatea genetică este esențială pentru selecția naturală și evoluția speciilor. Astfel, diversitatea genetică reprezintă principala forță motrice pentru selecția și evoluția populațiilor [53]. În cadrul speciilor de culturi, selecția indivizilor poate fi naturală sau artificială, în funcție de variabilitatea genetică prezentă [153]. Diversitatea genetică joacă un rol crucial pentru sănătatea unei populații, deoarece menține gene care pot asigura rezistența la dăunători, boli sau condiții de stres. În contextul schimbărilor de mediu, prezența variabilității genetice permite soiurilor de culturi să se adapteze și să supraviețuiască. Acest material genetic stă la baza variabilității atât în cadrul speciilor, cât și între specii [175].

În general, diversitatea genetică poate fi observată la trei niveluri: între specii, între populații dintr-o singură specie și între indivizi dintr-o populație. Variabilitatea genetică conferă flexibilitate evolutivă, rezistență și adaptabilitate speciilor de plante [175]. Înainte de includerea formelor parentale în programele de ameliorare a plantelor, amelioratorii și specialiștii-biotehnologi folosesc diverse tehnici de caracterizare a germoplasmei [27]. Pentru caracterizarea diversității genetice a resursele genetice vegetale și identificarea genotipurilor superioare sunt utilizate diverse metode - morfologice, biochimice, moleculare etc.

Principalele obiective ale programelor de ameliorare a susanului includ randamentul ridicat de semințe, cantitatea și calitatea uleiului în semințe, rezistența la spargerea capsulelor, rata mare de retenție a semințelor, maturitatea uniformă și toleranța la stresul biotic și abiotic. Cu toate acestea, productivitatea la susan este mai inferioară comparativ cu alte culturi oleaginoase, cum ar fi arahidele și floarea soarelui [60].

Selecția pentru un randament sporit de semințe și componentele productivității rămâne esențială. Principalele trăsături asociate cu producția includ maturitatea timpurie și uniformă, înălțimea plantei, numărul de capsule per plantă, numărul de semințe per capsulă și greutatea a 1000 de semințe. Până acum, majoritatea programelor de ameliorare a susanului s-au concentrat în mare măsură pe caracterizarea și recomandarea germoplasmei folosind metodele

convenționale de ameliorare. Totuși, este necesar să se completeze fenotiparea cu strategii moderne, cum ar fi identificarea de noi gene, reproducerea asistată genomic și editarea genelor.

În ultimii 20 de ani, cercetarea și dezvoltarea susanului au beneficiat de metodele convenționale de ameliorare, inclusiv selecția în linie pură și în masă, hibridizare și reproducere prin mutații. Aceste abordări au condus la dezvoltarea soiurilor ameliorate de susan. În ultimii 40 de ani au fost create la nivel global peste 200 de soiuri de susan îmbunătățite, cu randamente ridicate, cantitatea mărită de ulei cu caracteristici performante, maturitate timpurie și rezistență la boli și insecte dăunătoare.

În acest sens, tehnicile genetice și genomice, cum ar fi reproducerea asistată de genomică și editarea genomului, au fost utilizate în mod semnificativ în cercetarea diferitelor culturi oleaginoase (arahide și rapiță), inclusiv la susan. S-a atestat o dezvoltare rapidă a instrumentelor genetice, în special a markerilor moleculari, aplicarea acestora în studiile de diversitate genetică, reproducerea asistată de markeri, secvențierea genomului cloroplastic, maparea haplotipului, dezvoltarea bazelor de date, cartografierea asocierii, studiile de asociere la nivelul genomului (GWAS), descoperirea genelor și studii funcționale, cartografiere genetică și reproducere asistată de genomică. Aceste resurse genomice au fost utilizate pe scară largă în majoritatea programelor de îmbunătățire genetică a susanului [54; 64].

Genotipurile moderne de susan se caracterizează prin trăsături agronomice și alte însușiri valoroase. După șase ani de selecție, doamna doctor în științe biologice Chisnicean Lilia a obținut un soi de susan, denumit „*Deliciu*”, prin testările comparative ce au confirmat superioritatea formei selectate. Acesta prezintă o productivitate ridicată de 1,2-1,5 t/ha și un conținut de ulei de 55,4%, facilitând astfel înscrierea în Catalogul soiurilor de plante [48]. India și China au dezvoltat separat mai mult de 50 de soiuri ameliorate în ultimii 40 de ani [197]. În total, 32 de soiuri de susan au fost create la Institutul de Cercetări Agricole din Etiopia (EIAR), utilizând metoda selecției în masă din colecțiile locale de germoplasmă. Printre soiurile lansate de EIAR, *Humera-1* și *Setit-1* sunt cultivate pe scară largă de fermieri datorită maturității lor timpurii, recoltei mai bune (aproximativ 1 tonă/ha) și adaptabilității sporită [196].

Cu toate acestea, capacitatea de producție a acestor soiuri este sub randamentele maxime ale culturii. Aproape 29 de soiuri de susan au fost lansate în Myanmar în ultimii 42 de ani. Aceste genotipuri au fost cultivate pentru maturitatea timpurie, culoarea albă a semințelor, randamentul înalt și conținutul suficient de ulei de semințe [146]. În această țară, au fost lansate următoarele soiuri: *Ju-Ni-Poke*, *Me-Daw-Let-The*, *Gwa-Taya* și *Gwa-KyawNet*, care se caracterizează prin recolte stabile. În Bulgaria, patru soiuri de susan - *Victoria*, *Aida*, *Valya* și *Nevena* - au fost dezvoltate cu succes pentru recoltarea mecanizată, având un randament mediu de 1,35 t/ha, printr-o colaborare științifică între amelioratorii de plante și inginerii agricoli pe

parcursul ultimilor 30 de ani [190]. În Kenya, soiurile de susan *SIK 031* și *SIK 013* au demonstrat rezistență la boala petei albe a frunzelor, în timp ce *SIK 031* și *SPS 045* s-au dovedit rezistente la boala petei unghiulare a frunzelor [197].

Este evident că resursele genetice de susan conțin o variabilitate esențială a caracterelor cantitative și calitative, care pot fi utilizate cu succes pentru selectarea trăsăturilor dorite în programele actuale și viitoare de îmbunătățire genetică a acestei culturi. Resursele diverse de germoplasmă ale speciei *Sesamum indicum* sunt colectate și întreținute de diferite Bănci de Gene, atât locale, cât și internaționale, fiind utilizate în programele de îmbunătățire a susanului [19].

Astfel, un număr semnificativ de materiale genetice de susan, care implică atât specii cultivate, cât și sălbatice, sunt menținute în diferite Bănci de Gene la nivel global [197]. Aproximativ 95% din resursele genetice de susan sunt păstrate în Asia, în timp ce 5% se regăsesc în Statele Unite ale Americii. Principalele depozitarii de susan includ Biroul Național de Resurse Genetice Vegetale din India (NBPGR), Centrul Național pentru Agrobiodiversitate și Administrația pentru Dezvoltare Rurală din Coreea de Sud [156], precum și Institutul de Cercetare a Culturilor Oleaginoase din Academia Chineză de Științe Agricole din China și Departamentul de Agricultură al SUA—Serviciul de Cercetare Agricolă—Unitatea de Resurse Genetice ale Plantelor (USDA-ARS-PGRU) din Statele Unite ale Americii [222].

Un total de 27.283 de materiale genetice de susan sunt păstrate în Băncile de Gene din India, Coreea de Sud, China și Statele Unite ale Americii. De asemenea, mai multe țări africane, cum ar fi Etiopia, Nigeria și Sudanul, dețin astfel de instituții [199]. Băncile africane de gene de susan au capacități rezonabile de păstrare a resurselor genetice, dar colecțiile de bază sunt încă necesare în regiune pentru explorarea și utilizarea eficientă a variabilității genetice noi. În prezent, există trei colecții de bază de susan la nivel global, dintre care 362 de accesii sunt în India, 453 în China și 278 în Coreea de Sud. Mostrele colectate sunt o sursă de variație genetică valoroasă pentru îmbunătățirea genetică și analiza trăsăturilor utile [156].

În general, resursele genetice vegetale reprezintă totalitatea materialului ereditar care include toate alelele diferitelor gene prezente la speciile de cultură, precum și rudele sălbatice ale acestora. Acestea pot fi definite și ca orice tip de material reproductiv sau vegetativ de înmulțire al speciei de plante. Resursele genetice vegetale includ soiuri de culturi cultivate, rase locale, soiuri moderne, soiuri învechite, stocuri de reproducere, forme sălbatice, forme de buruieni, specii sălbatice de culturi cultivate și stocuri genetice, inclusiv liniile actuale ale amelioratorilor, liniile de elită și mutații. Acestea sunt esențiale pentru îmbunătățirea genetică a culturilor agricole și industriale [87].

Aceste resurse sunt, de asemenea, utilizate în studii multilaterale, cum ar fi biologia evoluționistă, citogenetica, biochimia, fiziologia, filogenetica, cercetarea ecologică, patologia și studiile moleculare. Cererea pentru aceste resurse va crește în viitor pentru a sprijini alimentarea unei populații globale în continuă creștere. De asemenea, creșterea anterioară a populației mondiale a condus la eroziunea genetică a germoplasmei importante din habitate. Problemele de securitate alimentară sunt de importanță globală, iar resursele genetice sunt rapid epuizate din cauza supraexploatării mediului, creșterii populației și schimbărilor climatice. Mai mult, odată cu dezvoltarea și introducerea soiurilor de culturi cu randament ridicat, diversitatea genetică a multor genotipuri de plante este în scădere, ceea ce impune protejarea și utilizarea judicioasă a germoplasmei. Pentru a face față provocărilor globale actuale și viitoare, resursele genetice vegetale trebuie colectate, evaluate, conservate și utilizate în mod durabil. Aceste activități reprezintă o responsabilitate comună a tuturor națiunilor, în beneficiul societății umane [145; 175].

Conservarea și utilizarea durabilă a resurselor genetice valoroase sunt cruciale pentru asigurarea securității alimentare a generațiilor viitoare. Aceste resurse trebuie să fie ușor accesibile pentru amelioratori în activitatea lor de creare a genotipurilor performante noi. Țările în dezvoltare se bazează pe resursele genetice locale, dar și pe realizările amelioratorilor din zonele eco-geografice adiacente pentru crearea formelor de culturi optime. Necesitatea unor surse noi de caractere crește continuu pe fundalul dezvoltării soiurilor pentru diverse culturi, cum ar fi cerealele, leguminoasele, legumele, fructele și plantele ornamentale.

Astăzi, conservarea și utilizarea durabilă a resurselor genetice vegetale sunt priorități ale comunității globale pentru a rezolva problemele legate de securitatea alimentară și de creșterea populației. Sursele de germoplasmă pot dispărea complet dacă nu sunt implementate practici și politici corespunzătoare de conservare a biodiversității. Această provocare poate fi depășită prin implicarea tuturor părților interesate, inclusiv fermierilor, etnobotaniștilor, amelioratorilor de plante, ONG-urilor, Băncilor de Gene și factorilor de decizie politică, pentru a împărtăși informații, dezvolta și implementa noi tehnologii [86].

Îmbunătățirea susanului și crearea de soiuri noi depind în mare măsură de metodele convenționale de ameliorare. În trecut, instrumentele genomice performante nu erau disponibile din cauza accesului limitat la tehnologii, a lipsei unei baze de date genetice consolidate privind caracterele cantitative importante și genele care condiționează trăsăturile cheie [64]. Creșterea convențională a susanului a fost sursa creării de noi variații [60; 121; 156; 162]. Cercetările anterioare au indicat prezența variabilității genetice pentru trăsături importante, cum ar fi numărul de zile până la înflorirea a 50% din plante, perioada de formare a capsulei, înălțimea plantei, lungimea internodurilor, numărul sporit de ramuri primare per plantă, numărul de

capsule per plantă, numărul de semințe per capsulă, lungimea capsulei, lățimea capsulei, înălțimea tulpinii până la prima ramură, greutatea a 1000 de semințe, productivitatea biomasei la hectar și productivitatea semințelor la hectar. Aceste trăsături sunt utile pentru descrierea soiurilor de susan și pentru analizele agro-morfologice și genetice din programele de ameliorare [1; 89; 167; 198].

Selecțiile naturale și artificiale acționează asupra caracteristicilor fenotipice ale speciilor de plante. Expresia fenotipică a caracterelor depinde de componentele ereditare și neereditare, iar interacțiunea genotip-mediu joacă un rol semnificativ. Selecția genotipurilor superioare depinde de disponibilitatea variabilității genetice prezente la susan. Selecția artificială este eficientă numai atunci când o variație genetică suficientă este prezentă în populație. Îmbunătățirea genetică a unui genotip depinde de amploarea variabilității genetice din populație și de natura asocierii dintre diferitele componente [28].

La etapa actuală, în concordanță cu cerințele și necesitățile pieței, reînnoirea și extinderea suprafețelor de cultivare și prelucrare a plantelor este strâns legată de crearea și introducerea soiurilor și mutantelor noi de susan, care să fie mai productive și mai rezistente la factorii de mediu. Astfel, evaluarea variabilității genetice existente constituie fundamentul oricărui program de ameliorare a culturilor. În acest sens, este esențial să se studieze variabilitatea caracterelor cantitative, având în vedere parametrii genetici, heritabilitatea în sens larg și avantajul genetic, factori ce vor permite realizarea unei evaluări complexe și eficiente în programele de îmbunătățire genetică [159].

Cercetătorii subliniază că utilizarea germoplasmei în programele de îmbunătățire reprezintă o oportunitate excelentă pentru selecția genotipurilor cu productivitate ridicată. Astfel, coeficientul de variație genotipică (CVG) mai mare decât coeficientul de variație fenotipică (CVF) sugerează faptul că expresia trăsăturilor este influențată într-o măsură semnificativă de efectele mediului. În cazul susanului, s-a observat cel mai mare coeficient de variație genotipică (CVG) pentru randamentul semințelor și o heritabilitate ridicată pentru zilele până la înflorire (>85%), ceea ce indică o variație genetică semnificativă. De asemenea, au fost raportate valori ridicate ale CVG și CVF pentru lungimea primei capsule, randamentul de semințe, numărul de semințe per capsulă și zilele până la atingerea înfloririi la 50% dintre plante [24].

Componentele variabilității genetice, cum ar fi heritabilitatea și avansul genetic, reprezintă instrumente biometrice esențiale pentru evaluarea populațiilor și selecția germoplasmei, facilitând îmbunătățirea prin tehnici de ameliorare. Studiile efectuate au demonstrat o heritabilitate mai mare și un avans genetic semnificativ pentru numărul de fructe per cluster și greutatea unui singur fruct. În același timp, a fost observat un comportament moderat al coeficientului de variație genotipică (CVG) și coeficientului de variație fenotipică

(CVF), cu heritabilitate mai mare și avans genetic scăzut pentru numărul de fructe per ramură și randamentul per plantă (kg) la tomate [169].

Determinarea heritabilității este utilă pentru studierea modificărilor genetice ale unei populații supuse selecției. Heritabilitatea în sens larg reprezintă raportul dintre variația genotipică și varianța totală și indică proporția de varianță fenotipică atribuită genotipurilor ereditabili. Evaluările heritabilității sunt influențate de diverși factori, cum ar fi tipul de material genetic, dimensiunea eșantionului, metoda de prelevare, desfășurarea experimentului, metoda de calcul și relațiile dintre aceștia. Selectarea unui anumit genotip după o trăsătură cu heritabilitate ridicată ar trebui să fie relativ ușoară, deoarece există o legătură strânsă între genotip și fenotip, iar contribuția mediului la fenotip este mai mică. Astfel, o heritabilitate ridicată sugerează prezența unor gene aditive care joacă un rol semnificativ în expresia trăsăturii respective, iar aceste gene pot fi utilizate eficient în procesul de selecție. Evaluarea eredității în sens larg permite identificarea anomaliilor genetice cu impact minim asupra mediului și oferă o eficiență potențială ridicată, deoarece selectarea unui hibrid cu trăsătura dorită devine mai ușor de realizat. Totuși, pentru trăsăturile cu ereditate scăzută, procesul de selecție devine mult mai dificil sau chiar imposibil, din cauza efectului de mascare pe care mediul îl poate exercita asupra influenței genotipurilor [65].

Variabilitatea genetică a culturilor joacă un rol crucial în succesul programelor de ameliorare a plantelor. Determinarea variabilității productivității și componentelor acestora în diferitele genotipuri de susan permite cultivatorilor să înțeleagă mai bine în ce măsură mediul influențează randamentul. Totodată, selecția orientată exclusiv către creșterea productivității nu poate fi de succes, deoarece capacitatea de producție a unui genotip depinde de interacțiunea multor factori. Prin urmare, utilizarea unei germoplasme variate în programele de ameliorare reprezintă o oportunitate excelentă pentru dezvoltarea genotipurilor de susan cu randament ridicat și rezistență la boli și dăunători [37; 93].

Reproducerea mutațiilor. Mutațiile genetice reprezintă schimbări care apar la nivelul genelor, cromozomilor sau altor purtători ai eredității. Acestea pot fi induse de agenți fizici mutageni, cum ar fi radiațiile ionizante (*razele X* și *razele gama*), radiațiile neionizante (ultraviolete) și radiațiile corpusculare (protoni, neutroni, particule alfa și beta). Radiația ionizantă (IR) induce schimbarea de la molecule neutre sau atomi la formele lor ionizate, un proces care necesită energie de ionizare – cantitatea minimă de energie necesară pentru a separa un electron de un atom, ceea ce duce la formarea unui ion. Această schimbare se realizează prin două efecte principale: compton și fotoelectric.

Radiațiile ionizante pot provoca modificări fizice, biologice și chimice în celule, afectând natura chimică a moleculelor. Ele pot induce modificări specifice ale genomului și pot genera

radicali liberi, care alterează indirect structura genetică, în special prin ionizarea moleculelor de apă [81]. Diversitatea genetică generată de mutații poate avea efecte neutre, pozitive sau negative asupra diferitelor trăsături ale genotipurilor plantelor. Variațiile genetice cauzate de mutațiile ADN-ului sunt principala cauză a modificărilor frecvențelor alelelor dintr-o populație, alături de selecție și deriva genetică. De-a lungul timpului, mutațiile naturale sau spontane au avut un rol semnificativ în crearea variației genetice, contribuind la îmbunătățirea calității și productivității plantelor [50]. Totuși, ratele mutațiilor pot crește rapid ca răspuns la schimbările de mediu sau chiar în urma modificărilor demografice și socio-economice ale unei populații într-o anumită zonă geografică. În cadrul mutagenezei, au fost observate diverse tipuri de modificări genetice, inclusiv inserții, deleții, duplicări ale numărului de variații, rearanjamente cromozomiale și mișcarea elementelor mobile. Astfel, amelioratorii de plante din trecut au utilizat mutațiile naturale ca sursă principală de variație genetică pentru îmbunătățirea și dezvoltarea soiurilor de culturi. Cu toate acestea, tehnologiile moderne au accelerat procesul de inducere a mutațiilor prin mutagenză. Conceptul de reproducere prin modificări genetice a fost introdus pentru a spori diversitatea genetică între speciile de cultură și pentru a îmbunătăți toleranța acestora la stresul abiotice și biotice [209].

Expunerea materialului genetic al plantelor la mutageni crește semnificativ șansa de a obține soiuri noi. În trecut, mutațiile induse au fost utilizate eficient pentru producerea unor modificări valoroase ale caracteristicilor plantelor, contribuind astfel la creșterea potențialului de producție. Mutațiile induse pot genera rapid variabilitate în trăsăturile moștenite cantitativ și calitativ de la culturi. Reproducerea prin mutație nu doar că generează variabilitate în speciile de culturi, dar și scurtează timpul necesar dezvoltării soiurilor noi, comparativ cu cele obținute prin hibridizare. De exemplu, a fost estimat că, de la tratamentul inițial cu factorul mutagen până la crearea soiurilor mutante, este necesar un interval de timp mediu de aproximativ 9 ani, în timp ce pentru soiurile obținute prin încrucișare, acest interval poate depăși 9 ani [228]. Mai mult, reproducerea mutațiilor au indus atât trăsături calitative, cât și cantitative într-un timp scurt, modificând alele ale genelor cunoscute și necunoscute anterior. Inducerea mutagenezei este considerată o metodă eficientă și promițătoare pentru a crea variabilitate genetică, în special la plantele de cultură. Razele gama, care sunt radiații ionizante, sunt produse prin descompunerea izotopilor radioactivi, precum C^{14} și Co^{60} . Acestea pătrund direct în țesuturile plantei și le ionizează parțial. În funcție de nivelul radiației, razele gama afectează structura celulară și metabolismul plantelor, incluzând deteriorarea membranelor tilacoide, modificarea fotosintezei, modularea sistemului antioxidant și acumularea de compuși fenolici. În prezent, razele gama sunt utilizate pe scară largă pentru inducerea mutațiilor, iar o mare parte dintre soiurile mutante (64%) au fost create prin utilizarea acestui factor. Mutațiile produse prin mutagenză sunt

evaluate și selectate pentru trăsăturile dorite. Cu toate acestea, apariția unui număr mare de mutații cu trăsături nedorite limitează aplicarea acestei metode în programele de reproducere [31].

În general, mutageneza a fost utilizată cu succes pentru a induce variabilitatea genetică la multe culturi, inclusiv la susan, permițând izolarea mutantelor cu trăsăturile dorite, cum ar fi: precocitatea, productivitatea înaltă, modul de ramificare, capsule închise, rezistența la boli, reținerea semințelor, dimensiuni mai mari ale semințelor, culoarea dorită a semințelor și conținutul ridicat de ulei. Cercetările au demonstrat că cele mai eficiente doze pentru iradierea semințelor de susan au fost cuprinse în intervalul 100-750 Gy [11]. Deși s-au efectuat multe cercetări prin metoda mutagenezei fizice și chimice, încă sunt necesare intervenții suplimentare pentru îmbunătățirea acestor trăsături. Mutațiile sunt, în mare parte, recesive și nu pot fi selectate până în a doua generație, în timp ce mutațiile dominante apar la frecvențe foarte mici și pot fi selectate deja în prima generație. Deși mutațiile sunt benefice pentru generarea variabilității populațiilor, ele pot fi și dăunătoare, afectând germinarea, ritmul de creștere, fertilitatea plantelor și fertilitatea polenului și ovulelor [206]. Au fost înregistrate aproximativ 147 forme mutante de susan cu trăsături economice dezirabile în programele de îmbunătățire la nivel global [224].

Prima mutantă determinată de susan (*dt-45*) a fost selectată de Ashri (1981) dintr-o populație M₂, prin iradierea soiului israelian de susan cu doza de 500 Gy [10]. Çağırzan (2006) [42] a iradiat semințele a patru soiuri de susan cu 150-750 Gy și a identificat trei mutante botanice din soiul *Muganlı-57* și din soiul *Çamdibi*. Alte soiuri mutante de susan, precum *Senai white 48*, *Cairo white 8*, *Usha*, și *ANK-2*, au fost dezvoltate și lansate în Egipt, India, Coreea de Sud și Sri Lanka [10; 197; 247]. Acestea sunt cultivate de fermieri pentru culoarea albă a semințelor, lipsa ramificării, rezistența la boli, productivitatea și conținutul ridicat de ulei.

Dintre mutagenii fizici, iradierea cu raze gama a fost considerată eficientă și economică pentru îmbunătățirea altor culturi, cu doze de succes de 250 Gy la *Sorghum* sp. și *Zea mays*, 100-200 Gy la *Glycine max*, 100-300 Gy la *Triticum aestivum*, 20-120 Gy la *Oryza sativa* [140; 218], și de 550 Gy la *Sesamum indicum* [143].

Genomica asistată de reproducere. Instrumentele și tehnicile genomice sunt esențiale pentru descrierea trăsăturilor în ameliorarea și genetica plantelor. În studiul realizat de Wei și colab. [223], s-a raportat despre mărimea genomului de aproximativ 554,05 Mbp la susan, care conține 258,79 Mbp de genomuri de bază și 295,26 Mbp de genomuri dispensabile. Genomul susanului este format din 26.472 de grupuri de gene ortologe, dintre care 15.890 de gene sunt specifice varietății. Pangenomul de susan, care reprezintă întregul set de gene, constituie o resursă genomică vitală pentru programele de îmbunătățire și analiza genetică a susanului [230].

Analiza diversității genetice. Marcatorii genetici sunt instrumente genetice extrem de fiabile care completează selecția fenotipică în reproducere [90]. Cunoașterea diversității genetice și a structurii populației colecțiilor de germoplasmă este esențială pentru analiza genetică, reproducere și conservare [181]. Diversitatea genetică a susanului a fost explorată folosind mai mulți markeri ADN. Diverse studii au evaluat diversitatea genetică a accesionilor de susan la nivel global utilizând polimorfismul lungimii fragmentului amplificat (AFLP) [85], ADN-ul polimorf amplificat aleatoriu (RAPD) [46], amplificarea secvențelor repetitive inter-simple (ISSR), markeri microsateliți (SSR) și polimorfisme de o singură nucleotidă (SNP). Markerii SSR sunt utilizați pe scară largă în analiza genetică și reproducerea susanului datorită capacității lor de a detecta grade mai mari de polimorfism, reproductibilității mai mari, codominanței și acoperirii abundente a genomului [19; 60].

Frary și colab. [75] au efectuat un studiu de diversitate genetică folosind trăsături morfologice și markeri RAPD pentru 137 de mostre de germoplasmă de susan turcești, ceea ce a condus la selectarea unei colecții de bază. Un total de 121 de rase de susan din Uganda au fost investigate utilizând 24 de markeri SSR, iar rezultatele au arătat incongruență între datele morfologice și cele moleculare [197]. Anyanga și colab. [8] au raportat o diferențiere genetică medie între 85 de genotipuri testate provenite din diferite țări la Institutul Național de Cercetare a Resurselor Semi-aride (NaSARRI) din estul Ugandei. Mai mult, Pandey și colab. [155] au analizat o colecție de germoplasmă la nivel global, predominant de accesii indiene, și au raportat o mare diversitate genetică în cadrul germoplasmei. Cu toate acestea, au existat corelații nesemnificative între informațiile fenotipice și cele ale markerilor moleculari. Pham și colab. [197] au evidențiat o diversitate genetică substanțială în 12 populații vietnameze și cambodgiene. De asemenea, au fost caracterizați douăzeci și șapte de specimeni iranieni de susan, relevând o variabilitate genetică considerabilă [193]. Teklu și colab. [199] au demonstrat o diversitate genetică semnificativă între 100 de genotipuri de susan de origine etiopiană, folosind 27 de markeri SSR.

Diversitatea genetică dintre 100 de colecții de germoplasmă etiopiene a fost evaluată folosind ulei de semințe, compoziții de acizi grași și markeri SSR. Autorii au raportat variații genetice mari pentru conținutul de ulei și profilurile de acizi grași între liniile de testare. Conținutul de ulei la liniile evaluate a variat de la 44,30% la 55,60%, cu o medie de 49,84%, urmat de acidul oleic care a variat de la 36,70% la 48,80% și o medie de 42,90%, iar acidul linoleic a variat între 36,60% și 48,80%, cu o medie de 41,70% [200].

Au fost efectuate studii genetice limitate asupra speciilor sălbatice înrudite din genul *Sesamum* [14]. Un grup de cercetători au semnalat o diversitate genetică ridicată în cadrul speciilor de susan sălbatic, folosind șase markeri ISSR [197]. Uncu și colab. au descoperit o rată

ridicată de transferabilitate a markerilor SSR între *S. indicum* și *S. malabaricum*, susținând desemnarea celor doi taxoni ca forme cultivate și sălbatice ale aceleași specii. În cazul susanului, introgresarea genelor valoroase de la speciile sălbatice înrudite în soiuri prin înmulțire convențională nu a avut până acum succes din cauza barierei post-fertilizare [205].

Analiza locusului cu trăsătură cantitativă. Analiza locilor de trăsătură cantitativă (QTL) permite detectarea regiunilor genetice majore ale unei trăsături cantitative țintă într-o populație. Hărțile QTL sunt utile pentru descoperirea, disecția și manipularea genelor responsabile pentru trăsăturile simple și complexe ale plantelor de cultură. O hartă genetică de înaltă calitate îmbunătățește asamblarea genomului și oferă o bază pentru cartografierea genelor care stau la baza trăsăturilor agronomice ale culturilor oleaginoase importante, cum ar fi susanul [219; 237].

Secvențierea de generația următoare. Secvențierea de generație următoare (NGS) a revoluționat cercetarea genomică și a transcriptomului. Instrumentele de secvențiere sunt valoroase pentru descoperirea, validarea și evaluarea markerilor genetici în diverse populații. Tehnologiile de secvențiere de generație următoare cu locusuri de trăsătura cantitativă (QTL) au îmbunătățit semnificativ eficiența și costurile genotipurii în mai multe plante model și culturi [178].

NGS a permis construirea rapidă a hărților genetice cu polimorfism de o singură nucleotidă (SNP) de înaltă densitate sau ultradens pentru identificarea genelor [117]. Cercetarea genetică asupra susanului a progresat constant în ultimii ani odată cu dezvoltarea tehnologiei NGS. Au fost construite șase hărți genetice moleculare de înaltă densitate și sunt utilizate în prezent pentru asamblarea genomului de susan și clonarea genelor bazate pe hărți [132]. Hărțile genetice SNP ultra-dense, care utilizează resecvențierea întregului genom, sunt utilizate pentru a îmbunătăți clonarea genelor și cercetarea genomică la susan. Două gene de susan, *Sidt1*, care controlează determinarea inflorescenței, și *Sicl1*, care controlează ondularea frunzelor și indehiscenta capsulei, au fost clonate cu succes utilizând metoda de cartografiere a legăturii și screeningul variantei candidate. Platforma NGS în programele de reproducere a susanului poate ajuta la dezvoltarea rapidă a instrumentelor genomice pentru îmbunătățirea genetică, dezvoltarea soiurilor și comercializarea [234; 235].

Susanul este o cultură nedeterminată cu o durată lungă de înflorire, care, la unele soiuri, poate dura aproximativ o lună sau mai mult [235]. Perioada de înflorire influențează adaptarea, trăsăturile agronomice și randamentul semințelor [60]. De asemenea, numărul de zile până la atingerea a 50% din înflorire și intervalul până la 75% maturitate sunt trăsături importante care contribuie la producția de susan. Randamentul scăzut de semințe de susan este atribuit modului de înflorire nedeterminată, comparativ cu alte culturi oleaginoase [234]. Wei și colab. [222] au

raportat despre două gene candidate ale locilor *SiDOG1* (SIN_1022538) și *SiIAA14* (SIN_1021838), care condiționează timpul de înflorire. Mai mult decât atât, Zhang și colab. [235] au comunicat că gena *SiDt* (DS899s00170.023) conferă susanului capacitatea de creștere determinată. Această însușire este preferabilă, deoarece scurtează timpul de înflorire, îmbunătățește maturizarea capsulelor și coacerea lor uniformă, ușurează recoltarea mecanizată, reduce spargerea capsulelor și pierderea semințelor, și, totodată, crește randamentul semințelor.

Inginerie genetică și editare a genomului. Tehnicile de inginerie genetică implică diverse abordări inovatoare care pot completa reproducerea convențională a susanului [146]. Transformarea genetică a trăsăturilor reprezintă o oportunitate ideală pentru transferul unor gene funcționale în soiurile de elită ale susanului, inclusiv gene care conferă rezistență la spargerea capsulelor. Au fost realizate unele eforturi de succes în direcția modificării genetice a susanului, inclusiv inserarea genei țintă și dezvoltarea de noi soiuri [197; 224]. Astfel, autorii au raportat o eficiență de transformare de până la 42,66% folosind tehnica de transformare mediată de *Agrobacterium*. Ingineria genetică a susanului poate contribui la transformări eficiente, cu precizie, și la accelerarea procesului de reproducere. În prezent, sunt în desfășurare studii privind transferul genelor candidate, care condiționează trăsăturile de calitate ale uleiului și toleranța la stresul abiotic în soiurile de susan, la Institutul de Cercetare a Culturilor Oleaginoase al Academiei Chineze de Științe Agricole (OCRI-CAAS), China [64]. De asemenea, primul studiu privind analiza funcțională a susanului transgenic pentru toleranța la secetă, salinitate, stresul oxidativ și ciuperca *Macrophomina phaseolina* a fost raportat de Chowdhury și colab [49].

1.3. Rezistența susanului la factorii abiotici și biotici nefavorabili

Plantele au suferit modificări evolutive semnificative de-a lungul sutelor de ani, ca urmare a creșterii stresului abiotic și biotic, amplificat de activitățile umane din ultimele două secole. Aceste activități au transformat habitatele naturale prin introducerea unor noi factori de stres, inclusiv reducerea biodiversității și poluarea ecosistemelor. Oamenii au cultivat plante pentru a îmbunătăți performanța acestora și atributele de producție, nu doar pentru a le face mai acceptabile și avantajoase pentru umanitate, dar și pentru a răspunde cerințelor globale de hrană ale unei populații în continuă creștere. Deși literatură vastă documentează modul în care plantele se adaptează la diverși factori de stres, există încă o lipsă de cunoștințe privind răspunsurile la stresurile multiple și impactul acestora asupra creșterii și dezvoltării plantelor.

Expunerea la factori de stres biotici și abiotici majori, care pot limita creșterea și productivitatea plantelor, conduce la pierderi semnificative de randament și biodiversitate. Stresul biotic este cauzat de insecte dăunătoare, boli și competiția cu alte plante, în timp ce stresul abiotic se referă la factori nevii, precum temperaturi extreme, secetă, deficiențe de nutrienți și toxicitate minerală, care afectează negativ productivitatea culturilor și a altor specii

de plante. Acești factori de stres pot influența fiziologia plantelor și procesele biochimice, determinând schimbări negative în creșterea și dezvoltarea acestora. Înțelegerea efectelor factorilor de mediu, atât biotici, cât și abiotici, asupra plantelor este esențială pentru dezvoltarea unui ecosistem durabil, în care plantele să fie mai rezistente la combinația de stresuri [149].

Susanul, asemenea altor plante de cultură, este expus continuu la stresuri abiotice și/sau biotice multiple, ceea ce duce la limitarea creșterii și dezvoltării, iar ulterior, la pierderea productivității, calității producției și biodiversității [49]. Exemple de astfel de factori în cazul nostru de stres includ atât factori abiotici, cum ar fi temperaturile scăzute, stresul hidric, cât și factorii de stres biotici, cum ar fi atacul de agenți patogeni fungici.

Rezistența la temperaturi scăzute.

Condițiile climatice globale se schimbă drastic în ultimele decenii, iar aceste schimbări afectează toate fazele fiziologice ale creșterii și dezvoltării plantelor [179]. Aceasta contribuie la creșterea intensității și frecvenței factorilor abiotici, ceea ce reduce semnificativ producția agricolă [210]. După cum s-a raportat, dificultățile generate de distrugerea culturilor nu afectează doar fermierii, ci și comunitățile locale, care pot suferi efecte secundare, precum șomajul și declinul economic. În cazurile de pierderi mari de recolte, pot apărea lipsuri de alimente sau creșterea prețurilor în băcănii, ceea ce reduce accesibilitatea alimentelor, în special a celor mai sănătoase opțiuni, pentru membrii comunității vulnerabile. Astfel, temperatura (minimă și maximă) este unul dintre cei mai importanți factori care influențează stadiile generale de dezvoltare ale fenologiei plantelor și culturilor, ceea ce duce la pierderea productivității [102].

Temperaturile scăzute sunt diferențiate în funcție de gradul de temperatură și sunt clasificate în stres la temperaturi scăzute (0–15 °C) sau de îngheț (<0 °C). Perturbațiile fiziologice, precum și cele celulare, duc la scurgeri de diferite tipuri de ioni, proteine și lipide, care apar într-o varietate mare de specii după ce se confruntă cu stresul la temperaturi scăzute. Leziunile induse de stres pot apărea după 48 până la 72 de ore de expunere. Apariția semnelor de deteriorare, pe de altă parte, depinde de sensibilitatea unei plante la stresul la frig și diferă de la plantă la plantă. Plantele expuse la stres prezintă diferite simptome fenotipice, care includ expansiunea redusă a frunzelor, ofilirea, cloroza (îngălbenirea frunzelor) și pot duce la necroză (moartea țesuturilor) [13]. Cu toate acestea, este semnificativ faptul că fiecare taxon necesită un anumit interval de temperatură pentru germinarea semințelor, adică există așa-numitele temperaturi cardinale [17]. Din rândul lor fac parte temperaturile minime (T_{min}), maxime (T_{max}) și temperaturi optime (T_{opt}) pentru creștere și dezvoltare [15].

Efectele temperaturii asupra dezvoltării plantelor stau la baza modelelor utilizate în prezicerea timpului de germinare. Temperatura și umiditatea se numără printre factorii de mediu foarte importanți în germinarea semințelor. Acești doi factori, individuali sau în combinație, pot

influența asupra procentului și ratei germinației. Când umiditatea este adecvată și aerarea nu este limitativă, atât viteza, cât și procentul de germinare finală a semințelor viabile sunt controlate de temperatură [104].

Astfel, temperatura este cel mai semnificativ factor care afectează rata de dezvoltare a culturii, în special germinarea semințelor. Înțelegerea temperaturii cardinale a diferitelor culturi este necesară pentru a prezice cu succes adaptarea lor, maturitatea și randamentul acestora. Prin urmare, recunoașterea cerințelor termice ale culturilor prin testele de germinare a semințelor este o metodă utilă pentru identificarea zonelor adecvate pentru cultivarea acestora și, în consecință, pentru creșterea recoltelor [73].

Rata proceselor metabolice (biochimice) scade treptat odată cu scăderea temperaturii și poate înceta în condiții de stres sever. Temperaturile scăzute afectează negativ creșterea, dezvoltarea și productivitatea plantelor. Speciile de plante prezintă o gamă largă de toleranță la temperaturi scăzute.

Chiar dacă toți factorii care influențează creșterea și dezvoltarea plantelor sunt la un nivel optim, obținerea unui randament mai mare depinde de calitatea semințelor. În afară de factorii ecologici, unele caracteristici ale semințelor, cum ar fi rata germinării, timpul necesar pentru germinarea a 50% din semințe și rata de apariție a plantelor sunt factori importanți care afectează randamentul și calitatea [91]. Germinarea semințelor și apariția plantulelor sunt etapele cele mai critice pentru supraviețuirea plantelor în condiții nefavorabile. Unul dintre cei mai importanți factori ecologici care afectează germinarea și etapele ulterioare este temperatura scăzută. Studiile au confirmat că temperaturile de 25–27°C asigură o germinare rapidă, în timp ce temperaturile sub 20°C prelungesc sau inhibă germinarea [187].

Susanul se încadrează în categoria plantelor sensibile la temperaturi suboptimale (0–15°C), împreună cu alte culturi precum orezul, porumbul, soia, bumbacul și tomatele [141]. De asemenea, fasolea comună se adaptează condițiilor climatice relativ umede și reci, cu temperatură medie zilnică optimă pentru avansarea reproducerii, care poate varia de la 20 la 25°C. Temperaturile >30°C în timpul zilei sau >20°C noaptea conduc la reducerea recoltei, iar semințele germinează slab sub temperatura de 15°C [55]. Astfel, este necesar să se limiteze semănatul în câmp până când solul va fi suficient de cald pentru însămânțare. Semințele pot germina la o gamă largă de temperaturi, dar procentul maxim de germinație va fi, de obicei, redus. Germinarea poate fi divizată în trei faze: inhibiția, activarea și creșterea post-germinativă. Efectele negative majore ale temperaturii scăzute în timpul germinării par a fi asociate cu faza de inhibiție [22].

Dificultăți în absorbția apei la temperaturi scăzute pot influența stadiul ulterior al creșterii și dezvoltării. Temperatura scăzută în timpul fazei de inhibare a germinației conduce la creșterea

scurgerii de electroliți din semințe, fapt ce provoacă perturbări ale integrității membranelor plasmactice. Temperaturile scăzute favorizează formarea fazei de gel și mărește rigiditatea, crescând astfel probabilitatea de rănire imbibitională. Timpul decurs de la însămânțare până la apariția plantulelor a fost considerat ca o fază a dezvoltării unei plantei [22].

Rezistența la stresul hidric

În pofida faptului că regimul climatic din Republica Moldova este, în general, descris ca „moderat continental”, în ultimii ani s-au înregistrat fluctuații semnificative, ceea ce a condus la apariția frecventă a fenomenelor de deficit hidric (asociate cu arșița), în special în perioada de vegetație a culturilor agricole, în aproape toate regiunile țării.

Stresul provocat de temperaturi ridicate induce modificări morfologice, anatomice, fiziologice și biochimice la plante, dar și modificări ale relațiilor cu apa, precum acumularea de osmoliți compatibili, scăderea fotosintezei, modificări hormonale și termostabilitatea membranei celulare. Stresul cauzat de secetă reprezintă o amenințare majoră în contextul încălzirii globale [147].

Mai mulți factori, precum speciile de plante, soiul, stadiul de creștere și durata sau intensitatea stresului, influențează răspunsurile plantelor la secetă [238]. Totuși, germinarea semințelor și înființarea răsadurilor sunt etapele cele mai critice ale ciclului de viață al plantelor, iar stresul hidric în aceste etape este unul dintre factorii principali care limitează succesul culturii [164]. Seceta afectează semnificativ indicii de germinare și caracteristicile plantulelor, iar seceta severă în aceste etape poate duce chiar la eșecul total al culturii. În acest sens, înțelegerea răspunsurilor plantelor la secetă este esențială pentru determinarea capacității de germinare și pentru identificarea culturilor care au cerințe reduse de apă. Studiile privind răspunsurile plantelor la secetă, bazate pe indicii de germinare și trăsăturile răsadurilor în condiții de stres, au fost utilizate de cercetători pentru a evalua toleranța la secetă a diferitelor specii [161]. Recent, indicii de toleranță la stres și de susceptibilitate la secetă au fost raportați a fi cei mai utili indicatori pentru a măsura răspunsurile germinației semințelor și dezvoltării răsadurilor în condiții de secetă. Astfel, răspunsurile plantelor la acest factor limitativ pot fi studiate eficient folosind indici de germinare, trăsături ale răsadurilor și indicii de toleranță la secetă [82].

La culturile oleaginoase au fost identificate mai multe trăsături și gene implicate în toleranța la secetă [207], cum ar fi eficiența transpirației, prezența locilor de trăsături cantitative la susan [63] și gene reglatoare sensibile la secetă pentru rapita [32], soia [47], floarea soarelui [120] și arahide [35].

Seceta este un factor care perturbă semnificativ procesele fiziologice ale plantelor (inhibarea germinației, reducerea creșterii, scăderea recoltei și perturbarea reacțiilor metabolice majore), ceea ce a determinat o atenție sporită din partea cercetătorilor pentru atenuarea efectelor

sale adverse și pentru producerea de soiuri mai tolerante la acest factor abiotic defavorabil. Studiile privind variabilitatea genetică a plantelor în raport cu stresul hidric au devenit în ultima vreme din ce în ce mai importante, atât la nivel interspecific, cât și între genotipurile individuale (soiuri și hibrizi) din cadrul unei specii [66; 124]. Disponibilitatea umidității este fundamentală pentru ca semințele să inițieze absorbția apei, iar soluțiile osmotice pot fi aplicate pentru a evalua modelele de germinare, simulând stresul cauzat de secetă în condiții de potențial de apă scăzut [40]. Stresul cauzat de secetă poate afecta negativ regenerarea, creșterea și supraviețuirea plantelor datorită potențialului osmotoc redus al semințelor deshidratate care le limitează [58]. Apa este principalul factor abiotic care limitează germinarea semințelor și creșterea timpurie a răsadurilor [33]. Efectele secetei severe variază în funcție de specie, iar taxonii diferiți pot prezenta strategii de adaptare diferite pentru a supraviețui în astfel de condiții stresante [34].

Funcțiile ecologice, precum dispersia, germinarea, stabilitatea răsadurilor, rata de creștere, dimensiunea plantelor, competiția și supraviețuirea, pot fi prevăzute pe baza trăsăturilor semințelor, cum ar fi masa și forma lor [173]. Masa semințelor corelează pozitiv cu germinarea și înființarea răsadurilor în condiții de stres hidric, datorită nivelurilor mai ridicate de rezerve de hrană [110].

În viitor, schimbările climatice globale se preconizează că vor duce la o creștere a secetei în diverse regiuni, din cauza scăderii precipitațiilor și a evapotranspirației crescute, ceea ce poate agrava și mai mult situația prin intensificarea competiției pentru apă între culturi [148].

Comparativ cu majoritatea culturilor oleaginoase, susanul este considerat o cultură rezistentă la secetă [141]. Cu toate acestea, creșterea și productivitatea susanului sunt vulnerabile la seceta severă, în special, zonele aride și semi-aride. Susanul aparține plantelor cu rădăcină superficială și este foarte sensibil la secetă în timpul etapelor de germinare și înflorire [70]. Sporirea toleranței la secetă în aceste două etape ale susanului este foarte importantă pentru stabilitatea recoltei. Mai multe trăsături ale plantei pot fi afectate de secetă, inclusiv rata de germinare, creșterea plantelor, înflorirea, numărul de capsule pe plantă, numărul de semințe per capsulă, productivitatea și calitatea uleiului [112]. Drept urmare, productivitatea semințelor de susan este, în general, scăzută (300-400 kg / ha) în majoritatea zonelor aride și semi-aride [15].

Evaluarea variabilității genetice ale plantelor este necesară pentru alegerea strategiilor optime de ameliorare, deoarece variațiile genetice pot fi utilizate pentru sporirea performanței genotipurilor [3]. Cercetările au arătat că coeficienții fenotipici și genotipici de variație sunt mari pentru numărul de ramuri primare și productivitatea la hectar [108]. De asemenea, s-a confirmat că coeficientul de variație fenotipic și coeficienții genotipici de variație sunt mari pentru numărul de ramuri primare, numărul de semințe per capsulă și productivitatea la ha. Conform rezultatelor, corelația între numărul de capsule pe plantă și înălțimea plantei este puternică. Este important de

menționat că numărul de capsule pe plantă și productivitatea semințelor, dar și *masa a 1000 de semințe*, au un efect pozitiv direct asupra productivității semințelor. În schimb, caracterul cantitativ *înălțimea plantelor* a avut un efect negativ direct asupra productivității semințelor [21; 198].

Se consideră că specimienii de susan se repartizează în grupuri diferite de toleranță la aceste stresuri abiotice prin declanșarea unor mecanisme deosebite de răspuns, inclusiv ce ține de controlul transportului de ioni de la rădăcini la frunze, acumularea de reglatori osmotici, inducția enzimelor antioxidante, reglarea fotosintezei și fitohormonilor [39]. Diversitatea răspunsurilor susanului la stresul de secetă este reglată genetic. Prin urmare, înțelegerea componentelor genetice pentru toleranța la secetă și identificarea locilor corespunzătoare a genelor candidate asociate cu aceste trăsături, ar putea reprezenta o metodă economică și eficientă de a accelera progresul în obținerea unor soiuri tolerante la factorii abiotici. Procesul de formare a semințelor este una dintre cele mai sensibile etape ale ciclului de creștere [213].

În ultimii ani, cercetătorii au folosit deseori substanțe osmotice pentru a reduce potențialul de apă (ψ_w) al mediilor de creștere a plantelor. Această abordare are multe avantaje: ψ_w poate fi controlat precis, în timp ce un număr mare de tratamente ar putea fi efectuate rapid într-un mod reproductibil [135]. În timp ce substanțele osmotice active cu greutate moleculară mică, precum manitolul, pătrund liber în porii peretelui celular și determină plasmoliza, dar nu citoriza, polietilenglicolul cu greutate moleculară de 6000 (PEG-6000) sau mai mare nu poate intra prin porii celulelor plantei. Deoarece PEG-6000 nu pătrunde în apoplast, apa este retrasă din celulă și din peretele celular fără a deteriora conținutul celulei. Prin urmare, soluția de PEG-6000 a fost folosită pentru a imita condițiile solului uscat mai adecvat decât soluțiile cu greutate moleculară mică care pot fi preluate de celulele plantelor și pot deveni toxice pentru creșterea plantelor [131]. Pe baza cercetării efectuate s-a raportat un efect inhibitor al PEG-6000 asupra germinării semințelor de grâu dur [68]. De asemenea, stresul osmotindus de PEG-6000 a redus semnificativ germinarea semințelor la *Ziziphus* [130], în timp ce conținutul relativ de apă, lungimea, înălțimea și greutatea uscată a tulpinii au scăzut odată cu creșterea nivelului de stres osmotind la *Lens culinaris* [233].

Rezistența la boli

Suprafața și producția culturilor de susan sunt în scădere în zonele tradiționale de cultivare. În pofida potențialului lor de creștere, există o serie de provocări care inhibă recolta de susan. Printre principalele constrângeri de producție se numără lipsa de soiuri ameliorate și un sistem slab de aprovizionare cu semințe. Capacitatea de creștere a productivității susanului este, în mare parte, influențată de o varietate de organisme fitopatogene, în special fungi, care reprezintă o provocare semnificativă atât pentru cultivarea susanului, cât și pentru depozitarea

semințelor. Sistemul de cultivare al susanului se confruntă cu numeroase boli ale sistemului vascular al plantelor, inclusiv ofilirea vasculară sistemică, putregaiul rădăcinii, patarea frunzelor, distrugerea puieților tineri și pieirea întregii plante în stadiul de înflorire [151].

Cercetările anterioare au arătat că susanul este atacat de cel puțin opt boli fungice importante din punct de vedere economic, de la stadiul de răsad până la maturitate. Cea mai drastică boală este însă ofilirea susanului, cauzată de *Fusarium oxysporum* f. sp. *sesami*, care limitează recolta de susan la nivel mondial, provocând pierderi de la 15% până la 30% sau chiar până la 100% din producția anuală de susan [67]. Acest agent patogen al rădăcinii din sol blochează vasele de xilem, ceea ce duce la ofilirea plantelor. A fost raportat pentru prima dată în SUA în 1950. Studiile histopatologice au indicat că agentul patogen se deplasează intercelular, distrugând celulele corticale și epidermice adiacente și blocând vasele de xilem, ceea ce întârzie alimentarea cu apă și nutrienți a plantelor, iar acest lucru duce la ofilirea și moartea plantei [125].

Deoarece această maladie se transmite prin sol, o dată ce a fost observată într-un câmp, nu poate fi controlată ușor prin niciun mijloc. Astfel, izolarea soiurilor superioare din punct de vedere agronomic, care sunt rezistente genetic la boală, este cel mai bun mijloc de gestionare a acesteia, minimizând pierderile de randament. Din păcate, se știe foarte puțin despre existența unor surse fiabile de rezistență. Temperatura de aproximativ 30°C favorizează dezvoltarea bolii, în paralel cu umiditatea excesivă a solului, iar irigațiile frecvente intensifică boala [98].

Fusarium oxysporum infectează sistemul vascular al plantelor, determinând proliferarea hifelor în vasele xilemului. Această colonizare duce la apariția simptomelor specifice bolii, precum curățarea venelor, epinastia frunzelor, ofilirea și defolierea. Patogenul invadează ulterior țesutul parenchimatic și formează spori pe suprafața plantei, completând astfel ciclul său de viață [188]. Pentru a spori rezistența la susan, mulți cercetători au efectuat teste de rezistență la ofilirea fuzariană pe diferite linii de susan, în condiții naturale de câmp sau în pepeniere artificiale.

Metoda de laborator pentru testarea patogenității speciei *Fusarium oxysporum* și a rezistenței la etapa răsadului a fost configurată și aplicată pe scară largă. Baza genetică îngustă a acestor surse de germoplasmă sugerează că creșterea nivelului de rezistență ar fi puțin probabilă în viitor [25].

Utilizarea materialului de plantare lipsit de infecție (semințe) și rezistența plantelor gazdă reprezintă cele mai eficiente și ecologice metode de combatere a fuzariozei. Există o variabilitate considerabilă a germoplasmei de susan în ceea ce privește nivelul de rezistență la boala ofilirii cauzată de *Fusarium* și *Verticillium*. Germoplasma disponibilă trebuie evaluată continuu pentru a identifica genotipurile rezistente, care pot fi utilizate direct pentru cultivarea pe scară largă în zonele cu prevalență ridicată a bolii, conferind totodată rezistență soiurilor de elită [152].

Un alt gen de funghi răspândit este *Alternaria*, descris pentru prima dată în anul 1816. De atunci, au fost publicate peste 1100 de nume și au fost recunoscute 275 de specii. *Alternaria* este un gen de ciuperci omniprezente, incluzând specii saprofite, endofitice și patogene. Unele dintre aceste specii sunt renumite ca agenți patogeni ai plantelor și animalelor. În plus, acele specii patogene afectează mai mult de 4000 de plante gazdă și sunt distribuite pe întreaga planetă, având o gamă largă de gazde [236].

În mod similar, și susanul este susceptibil la infecția frunzelor cauzată de *Alternaria alternata* și *Alternaria sesami*, care se transmite și prin semințe, provocând o maladie severă a susanului. Această boală este prezentă și la alte culturi agricole, cum ar fi floarea-soarelui, roșiile, muștarul și rapița, pierderile recoltei fiind estimate între 30% și 40%. Fungii din genul *Alternaria* sunt omniprezente și saprotrofe, iar multe specii cauzează frecvent deteriorarea diferitelor culturi alimentare în etapa pre- și post-recoltare. De asemenea, acest gen este clasat pe locul 10 dintre toate ciupercile, în funcție de interacțiunile cu plantele gazdă [12; 74; 151]. Bolile frunzelor de susan, precum cele cauzate de specii de *Alternaria*, duc la pierderi semnificative de randament și afectează calitatea și vitalitatea semințelor. Maladia este prezentă în diferite zone de cultivare a susanului, afectând plantele la toate etapele de dezvoltare. La plantele infectate, se observă pete mici, de culoare maro închis, leziuni rotunde sau neregulate, cu inele concentrice ce variază de la 1 la 8 mm în diametru [115].

Detectarea și diagnosticarea precisă a patogenilor este dificilă din cauza lipsei unei taxonomii clare. O serie de factori, în special absența unor caractere morfologice clare care să distingă speciile, au condus la definirea largă a acestora, iar variațiile și mutațiile observate în cultură au determinat crearea unor sisteme taxonomice care reflectă slab diversitatea speciilor. Ca urmare a acestei confuzii, denumirile de specii sunt aplicate într-un mod inconsistent la izolatele toxigenice și patogene. Sunt necesare metode precise pentru detectarea infecțiilor la semințele de susan, pentru a dezvolta strategii eficiente de gestionare a patogenilor și a bolii. Monitorizarea microorganismelor patogene poate fi realizată calitativ prin urmărirea simptomelor bolii la plantele infectate sau, mai precis, utilizând metode moleculare, de exemplu, amplificarea ADN-ului prin metoda PCR nested, care sunt indicii utile pentru identificarea speciilor fungice, cum ar fi *Fusarium spp.* și *Alternaria spp.* Agenții cauzali induc distrugerea celulelor și blocarea vaselor cu gumă, care reține apa și hrana plantelor, ceea ce duce la ofilirea și moartea acestora.

Recent, datorită secvențierii genomului susanului și dezvoltării metodelor moleculare, selecția asistată de markeri pentru trăsături agronomice, precum randamentul semințelor și conținutul sporit de ulei, a devenit posibilă. Astfel, s-au realizat studii aprofundate privind calitatea, toleranța la secetă, toleranța la îmbinare și rezistența la boli. Screeningul semințelor

pentru agenți patogeni fungici reprezintă un pas important în prevenirea răspândirii bolii și contribuie la creșterea productivității culturilor [152].

Gradul de soluționare a problemelor științifice legate de cultura susanului este încă scăzut, deși au fost înregistrate progrese semnificative în anumite domenii. Producția de susan se confruntă cu constrângeri majore care limitează atât randamentele, cât și calitatea semințelor. Printre cele mai mari obstacole se numără lipsa soiurilor cu randament ridicat și adaptate local, iar majoritatea soiurilor existente sunt vulnerabile la factori de mediu și biologici, precum spargerea capsulelor, maturitatea neuniformă, și stresul abiotic și biotic (secetă, salinitate, dăunători și boli) [61; 196; 225]. De exemplu, studiile arată că până la 50% din randamentele globale de susan sunt pierdute din cauza spargerii capsulelor, un fenomen care afectează semnificativ producția. Mai mult, dăunătorii de câmp, cum ar fi viermele (*Antigastra catalaunalis*) și insectele de semințe (*Elasmolomus sordidus*), sunt responsabili pentru pierderi de producție de până la 25%, iar bolile fungice din genurile *Alternaria* și *Fusarium* constituie o altă amenințare majoră [197].

În fața acestor provocări, cercetările recente în domeniul ameliorării genetice au dus la progrese semnificative. În ultimele patru decenii, au fost dezvoltate și lansate soiuri îmbunătățite, cu caracteristici de tip randamente ridicate, toleranță la boli și insecte, și o mai bună adaptabilitate la condițiile locale [64; 192]. Soiurile lansate în țări precum India, China și Etiopia [196] au demonstrat o adaptabilitate bună și un răspuns îmbunătățit la randament, însă acestea nu ating încă potențialul maxim al culturii. De asemenea, tehnici moderne, cum ar fi reproducerea asistată de genom și editarea genelor, sunt explorate pentru a înlocui metodele convenționale, aducând speranțe pentru dezvoltarea unor soiuri cu trăsături superioare [64; 197].

În ceea ce privește tehnologiile de cultivare, integrarea metodelor moderne, cum ar fi irigarea controlată și selecția pentru toleranța la secetă, poate contribui semnificativ la reducerea stresului abiotic [229]. Cercetările realizate de Al-Khayri și colab. [5] subliniază că susanul este sensibil la secetă și condițiile de temperatură scăzută, ceea ce sugerează necesitatea unor soiuri adaptate acestor condiții. De asemenea, infrastructura post-recoltare reprezintă o problemă semnificativă în regiunile în dezvoltare, unde pierderile înainte și după recoltare pot ajunge la valori considerabile. Creșterea accesului la tehnologie și îmbunătățirea proceselor de recoltare și depozitare sunt esențiale pentru reducerea acestor pierderi [146; 196]. Deși au fost înregistrate progrese în ameliorarea genetică și în tehnologiile de cultivare, gradul de soluționare a problemelor legate de producția de susan rămâne încă scăzut. Sunt necesare investiții suplimentare în cercetare și dezvoltare, în special în domeniul geneticii moderne, pentru a depăși constrângerile actuale și a crește sustenabil producția globală de susan.

În acest sens, scopul cercetărilor a fost de a identifica germoplasma valoroasă pe baza caracterelor morfologice și de productivitate, precum și a rezistenței la factorii abiotici (temperatura minimă de germinare, stresul hidric) și biotici (patogeni). Totodată, s-a urmărit utilizarea mutagenezei induse ca metodă alternativă în programele de ameliorare, cu scopul de a face cultura de susan mai sustenabilă și mai rentabilă.

1.4. Concluzii la capitolul 1

1. Susanul (*Sesamum indicum* L.) este o cultură oleaginoasă de mare valoare economică globală datorită uleiului său de calitate superioară, care se distinge prin rezistența ridicată la oxidare. Uleiul de susan este utilizat pe scară largă în industria alimentară, iar semințele sale au multiple aplicabilități în alimentație, medicină și nutriția animalelor, confirmând importanța sa ca sursă valoroasă de hrană și produse industriale.

2. Deși susanul este o plantă cu o plasticitate mare, acesta este influențat negativ de factorii abiotici, cum ar fi temperaturile scăzute, stresul hidric din primele etape ale dezvoltării și fluctuațiile de temperatură în perioada de înflorire și formare a capsulelor. Aceste condiții pot afecta semnificativ atât productivitatea, cât și calitatea semințelor, ceea ce impune o atenție deosebită la managementul mediului de cultivare.

3. Agenții patogeni fungici, cum ar fi *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami* (FOS) și *Alternaria sesami* (AS), au un impact semnificativ negativ asupra culturii de susan. Acești patogeni pot afecta grav planta prin reducerea germinației, putrezirea rădăcinii, pătarea frunzelor, dar și sistemului vascular, ceea ce conduce la ofilirea plantelor și, în cazuri severe, moartea întregii plante în perioada de înflorire.

4. Utilizarea tehnologiilor avansate de analiză genetică și moleculară, cum ar fi nested-PCR pe ADN, joacă un rol crucial în identificarea și caracterizarea patogenilor care afectează susanul. Aceste metode nu doar că ajută la detectarea timpurie a patogenilor, dar și la evaluarea resurselor genetice ale susanului, contribuind astfel la gestionarea eficientă a bolilor și îmbunătățirea varietăților de susan.

5. Mutageneza indusă prin radiații gama este un instrument esențial pentru extinderea variabilității genetice a culturii de susan. Modificările citologice, biochimice, fiziologice și morfologice induse de aceste tratamente pot duce la apariția unor trăsături benefice, ceea ce sprijină procesul de ameliorare genetică. Aceasta metodă contribuie la dezvoltarea unor genotipuri mai adaptabile și mai productive, capabile să reziste mai bine la stresurile abiotice și biotice.

6. Diversitatea genetică reprezintă un pilon esențial al evoluției și selecției naturale a speciilor, având un impact semnificativ asupra capacității acestora de a se adapta la condițiile de mediu. Variabilitatea genetică în culturile de susan, obținută prin metode tradiționale și

tehnologii moderne de ameliorare, joacă un rol crucial în îmbunătățirea caracteristicilor agronomice, cum ar fi randamentul și rezistența la stresurile abiotice și biotice. Tehnologiile avansate, precum reproducerea asistată de genomică și editarea genelor, au permis progrese remarcabile în selecția genotipurilor superioare. Mai mult, resursele genetice globale, inclusiv băncile de gene, sunt fundamentale pentru conservarea diversității genetice, iar evaluarea continuă a variabilității genetice contribuie la dezvoltarea soiurilor de susan cu performanțe ridicate. Astfel, îmbunătățirea genetică reprezintă o oportunitate majoră pentru creșterea producției și pentru adaptarea culturilor la provocările climatice și de mediu. Conservarea și utilizarea sustenabilă a germoplasmei sunt esențiale pentru asigurarea securității alimentare globale și pentru menținerea unor culturi viabile pe termen lung.

2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

Investigațiile au fost desfășurate în anii 2018-2021, la Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor în cadrul proiectului doctoral. În perioada realizării studiilor doctorale au fost efectuate cercetări complementare în proiectele: “Elaborarea și managementului Sistemului național de conservare a agrobiodiversității vegetale pentru agricultură și securitatea alimentară a Republicii Moldova”(proiectul instituțional 2015 – 2019); ”Conservarea *ex situ* de lungă durată a resurselor genetice vegetale în Banca de gene cu utilizarea metodelor biologiei moleculare în testareastare stării de sănătate a germoplasmei vegetale”(Programul de stat 2020 – 2023); “Extinderea și conservarea diversității genetice, ameliorarea genofondurilor de culturi agricole în contextul schimbărilor climatice” (subprogramul 011102, 2024 – 2027).

2.1. Materialul biologic de studiu

Caracterizarea și evaluarea colecției de susan permite identificarea genotipurilor cu un potențial înalt de productivitate, precocitate optimă și rezistență la factorii abiotici și biotici nefavorabili. Pentru cercetare, au fost utilizate 40 de soiuri și linii de *Sesamum indicum* cu origini diferite (prezentate în tabelul 2.1), precum și trei soiuri din colecția iradiată cu raze gama, expuse la patru doze diferite (200 – 500 Gy), conform tabelului 2.2.

Tabelul 2.1. Genotipurile colecției de *Sesamum indicum*

Numărul de genotipuri	Nume mostră	Număr	Origine
1	L ₁	3-3, p76	-
2	Djerelo	UE 1000077	Ucraina
3	Zaltsadovski	UE 1000020	Ungaria
4	Kubanets 57	UE 1000006	Ucraina
5	Gusar	UE 1000048	Ucraina
6	BiolSadovski	UE 1000012	Ungaria
7	k – 1265	UE 1000019	Turcia
8	Bliscucii	UE 1000095	Ucraina
9	Natasa	UE 1000039	Ucraina
10	Kubanets 93	UE 1000004	Rusia
11	Donskoi belosemiannîi.	UE 1000011	Rusia
12	k-1621	UE 1000021	Grecia
13	Cumhuriyet 99	UE 1000054	Turcia
14	k-1257	UE 1000040	Turcia
15	k-1555	UE 1000010	Turcia
16	Solnecinîi	UE 1000026	Rusia
17	Boiarin	UE 1000049	Ucraina
18	Adaptovanîi 2	UE 10000074	Ucraina
19	Lider	UE 10000055	Ucraina
20	Kubanets 55	UE 1000002	Rusia
21	Kadet	UE 1000047	Ucraina
22	L ₂	3-3, p 96	-
23	N162/0781	k-738	Rusia
24	Taşkentskii 122	k-741	Uzbekistan
25	Konditerskii 2058	k-742	Uzbekistan

26	Belosemianîi 177	k-902	Turkmenia
27	VNIIMK 889	k-921	Rusia
28	VNIIMK 1	k-922	Rusia
29	Manjurskii ulucisennîi	k-925	Uzbekistan
30	Margo	k-1122	SUA
31	Liano	k-1123	SUA
32	Delco	k-1124	SUA
33	Dulce	k-1125	SUA
34	Serebristîi	k-1237	Uzbekistan
35	Iubileinîi	k-1298	Rusia
36	Zalt Sadovzri	k-1616	Bulgaria
37	UCR/82 n 209-SUAT	k-1726	Vietnam
38	Margo Tall	k-1728	Vietnam
39	Oro Shot	k-1729	Vietnam
40	Oro 9/71	k-1731	Vietnam

Tabelul 2.2. Formele mutante de *Sesamum indicum*

Numarul de doze	Zaltsadovski	Kadet	Adaptovanîi 2
1	200 Gy	200 Gy	200 Gy
2	300 Gy	300 Gy	300 Gy
3	400 Gy	400 Gy	400 Gy
4	500 Gy	500 Gy	500 Gy

Materialul a fost furnizat din colecția activă a Laboratorului de Resurse Genetice Vegetale al IGFPP din cadrul USM.

2.2. Caracteristica factoriilor climatici în perioada cercetărilor

Datele privind nivelul temperaturii și umidității (tabelul 2.3), furnizate cu amabilitate de Serviciul Hidrometeorologic de Stat din Republica Moldova și stația hidrometeorologică Fieldclimate, evidențiază condiții variate - atât optime, cât și stresante - pentru creșterea și dezvoltarea plantelor de susan.

Anul agricol 2019 a fost caracterizat prin temperaturi ridicate, cu o cantitate anuală de precipitații în limitele normei. Temperatura medie anuală a aerului a fost de +12,2°C, depășind norma cu 2,7°C, iar pe o mare parte a teritoriului s-a înregistrat pentru prima dată din întreaga perioadă de observații. Cantitatea anuală de precipitații a fost de 403 mm, adică 80-120% din normă. Condițiile agrometeorologice au fost în general satisfăcătoare pe parcursul majorității perioadei de vegetație a anului 2019, favorizând formarea recoltei la principalele culturi agricole. Aceste condiții au fost, de asemenea, favorabile pentru dezvoltarea susanului.

Primăvara anului 2020 a fost caracterizată de temperaturi ridicate și precipitații semnificative. Temperatura medie anuală a aerului a ajuns la 12,7°C, cu 3,2°C mai mult decât valoarea normală, ceea ce a plasat acest an pe primul loc în seria anilor cu temperaturi medii anuale mai mari. Cantitatea anuală de precipitații a fost de 562 mm, sau 70-105% din normă.

Tabelul 2.3. Regimul termic (t°C) și pluviometric (mm) pentru perioada de vegetație a susanului în anii 2019-2021

Lunile	Decada	Media pe ani					
		2019		2020		2021	
		T. medie °C	Pr, mm	T. medie °C	Pr, mm	T. medie °C	Pr, mm
Mai	I	13,08	5,20	13,83	19,80	14,34	16,10
	II	17,88	9,00	16,31	10,70	14,75	73,70
	III	19,77	20,40	13,22	36,60	16,66	11,40
Iunie	I	21,01	14,40	19,86	6,20	17,09	50,60
	II	25,55	67,90	22,08	80,00	18,70	30,60
	III	23,85	0,40	23,56	0,00	24,76	4,60
Iulie	I	22,17	28,80	24,18	74,60	22,22	90,40
	II	19,57	3,00	21,48	6,20	26,12	17,60
	III	24,48	0,90	25,22	4,00	23,61	5,90
August	I	21,92	46,90	24,50	0,00	22,74	81,50
	II	23,51	0,00	23,57	0,50	22,30	4,40
	III	25,74	0,00	24,07	3,90	20,22	31,60
Septembrie	I	22,16	3,10	23,02	0,00	16,43	1,90
	II	18,09	0,00	21,13	0,00	18,78	0,00
	III	15,50	6,90	18,24	75,20	12,02	14,50
Octombrie	I	12,65	14,10	18,02	53,00	10,34	0,00
	II	14,18	4,40	14,01	19,20	10,02	10,70
	III	10,14	1,60	12,12	8,60	10,14	0,60

Comparativ cu anul 2019, temperatura medie anuală a fost mai ridicată cu 0,5°C, iar cantitatea anuală de precipitații a fost mai mică, cu 30-80 mm. Condițiile agrometeorologice au fost nefavorabile în mare parte a perioadei de vegetație, din cauza regimului termic ridicat și a deficitului de precipitații, afectând negativ formarea recoltei la principalele culturi agricole.

Din punct de vedere meteorologic, anul 2021 a fost caracterizat de un regim termic neomogen și de precipitații variabile. Astfel, temperatura medie anuală a aerului a fost între +8,9°C și +11,4°C, depășind norma cu 0,5-1,6°C. De asemenea, cantitatea anuală de precipitații a variat între 500 și 810 mm, reprezentând 100-155% din normă. În ciuda acestor fluctuații, la începutul perioadei de vegetație din luna iunie, precum și pe parcursul lunilor iulie și octombrie, condițiile meteorologice au fost favorabile pentru creșterea și dezvoltarea susanului.

Astfel, din analiza temperaturilor și precipitațiilor înregistrate în perioada de desfășurare a experimentelor, se poate concluziona că anii 2018, 2019 și 2021 au fost favorabili pentru creșterea, dezvoltarea și formarea recoltei de susan.

2.3. Metode de cercetare

Semănatul lotului experimental a fost efectuat manual în rânduri, conform schemei de semănat, (60x10 cm) la o densitate de 17 plante pe metru pătrat. Ulterior, în faza de 2-3 perechi de frunze adevărate, s-a realizat răritul plantelor, lăsându-se numărul necesar de plante conform schemei de semănat. Pentru menținerea câmpului curat de buruieni și asigurarea unei dezvoltări

optime a plantelor, au fost efectuate două prașe manuale. Schema de semănat și dimensiunea parcelelor au fost aceleași pentru genotipurile din colecție și formele mutante obținute prin iradiere cu raze gama (Gy), cu suprafața de 4,5 m² (figura 2.1).

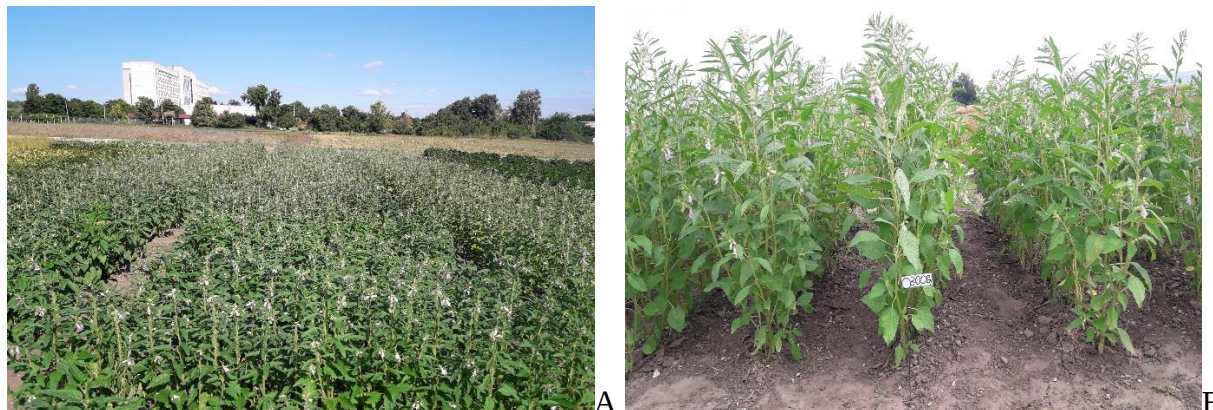


Figura 2.1. Genotipurile de *Sesamum indicum* pe lotul experimental: A) colecția; B) forme mutante

Pe parcursul perioadei de vegetație a plantelor, s-au efectuat observații fenologice, iar datele au fost înregistrate în registrul experienței, incluzând etape precum semănatul, răsărirea plantelor, începutul înfloririi (la 10% dintre plante), 50% din plante înflorite, sfârșitul înfloririi, coacerea fiziologică și coacerea deplină. De asemenea, genotipurile au fost evaluate pe baza unei serii de parametri conform Descriptorului IPGRI pentru susan [96].

S-a constatat că condițiile de mediu au permis o diferențiere semnificativă a genotipurilor de susan, referitor la potențialul lor de creștere, dezvoltare și productivitate. În etapele dezvoltării ontogenetice, s-au examinat perioadele de creștere, dezvoltare și categoriile de maturare. Astfel, soiurile și liniile au fost împărțite în patru clase de precocitate: I – Precoce (< 113 zile), II – Medii precoci (118–127 zile), III – Medii tardive (129–134 zile), și IV – Tardive (> 140 zile).

Mai mult, au fost realizate măsurări biometrice pentru a evalua înălțimea plantelor, lungimea internodurilor, lungimea capsulelor, numărul de capsule pe plantă, numărul de semințe pe capsulă, masa a 1000 de semințe și productivitatea pe plantă.

Temperatura scăzută a fost luată în considerare, având în vedere că perspectiva soiurilor și liniilor de susan se concentrează în mare parte pe volumul potențial al producției în condiții de stres termic. Având în vedere aceste considerente, genotipurile din colecție care au arătat valori ridicate pentru o serie de parametri importanți au fost evaluate inițial pe baza rezistenței la factorul de temperatură în condiții de laborator.

Pentru fiecare genotip, s-au utilizat câte 50 de semințe, care au fost plasate în cutii Petri și incubate în cameră-frigider la temperatura de 15°C timp de 12 zile. Alte semințe, cu un număr similar, au fost menținute în termostată la temperatura optimă (+25°C) pentru aceeași perioadă de timp (varianta martor), în trei repetări pentru fiecare genotip [4]. După 12 zile, s-au determinat

germinația semințelor, lungimea rădăcinilor și lungimea tulpinilor atât în varianta martor, cât și la temperatura minimă de germinare.

Pentru determinarea influenței **stresului hidric**, s-a utilizat polietilenglicolul PEG 6000, în concentrația optimă de 15% (-0,295 MPa). S-au aplicat două tratamente: în cazul variantei martor, semințele au fost înmuiate în 10 ml de apă distilată, iar în varianta tratată cu PEG, s-au utilizat 10 ml de soluție. S-au folosit câte 50 de semințe în trei repetări, în cutii Petri, care au fost menținute timp de cinci zile într-o cameră climatică setată la 28°C [118].

Astfel, determinarea rezistenței genotipurilor și liniilor de susan a fost realizată prin împărțirea acestora în clase de rezistență. Intervalul dintre clase (Int) a fost calculat conform recomandărilor [243], folosind ecuația:

$$Int = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{r}, \text{ unde}$$

$X_{\max}$ și $X_{\min}$ – valoarea maximală și minimală a rezistenței genotipurilor din eșantionul luat în comparație; r – numărul de clase.

Divizarea genotipurilor și liniilor a fost efectuată în 4 clase de rezistență.

Clasa I – genotipuri rezistente;

Clasa II – genotipuri tolerante;

Clasa III – genotipuri sensibile cu plasticitate mare: stabilitate mică a funcțiilor în timpul stresului și capacitate de reversie mare;

Clasa IV – genotipuri sensibile cu stabilitate mică și capacitate mică de restabilire a funcțiilor.

De asemenea, determinarea **agenților cauzali** care provoacă putrezirea rădăcinilor și brunificarea tulpinii și frunzelor la susan s-a realizat prin metoda izolării acestora pe mediile PDA (Potato Dextrose Agar) (figura. 2.2) [204].



Figura. 2.2. Simptomele de alternarioză pe frunze (A), fuzarioză pe rădăcini (B) și izolarea patogenilor (C, D) din frunze și rădăcini tumefiate bolnave

Identificarea agenților patogeni a fost efectuată pe baza caracterelor macro- și microscopice, utilizând determinanții micologici (figura 2.3) [6; 176].

Pentru testările de laborator, s-a utilizat filtratul de cultură (FC) al fungilor *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* și *Fusarium solani*, preparat prin inocularea miceliului în mediul lichid Czapek-Dox, care conținea următorii compuși (g/l apă distilată): NaNO_3 – 3,0; K_2HPO_4 – 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5; KCl – 0,5; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,01; zaharoză – 30,0, preparat în cadrul laboratorului de Genetică aplicată al IGFPP [123; 204].



Figura. 2.3. Aspecte microscopice ale fungilor *A. alternata*(A), *F. oxysporum*(B) și *F. solani* (C) (300*)

Semințele de susan au fost tratate cu FC timp de 18 ore, iar semințele menținute în apă distilată au servit drept martor. Cultivarea plantulelor a avut loc în cutii Petri pe hârtie de filtru umectată cu apă distilată, la temperatura de 22-24°C, timp de 6 zile.

În calitate de indici-test ai reacției plantelor, au fost selectate caractere importante de creștere și dezvoltare ale plantelor la etapele timpurii ale ontogenezei, precum germinația, lungimea rădăcinii și lungimea tulpinii. Pentru fiecare variantă s-au semănat câte 50 de semințe pentru fiecare genotip și agenții patogeni.

Identificarea genotipică-moleculară a patogenilor a fost realizată în laboratorul de Genetică moleculară al IGFPP prin metoda nested-PCR, utilizând multiple perechi de primeri. Probele de semințe au fost selectate din roada anilor 2020–2021, iar probele de frunze au fost prelevate în prima decadă a lunii iulie 2021–2022. Frunzele intacte, fără simptome vizibile, au fost colectate pentru identificarea agenților patogeni. ADN-ul total a fost extras din 40 mg de material semincer și 400 mg de frunze, folosind o metodă de extracție care combină utilizarea tamponului de extracție SDS de 5% și 2%.

Identificarea patogenilor din genul *Alternaria*, *Fusarium* și speciei *Myrothecium roridum* a fost realizată în semințele genotipurilor de susan, printre care *Biolsadovski*, *Zaltsadovski*, *Lider*, *Manjurscki ulucișenii*, *Kubanets 57*, *Donskoi belosemiannii*, *Liano*, *Natașa*, *Margo*, *Solnecinii*, *Gusar*, *Serebristii*, dar și în frunzele genotipurilor *Lider*, *k-1621*, *Solnecinii*, *Natașa*, *Boiarin*, *Bliscucii*, *k – 1555*, *Zaltsadovski*, *Biolsadovski*, *Donskoi belosemiannii*, *Gusar*, *Kubanets 57*, *Manjurschii ulucișenii*, care se diferențiază prin gradul lor de susceptibilitate la

boli fungice. Cuantificarea și analiza calității ADN-ului extras au fost realizate prin electroforeza în gel de agaroză, utilizând markeri comerciali din fagul λ (Thermo Fischer Scientific).

Tabelul 2.4. Particularitățile primerilor utilizați pentru identificarea prin nested-PCR a fungilor patogeni

Denumirea fitopatogenului	Runda	Primer	Secvența nucleotidică 5'→3'
<i>Alternaria spp.</i>	I	1/ ac1	fr.GTCGGTAGTGACGCTTCTCC
		1/ ac4	rev.AAGATGAGGTGGTTGCGGTT
<i>Alternaria spp.</i>	II	2/ ac2	fr.GTGTCTGGGTTGGTGTCCAT
		2/ ac3	rev.ACGGCCAGCATCTGTGAAG
<i>A. alternata</i>	I	1/ <i>Aa1</i>	fr.GGCCATCCAAGTTGCGAAAAC
		1/ <i>Aa4</i>	rev.ACACCCATAACGAACATGGGG
<i>A. alternata</i>	II	2/ <i>Aa2</i>	fr.TCTGTGGTCGCAGAATGCAG
		2/ <i>Aa3</i>	rev.GGCGTCAGCAGAGGGGAG
<i>A. solani</i>	I	as1	fr.ATCCGCATCGCGACATTAGTC
		as4	rev. GCCCATGACGAACATGGGA
<i>A. solani</i>	II	as2	fr.TCTACAGCTGCAGAATGCAGG
		as3	rev.AGCGTCAGCAGAAGGAGC
<i>Myrothecium roridum</i>	I	1/Myr1	fr.ACTCCCAAACCCTTTGTGAACC
		1/Myr4	rev.TGGGGTGTTTTACGGCATGG
<i>Myrothecium roridum</i>	II	2/Myr2	fr.TGTCTTTAGTGGTTTTCTCCTCTGA
		2/Myr3	rev.GAGACCGCCACTGAATTTTCG
<i>Fusarium spp.</i>	I	1/fc1	fr. TCAGACCGGTCAGTGCGTAA
		1/fc4	rev. CCATCATGTTCTTGGGGTCGAA
<i>Fusarium spp</i>	II	2/fc2	fr. AGCTGTCCAACCCCTCTTACG
		2/fc3	rev. CAGCGCGGAAAGAGTGAGC
<i>F. equiseti</i>	I	1/fqeq1	fr. GTCATCAACCCCGCCATACG
		1/fqeq4	rev. TCGAGGAAAATGGAAACCAACCT
<i>F. equiseti</i>	II	2/fqeq2	fr. GCCATACGTGGTGGGGTTAAT
		2/fqeq3	rev. ATCGAGGAAAATGGAAACCAACCT
<i>F. avenaceum</i>	I	1/fa1	fr. CTCCCATCGATTCCCACGAC
		1/fa4	rev. GTGACTGCAAGACATAGTGCG
<i>F. avenaceum</i>	II	2/fa2	fr. CGACTCGCTCCCTCATTCG
		2/fa3	rev.GTTTTGTGGGAACAGGGCAAG
<i>F. nivale</i>	I	1/fni1	fr. CTTGAACTCGCGGTCTCTGA
		1/fni2	rev.GCCTGCGGTTTGGTCAAG
<i>F. nivale</i>	II	2/fqni3	fr. GATCCAAGAGCCGTTGAGGAAAA
		2/fqni4	rev. CAGCGTGGGCACCTCAAC
<i>F. culmorum</i>	I	1/fcute1	fr. CATCCCAACCCCGCCGATA
		1/fcute4	rev. CGCGCCTAGGGAATGGTTTG
<i>F. culmorum</i>	II	2/fcute2	fr. CGATACATGGCGGGGTAGTTT
		2/fcute3	rev. ATGAGCCCCACCAGAAAAATTACG
<i>F.sporotrichioides</i>	I	1/fspte1	fr. CAGACTTGCGGGGTAGTTTC
		1/fspte4	rev. GAGCGTCTGGTAGGCATGTT
<i>F.sporotrichioides</i>	II	2/fspte2	fr. CTCTCATACGACGACTCGACAAG
		2/fspte3	rev. TGTGTGGGAAGGGCAAAAGC
<i>F. oxysporum</i>	I	1/fox1	fr.ATCTGCCATCGTCAATCCCG
		1/fox4	rev.ACGTGACGACGCACTCATT
<i>F. oxysporum</i>	II	2/fox2	fr.GACCGGGAGCGTCTGAGT
		2/fox3	rev.GTCAACATACTGACATCGTTTACA

Nested-PCR a fost efectuată într-un amestec de 20 µl care conţinea 1x tampon PCR, 0,1 mM dNTP, 0,2 µl de primer direct şi invers, 1 unitate de ADN-polimerază Taq şi aproximativ 50 ng de ADN matriţă. Analiza PCR a fost realizată în două runde. Amplificarea s-a efectuat într-un termociclu Bioer, având următorul protocol: denaturare iniţială la 94°C timp de 4 minute, urmată de 30 de cicluri, fiecare cu denaturare la 94°C timp de 1 minut, aliniere la 61°C timp de 1 minut şi elongare la 72°C timp de 1 minut. Temperatura de aliniere în a doua rundă a fost de 60°C. Amplificarea a fost finalizată cu o elongare terminală la 72°C timp de 7 minute. Ampliconii au fost separaţi prin electroforeza pe gel de agaroză 1,5%, cu tampon 1xTBE, colorat cu bromură de etidiu şi vizualizaţi sub razele UV [241].

Speciile de *Fusarium* au fost determinate pe baza ADN-ului extras din seminţele de susan, utilizând nested-PCR cu primeri din regiunea genei beta-tubulinei; pentru *F. equiseti* s-a utilizat gena poliketid sintaza (PKS13), pentru *F. avenaceum* gena factorului de alungire a translaţiei finale 1-alfa, pentru *F. culmorum* gena factorului de alungire a translaţiei 1-alfa, pentru *F. sporotrichioides* gena parţială pentru factorul de alungire a translaţiei 1-alfa (exonii 1–4), iar pentru *F. nivale* gena subunităţii ARN-polimerază II (RPB2). Descrierea primerilor este prezentată în tabelul 2.4.

De asemenea, relaxometria NMR (rezonanţa magnetică nucleară) a fost utilizată ca metodă non-distructivă pentru analiza structurii interne şi a compoziţiei materialelor biologice, inclusiv seminţele de susan. Această tehnică este folosită pentru a evalua conţinutul de ulei în seminţele de plante, având un rol important în cercetările agricole şi în industria uleiurilor vegetale [126]. Relaxometria NMR permite studierea comportamentului protonilor în diferitele componente ale seminţelor (uleiuri, apă, proteine) prin măsurarea timpilor de relaxare, care sunt influenţaţi de mediul chimic în care se află protonii.

Principiul de funcţionare al relaxometrului NMR este bazat pe măsurarea proceselor de relaxare ale nucleelor atomice, în special ale protonilor (H), atunci când sunt expuse la un câmp magnetic puternic şi un impuls de undă radio. În cadrul acestei tehnici, sunt măsurate două procese principale: relaxarea longitudinală (T1) şi relaxarea transversală (T2). Timpul T1 (relaxarea longitudinală) se referă la perioada în care magnetizarea protonilor se aliniază cu câmpul magnetic extern după perturbarea cauzată de impulsul radio, în timp ce timpul T2 (relaxarea transversală) măsoară perioada în care protonii se relaxează în direcţia perpendiculară pe câmpul magnetic, interacţionând între ei şi cu mediul înconjurător [109; 227; 235]

În seminţele de plante, protonii din uleiuri au timpi de relaxare diferiţi faţă de cei din apă sau alte substanţe, datorită diferenţelor structurale şi polarităţii acestora. Uleiurile, având o structură moleculară mai uniformă şi un mediu mai puţin polar decât apa, dau un semnal NMR cu un timp de relaxare mai lung. Aceasta este o diferenţă semnificativă faţă de componentele

hidrofobe, cum ar fi proteinele sau carbohidrații, care au timpi de relaxare mai scurți și comportamente de relaxare mai complexe. Prin urmare, analiza acestor timpi de relaxare permite determinarea cantității și distribuției uleiului în semințele de plante, ceea ce face ca relaxometria NMR să fie o metodă foarte eficientă pentru evaluarea conținutului de ulei din semințele de plante, fără a necesita prelucrarea chimică a probelor și fără a le distruge [128; 227].

Această metodă se dovedește a fi extrem de utilă în cercetările agricole, deoarece permite determinarea rapidă și precisă a conținutului de ulei în semințele de plante, având un impact major în selecția și îmbunătățirea genetică a plantelor oleaginoase. De asemenea, datorită caracterului non-distruktiv al tehnicii, se pot obține informații despre semințele analizate fără a le deteriora sau a le afecta calitatea, ceea ce face ca această metodă să fie superioară altor tehnici tradiționale de extracție chimică a uleiului [109].

În cadrul experimentului realizat pentru evaluarea **conținutului de ulei** în semințele de susan, materialul semincer, compus din 40 de genotipuri, a fost colectat la coacerea deplină a acestora, provenind de la baza spre vârful plantei..Experimentul a fost efectuat în trei repetiții, iar pentru fiecare repetiție au fost utilizate 25 de semințe. Întregul experiment s-a desfășurat la o temperatură constantă de 19°C. Datele obținute au fost colectate și prelucrate pentru determinarea procentului de ulei din semințele fiecărui genotip. Relaxometria NMR a fost utilizată pentru a obține o evaluare precisă și rapidă a conținutului de ulei, oferind informații valoroase despre distribuția uleiului în semințele de susan și diferențele între genotipurile studiate [246].

În paralel, procesul de **Mutagenza experimentală** reprezintă una dintre cele mai utilizate metode pentru inducerea unor forme mutante noi din genotipurile existente. Tehnicile tradiționale aplicate pentru inducerea mutațiilor se referă la utilizarea factorilor fizici și chimici. Radiațiile gama, ca mutagen fizic, sunt folosite pentru a genera efecte asupra organismelor vii prin distribuirea energiei prin ionizare, ceea ce duce la inducerea mutațiilor [92]. Efectele radiațiilor asupra materialului genetic pot apărea atât direct, cât și indirect, atunci când radiațiile ionizante pătrund în nucleul celulei. În cazul efectelor directe, radiațiile ionizante acționează direct asupra atomilor țintă, cum sunt proteinele enzimatice, structurale și ARN-ul, care sunt vulnerabili la leziuni cauzate de radiații. Acestea generează radicali liberi care afectează ADN-ul, provocând rupturi cromozomiale mono- sau dublu-catenare.

Teoria indirectă sugerează că radiațiile ionizante își exercită efectul prin radioliza apei celulare, formând radicali liberi care interacționează cu atomii și moleculele din celule, în special cu ADN-ul, generând modificări biochimice, fiziologice și structurale [16; 247].

Astfel, radiațiile ionizante reprezintă o metodă importantă în ameliorarea plantelor, contribuind la crearea variabilității genetice care nu există în natură [44]. Conform bazei de date

a soiurilor mutante, peste 3365 soiuri noi din sute de specii de plante au fost produse prin mutageneză, dintre care 2610 au fost obținute cu mutageni fizici, iar 1703 prin iradierea cu raze gamma [249].

Cercetările au fost efectuate prin aplicarea razelor gama. În scopul iradierii materialului genetic a fost utilizată instalația RXM-γ-20 cu sursa radioactivă Co⁶⁰. Este evident că efectele razelor gama pot varia în funcție de doza și radiația aplicată. În conformitate cu rezultatele obținute din literatura de specialitate [11], au fost selectate dozele corespunzătoare pentru iradierea semințelor de susan.

Astfel, soiurile de susan *Zaltsadovski* (precoc), *Kadet* (mediu tardiv) și *Adaptovanîi* 2 (precoc) au fost supuse iradierii la dozele de 200 Gy, 300 Gy, 400 Gy și 500 Gy, fiind utilizate câte 500 de semințe (1,4 g; 1,5 g și 1,5 g). În ziua următoare, semințele iradiate au fost semănate în câmp pe lotul experimental, conform standardelor agronomice.

2.4. Analiza statistică a datelor.

Prelucrarea statistică a datelor obținute s-a realizat prin calcularea următorilor parametri [242]:

1. Media aritmetică, $\bar{x}$

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i$$

2. Coeficientul de corelare, r

$$r = \frac{(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{(x - \bar{x})^2 (y - \bar{y})^2}}$$

Variația genotipică (V_g) și fenotipică (V_{ph}) a fost calculate după Falconer, 1989 [72], utilizând datele analizei varianțelor pentru caracterele analizate.

$$V_g = \frac{GMS - EMS}{r} \text{ și } V_{ph} = V_g + EMS$$

unde, GMS –media pătrată genetic, EMS – eroarea mediei pătrate și r – replicări.

Coeficientul variației genotipice (VG) și coeficientul variației fenotipice (VF) au fost calculați conform următoarelor formule propuse de Singh și Chaudhury[184].

$$VG = \frac{\sqrt{V_g}}{\bar{x}} \times 100 \text{ și } VF = \frac{\sqrt{V_{ph}}}{\bar{x}} \times 100$$

unde, V_g – variația genotipică, V_{ph} – variația fenotipică, $\bar{x}$ – media populației.

Valoarea heritabilității în sens larg a fost apreciată după formula: $H^2 = \frac{V_g}{V_{ph}} \times 100$

unde, V_g – variația genotipică, V_{ph} – variația fenotipică.

Contribuția genetică (AG, Genetic Advance) în valori relative a fost calculată conform:

$$AG \% = \frac{100 \times k \times H^2 \times V_{ph}}{\bar{X}}$$

unde, k coeficientul selecției parametrului la semnificația 5%: $k = 2,06$, V_{ph} – variația fenotipică, H^2 – heritabilitatea în sens larg, AG – avantajul genetic și X – media generală a caracterului.

Analizele statistice s-au efectuat în pachetul de soft *Statistica 8* și *Statgraphics Plus 2.1*.

2.5. Concluzii la capitolul 2.

1. În calitate de material de studiu au fost 40 de soiuri și linii de *Sesamum indicum* cu origini diferite, precum și trei soiuri iradiate cu raze gama, expuse la diverse doze. Condițiile agrometeorologice din perioada 2018-2021 au fost variabile, însă anii 2018, 2019 și 2021 au fost favorabili pentru creșterea și dezvoltarea susanului. Analiza fenologică și biometrică genotipurilor a permis stabilirea claselor de precocitate și evaluarea potențialului lor de creștere și productivitate.
2. Evaluarea în condiții de temperatură scăzută și stres hidric a permis identificarea rezilienței diferite a genotipurilor de susan la factorii abiotici, ceea ce a contribuit la selectarea celor mai promițătoare germoplasme pentru cultivare în condiții de stres abiotic.
3. Determinarea agenților patogeni responsabili de putrezirea rădăcinilor, cât și brunificarea tulpinii și frunzelor la susan, a fost realizată prin izolarea acestora pe medii PDA și identificarea lor pe baza caracterelor macro- și microscopice. Testările de laborator au implicat utilizarea filtratului de cultură al fungilor *A. alternata*, *F. oxysporum* și *F. solani*, aplicat semințelor de susan, iar reacția plantelor a fost evaluată prin analiza germinației, lungimii rădăcinii și tulpinii. Această abordare a permis identificarea răspunsului plantelor la infecția fungică, fiind evidențiat impactul acestora asupra dezvoltării timpurii a susanului.
4. Identificarea genetico-moleculară a patogenilor din genul *Alternaria*, *Fusarium*, cât și a speciei *Myrothecium roridum*, a fost realizată în semințele și frunzele genotipurilor de susan prin metoda nested-PCR, realizată prin electroforeză în gel de agaroză, a permis identificarea agenților patogeni și evaluarea gradului de susceptibilitate al genotipurilor de susan.
5. Relaxometria NMR s-a dovedit a fi o metodă eficientă și non-distructivă pentru evaluarea conținutului de ulei în semințele de susan. Tehnica a permis analiza semințelor, demonstrând utilitatea metodei în cercetările agricole și, implicit, în ameliorarea plantelor oleaginoase.
6. Procesul de mutagenză experimentală prin utilizarea radiațiilor gama a permis generarea de mutații care pot contribui la ameliorarea plantelor de susan. Tehnica joacă un rol important în dezvoltarea soiurilor de susan cu trăsături îmbunătățite.

7. Prelucrarea statistică a datelor a implicat utilizarea parametrilor standard pentru analiza variației genotipice și fenotipice, precum și a coeficientului de variație, heritabilității și contribuției genetice. Analizele efectuate cu ajutorul pachetelor statistice Statistica 8 și Statgraphics Plus 2.1 au furnizat informații esențiale pentru evaluarea variației și potențialului genetic al genotipurilor de susan studiate.

3. EVALUAREA GENOTIPURILOR DIN COLECȚIA DE SUSAN DUPĂ UNELE CARACTERE MORFO-BIOLOGICE

Susanul reprezintă o cultură de mare importanță economică, fiind apreciat în special pentru semințele sale bogate în uleiuri comestibile. Studiile asupra caracterelor cantitative și calitative ale susanului au evidențiat o mare variabilitate între genotipuri, modificări ce influențează semnificativ atât randamentele și calitatea produselor obținute. Această diversitate fenotipală este determinată atât de factori genetici, cât și de condițiile de mediu, care afectează diverse trăsături ale plantei, inclusiv germinația, perioada de vegetație și producția de semințe. Variabilitatea observată între genotipuri are un impact considerabil asupra adaptabilității plantelor la condițiile pedoclimatice, influențând astfel atât productivitatea, cât și calitatea semințelor și a uleiului produs [128; 227].

3.1. Studiul materialului genetic din colecția de susan în raport cu durata perioadei de vegetație și analiza variabilității fenotipice a caracterelor cantitative.

Unul dintre primele etape care determină succesul la cultura susanului este răsărirea plantulelor. Aceasta este esențială pentru stabilirea densității plantelor și influențează direct randamentele de semințe. Conform studiilor realizate de Yadav și colab. [227], rata de germinație și dezvoltarea plantelor depind în mod semnificativ de condițiile de mediu, în special de temperatura solului. Genotipurile cu o germinație rapidă și o dezvoltare uniformă au un avantaj semnificativ, deoarece permit o mai bună acoperire a terenului și o utilizare eficientă a resurselor de apă și nutrienți. Acest aspect are un impact direct asupra productivității per plantă și asupra randamentelor generale ale recoltei.

Perioada de la răsărire până la înflorire este un alt caracter fenologic important, care variază semnificativ între diferitele genotipuri de susan. Conform studiilor realizate de Mandal și colab. [128], perioada necesară pentru atingerea înfloririi poate varia între 35 și 70 de zile, în funcție de tipul de genotip și de condițiile pedoclimatice. Genotipurile care ating înflorirea mai rapid sunt favorizate în regiunile cu perioade de vegetație scurte, în timp ce genotipurile care înfloresc mai târziu sunt adesea preferate în zonele cu condiții de climă mai favorabile, unde perioada de vegetație este mai lungă. Astfel, genotipurile timpurii sunt preferate pentru zonele cu climă mai severă, iar cele tardive pentru zonele cu climă mai blândă.

Perioada totală de vegetație a susanului variază semnificativ între genotipuri, de la aproximativ 90 până la 180 de zile. Potrivit cercetărilor genotipurile timpurii au o perioadă de vegetație mai scurtă și sunt favorizate în regiunile cu condiții climatice mai dure, în timp ce genotipurile tardive, cu perioade mai lungi de vegetație, sunt mai potrivite pentru zonele cu climă favorabilă, unde plantele pot beneficia de mai mult timp pentru acumularea de biomasa și

semințe. Genotipurile cu perioade lungi de vegetație pot produce randamente mai mari datorită extinderii timpului de creștere, în timp ce genotipurile cu perioade scurte de vegetație sunt esențiale pentru regiunile cu climă mai rece și mai scurtă [128].

În cadrul cercetărilor efectuate în perioada 2019-2021, au fost evaluate 40 de soiuri și linii de susan provenite din diferite regiuni geografice și cu diferite fundamente genetice din colecția laboratorului de Resurse Genetice Vegetale al IGFPP.

Tabelul 3.1. Distribuirea soiurilor și liniilor de susan pe baza precocității, în zile de vegetație (2019-2021)

Numărul	Genotip	2019	2020	2021
1	L ₁	114	105	120
2	Djerelo	110	103	116
3	Zaltsadovski	113	102	120
4	Kubanets 57	120	115	128
5	Gusar	110	100	118
6	BiolSadovski	119	113	128
7	k-1265	120	110	125
8	Bliscucii	126	115	132
9	Natașa	114	106	120
10	Kubanets 93	128	118	134
11	Donskoi belosemiannîi	112	100	118
12	k-1621	126	120	135
13	Cumhuriyet 99	107	98	114
14	k- 1257	146	139	154
15	k-1555	126	120	133
16	Solnecinîi	126	120	135
17	Boiarin	107	99	112
18	Adaptovanîi 2	114	105	120
19	Lider	125	119	133
20	Kubanets 55	127	120	133
21	Kadet	130	121	136
22	L ₂	132	125	140
23	N162/0781	95	90	100
24	Taşkentskii 122	121	114	129
25	Konditerskii 2058	130	122	136
26	Belosemeannîi 177	133	126	139
27	VNIIMK-889	124	115	131
28	VNIIMK-1	118	110	126
29	Manjurski ulucişennîi	130	125	138
30	Margo	128	123	136
31	Liano	148	142	158
32	Delco	146	140	154
33	Dulce	150	144	160
34	Serebristîi	134	127	140
35	Iubileinîi	130	125	136
36	Zalt Sadovzri	129	124	136
37	UCR/82 n 209-SUAT	134	127	140
38	Margo Tall	141	134	148
39	Oro Shot	133	125	139
40	Oro 9/71	138	134	147

Aceste genotipuri au prezentat o diversitate considerabilă în ceea ce privește caracteristicile cantitative ale plantei, oferind o bază largă pentru evaluarea variabilității fenotipice. Evaluările au fost realizate în condițiile pedo-climatice ale loturilor experimentale ale Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor din zona centrală a Republicii Moldova, pe fundalul manifestării unui complex de caractere morfologice și de productivitate, în perioada 2019-2021.

Analizând variabilitatea fenotipică a perioadelor interfazice și a întregii perioade de vegetație, s-a observat o diversitate semnificativă între genotipurile studiate. Astfel, în anii 2019 și 2021, s-a înregistrat o răsărire mai târzie a plantelor de susan, cu un interval de 9-14 zile la toate genotipurile, în timp ce în anul 2020 răsărirea a fost mai rapidă, variind între 6 și 8 zile. Perioada de la răsărire până la înflorire a variat între 38-53 zile în 2019, 28-45 zile în 2020 și 40-53 zile în 2021. Colecția germoplasmei de susan a prezentat o variabilitate fenotipică largă în ceea ce privește durata perioadei de vegetație (tabelul 3.1). Genotipul și factorii climatici anuali, precum și interacțiunea dintre aceștia, au influențat considerabil manifestarea fenotipurilor pe parcursul perioadei de vegetație.

În anul 2021, cantitatea mai mare de precipitații (418,3 mm) din perioada mai-octombrie a contribuit la extinderea perioadei de vegetație. Comparativ cu acest an, perioada de vegetație în 2019 a fost cu 5-10 zile mai scurtă, iar în 2020 cu 10-16 zile mai scurtă. Astfel, durata perioadei de vegetație, în funcție de factorii climatici, a variat între 90 și 160 de zile.

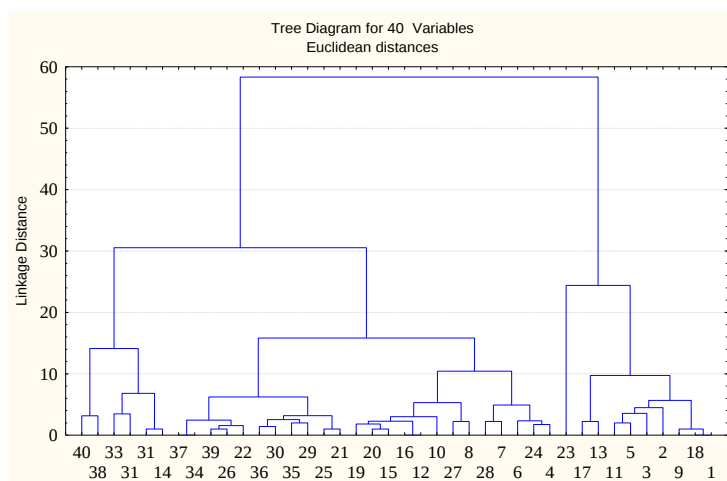


Figura 3.1. Dendrograma de repartiție a soiurilor și liniilor de susan pe baza precocității (2019-2021)

1 – *L₁*, 2 – *Djerelo*, 3 – *Zaltsadovski*, 4 – *Kubanets 57*, 5 – *Gusar*, 6 – *BiolSadovski*, 7 – *k-1265*, 8 – *Bliscucii*, 9 – *Natașa*, 10 – *Kubanets 93*, 11 – *Donskoi belosemianîi*, 12 – *k-1621*, 13 – *Cumhuriyet 99*, 14 – *k-1257*, 15 – *k-1555*, 16 – *Solnecinîi*, 17 – *Boiarin*, 18 – *Adaptovanîi 2*, 19 – *Lider*, 20 – *Kubanets 55*, 21 – *Kadet*, 22 – *L₂*, 23 – *N162/0781*, 24 – *Taşkentskii 122*, 25 – *Konditerskii 2058*, 26 – *Belosemeannîi 177*, 27 – *VNIIMK-889*, 28 – *VNIIMK-1*, 29 – *Manjurski uluçşennîi*, 30 – *Margo*, 31 – *Liano*, 32 – *Delco*, 33 – *Dulce*, 34 – *Serebristîi*, 35 – *Iubileinîi*, 36 – *Zalt Sadovzri*, 37 – *UCR/82 n 209-SUAT*, 38 – *Margo Tall*, 39 – *Oro Shot*, 40 – *Oro 9/71*.

Precoce – (Clasa I – 25%) - 1 – *L₁*, 2 – *Djerelo*, 3 – *Zaltsadovski*, 5 – *Gusar*, 9 – *Natașa*, 11 – *Donskoi belosemianîi*, 13 – *Cumhuriyet 99*, 17 – *Boiarin*, 18 – *Adaptovanîi 2*, 23 – *N162/0781*.
Mediu precoce – (Clasa II – 32,5%) - 4 – *Kubanets 57*, 6 – *BiolSadovski*, 7 – *k-1265*, 8 – *Bliscucii*, 10 – *Kubanets 93*, 12 – *k-1621*, 15 – *k-1555*, 16 – *Solnecinîi*, 19 – *Lider*, 20 – *Kubanets 55*, 24 – *Taşkentskii 122*, 27 – *VNIIMK-889*, 28 – *VNIIMK-1*.
Mediu tardive – (Clasa III – 27,5%) - 21 – *Kadet*, 22 – *L₂*, 25 – *Konditerskii 2058*, 26 – *Belosemeannîi 177*, 29 – *Manjurski uluçşennîi*, 30 – *Margo*, 34 – *Serebristîi*, 35 – *Iubileinîi*, 36 – *Zalt Sadovzri*, 37 – *UCR/82 n 209-SUAT*, 39 – *Oro Shot*.
Tardive – (Clasa IV – 15%) - 14 – *k-1257*, 31 – *Liano*, 32 – *Delco*, 33 – *Dulce*, 38 – *Margo Tall*, 40 – *Oro 9/71*.

Conform analizei clusteriene (k-medii), genotipurile colecției de susan au fost repartizate în patru clase – precoce (10), mediu precoce (13), mediu tardive (11), și tardive (6) (figura 3.1).

Potențialul productivității oricărei culturi este condiționat în principal de factorii edafici, condițiile climatice, managementul și potențialul genetic al culturii. Din acest punct de vedere, expresia fenotipică a caracterelor unei culturi este determinată atât de mediul în care cresc genotipurile, cât și de constituentul genetic al acestora. Analiza clusteriană (metoda Ward's) este o metodă valoroasă pentru identificarea grupurilor omogene de caractere, numite clustere. Caracterele (sau cazurile, observațiile) dintr-un anumit cluster au multe trăsături comune, dar sunt foarte diferite de caracterele care nu aparțin aceluși cluster. În analiza clusteriană se stabilește o dendrogramă, care rezumă procesul de aglomerare ierarhică, iar caracterele care se grupează mai devreme (cu o distanță scurtă) tind să fie mai asemănătoare în ceea ce privește măsura de proximitate definită [20].

În cercetările colecțiilor de germoplasmă au fost folosite cu succes clasificarea și estimarea diversității într-o varietate de genotipuri folosind analize multivariate ale caracterelor morfologice [3; 70].

Pe baza răspunsului caracterelor cercetate pentru anii 2019-2021, au fost studiate *înălțimea plantei*, *lungimea internodului*, *lungimea capsulei*, *numărul de capsule per plantă*, *numărul de semințe per capsulă* și *productivitatea per plantă* la genotipurile precoce, care au fost repartizate în trei clustere (figura 3.2).

În clusterul 1 au fost incluse genotipurile precoce *L₁*, *Djerelo*, *Zaltsadovski*, *Gusar*, *Natașa*, *Donskoi belosemianîi*, *Cumhuriyet 99*, *Boiarin*, *Adaptovanîi 2* și *N162/0781*, care au atins cele mai înalte valori pentru indicii: *înălțimea plantei* (103,5–106,7 cm), *numărul de capsule per plantă* (53,5–54,5 buc.), *numărul de semințe per capsulă* (53,6–68,1) și *productivitatea per plantă* (6,6–10,1 g) în anul de vegetație 2021. În acest an, s-a înregistrat cel mai înalt nivel de precipitații – 375,9–411,9 mm, care au favorizat coeficientul hidrotermic 1,7. Totodată, în acest cluster au fost incluse și *L₁*, *Donskoi belosemianîi* și *Cumhuriyet 99*, care au prezentat valori înalte ale indicilor în condițiile anului 2019, demonstrând cel mai înalt potențial de adaptabilitate în condiții hidrotermice scăzute (CHT 2019 = 0,81) [243].

Clusterul 2 a inclus genotipurile precoce *Djerelo*, *Zaltsadovski*, *Gusar*, *Natașa*, *Boiarin*, *Adaptovanî 2*, *N162/0781*, precum și *Donskoi belosemianî* și *Cumhuriyet 99*, cultivate în anii 2019 și 2021, care au prezentat un nivel mediu al caracterelor de bază. Astfel, factorii climatici din 2021 nu au favorizat caracterele cantitative pentru aceste genotipuri. Genotipurile de susan au atestat în anul 2020 cea mai scăzută variabilitate fenotipică a indicilor *înălțimea plantei*, *numărul de capsule per plantă* și *productivitatea per plantă* (60,2–74,7 cm, 15,1–33,7 capsule și 2,1–5,0 g). În condițiile de temperaturi scăzute și precipitații abundente din 2020, semănăturile au fost compromise la etapa inițială de creștere, iar semănatul repetat după 34 de zile a condus la o scădere a perioadei de vegetație cu 10–18 zile în raport cu anul 2021. Temperaturile ridicate (23,3–23,6°C) și cantitatea scăzută de precipitații (169,2 mm) pe parcursul perioadei de vegetație a mostrelor precoce au diminuat valorile parametrilor vizați. Genotipurile de susan precoce ale anului dat au format clusterul 3 (figura 3.2).

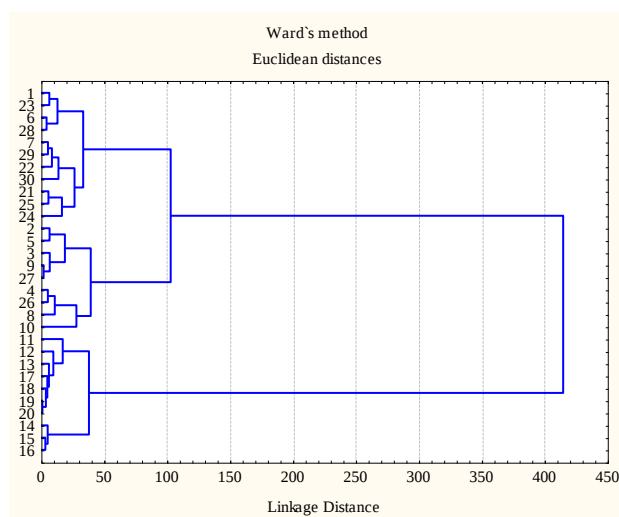


Figura 3.2. Repartiția clusteriană a mostrelor de susan precoce pe baza caracterelor cantitative (anii 2019-2021)

Pe verticală:

Cluster I – 1 – L_1 (2019), 23 – *Zaltsadovski*, (2021), 6 – *Donskoi belosemianî* (2019), 28 – *Boiarin* (2021), 7 – *Cumhuriyet 99* (2019), 29 – *Adaptovanî 2* (2021), 22 – *Djerelo* (2021), 30 – *N162/0781* (2021), 21 – L_1 (2021), 25 – *Natașa* (2021), 24 – *Gusar* (2021).

Cluster II – 2 *Djerelo* (2019), 5 – *Natașa* (2019), 3 – *Zaltsadovski* (2019), 9 – *Adaptovanî 2* (2019), 27 – *Cumhuriyet 99* (2021), 4 – *Gusar* (2019), 26 – *Donskoi belosemianî* (2021), 8 – *Boiarin* (2019), 10 – *N162/0781* (2019).

Cluster III – 11 – L_1 (2020), 12 – *Djerelo* (2020), 13 – *Zaltsadovski* (2020), 17 – *Cumhuriyet 99* (2020), 18 – *Boiarin*(2020), 19 – *Adaptovanî 2* (2020), 20 – *N162/0781* (2020), 14 – *Gusar* (2020), 15 – *Natașa* (2020), 16 – *Donskoi belosemianî* (2020).

Genotipurile mediu precoce, distribuite în clusterul 1, au manifestat cele mai mici valori cantitative ale indicilor: *înălțimea plantei* (57,5–88,2 cm), *numărul de capsule per plantă* (15,7–30,2) și *productivitatea per plantă* (2,3–5,5 g) în anul de vegetație 2020 ($CHT_{2020} = 0,9$). De asemenea, în acest cluster au fost incluse genotipurile *Kubanets 57*, *BiolSadovski* și *k-1621*,

cultivate în anul de vegetație 2019 ($CHT_{2019} = 0,7$), care au prezentat indicii: *înălțimea plantei* (77–91 cm), *numărul de capsule per plantă* (36,6–37,9) și *productivitatea per plantă* (5,7–6,9 g).

Genotipurile cu valori medii au fost repartizate în clusterul 2, incluzând genotipuri precum *k-1265*, *Lider*, *Kubanets 93*, *Solnecinîi*, *Bliscucii*, *k-1555*, *VNIIMK-889*, *Taşkentskii 122* și *VNIIMK-1*, toate cultivate în anul de vegetație 2019. Indicii vizați au variat între: 85,7–103 cm pentru *înălțimea plantei*, 33,1–50,5 pentru *numărul de capsule per plantă* și 3,9–8,0 g pentru *productivitatea per plantă*. Totodată, în acest cluster au fost incluse și genotipurile *BiolSadovski* și *k-1621* ale anului 2021, care au prezentat cel mai înalt coeficient hidrotermic ($CHT_{2021} = 1,6$), cu *înălțimea plantei* (108,2–109,5 cm), *numărul de capsule per plantă* (38,7–46,2) și *productivitatea per plantă* (7,2–6,7 g).

Genotipurile de susan mediu precoce *Kubanets 57*, *Kubanets 93*, *Taşkentskii 122*, *Bliscucii*, *Solnecinîi*, *Lider*, *VNIIMK-889*, *VNIIMK-1*, *k-1265*, *k-1555* și *Kubanets 55*, cultivate în anul 2021, dar și *Kubanets 55* în anul de vegetație 2019, au atestat cea mai înaltă variabilitate fenotipică a indicilor: *înălțimea plantei* (106,2–134,0 cm), *numărul de capsule per plantă* (44,8–62,6 buc.) și *productivitatea per plantă* (6,2–10,2 g), fiind repartizate în clusterul 3 (figura 3.3). Astfel, genotipul *Kubanets 55* a manifestat valori înalte ale caracterelor cantitative vizate, atestând o adaptabilitate ridicată la diverse condiții hidrotermice.

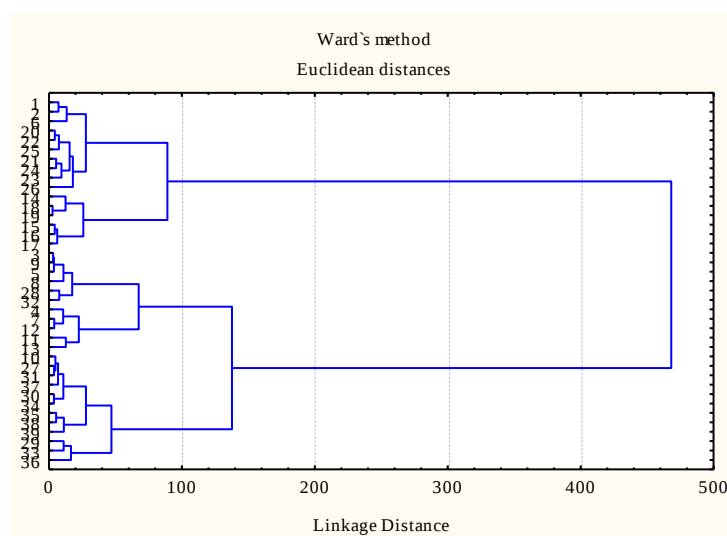


Figura 3.3. Repartiția clusteriană a mostrelor de susan mediu precoce pe baza caracterelor cantitative (anii 2019-2021)

Pe verticală:

Cluster I – 1 – *Kubanets 57* (2019), 2 – *BiolSadovski* (2019), 6 – *k-1621* (2019), 20 – *k-1555* (2020), 22 – *Lider* (2020), 25 – *VNIIMK-889* (2020), 21 – *Solnecinîi* (2020), 24 – *Taşkentskii 122* (2020), 23 – *Kubanets 55* (2020), 26 – *VNIIMK-1* (2020), 14 – *Kubanets 57* (2020), 18 – *Kubanets 93* (2020), 19 – *k-1621* (2020), 15 – *BiolSadovski* (2020), 16 – *k-1265* (2020), 17 – *Bliscucii* (2020).

Cluster II – 3 – *k-1265* (2019), 9 – *Lider* (2019), 5 – *Kubanets 93* (2019), 8 – *Solnecinîi* (2019), 28 – *BiolSadovski* (2021), 32 – *k-1621* (2021), 4 – *Bliscucii* (2019), 7 – *k-1555* (2019), 12 – *VNIIMK-889* (2019), 11 – *Taşkentskii 122* (2019), 13 – *VNIIMK-1* (2019).

Cluster III – 10 – *Kubanets 55* (2019), 27 – *Kubanets 57* (2021), 31 – *Kubanets 93* (2021), 37 – *Taşkentskii 122* (2021), 30 – *Bliscucii* (2021), 34 – *Solnecinîi* (2021), 35 – *Lider* (2021), 38 – *VNIIMK-889* (2021), 39 – *VNIIMK-1* (2021), 29 – *k-1265* (2021), 33 – *k-1555* (2021), 36 – *Kubanets 55* (2021).

Genotipurile mediu tardive *Kadet*, *Belosemeannîi 177*, *Serebristîi*, *Konditerskii 2058*, *UCR/82 n 209-SUAT*, *Oro Shot*, anul de vegetație 2019, caracterizate de precipitații slabe (196,3 mm), au fost incluse în clusterul 1. În cazul genotipurilor acestui cluster, *înălțimea plantei* a variat între 100,2 cm și 107,2 cm, *numărul de capsule per plantă* a fost între 35,9 și 53,4 bucăți, iar *productivitatea per plantă* a variat între 4,3 g și 7,1 g. De asemenea, în acest cluster au fost incluse și genotipurile cu valori medii pentru caracteristicile vizate, cum ar fi *Oro Shot* și *L₂*, care au fost influențate de precipitațiile mari din anul 2021 (413,8 mm). Astfel, mostra mediu tardivă *Oro Shot* a demonstrat o capacitate ridicată de adaptare la condițiile de umiditate.

Genotipurile mediu tardive *Konditerskii 2058*, *UCR/82 n 209-SUAT*, *Margo*, *Zalt Sadovzri*, *Kadet*, *Belosemeannîi 177*, *Manjurski uluçşennîi*, *Serebristîi* și *Iubileinîi*, din anul de vegetație 2021, care au înregistrat cele mai mari valori pentru *înălțimea plantei*, *numărul de capsule per plantă* și *productivitatea per plantă* din toate grupele de precocitate, au fost incluse în clusterul 2. În acest cluster s-au regăsit și genotipurile din anul de vegetație 2019 (*Manjurski uluçşennîi*, *Iubileinîi*, *Zalt Sadovzri*), unde *înălțimea plantei* a variat între 116,7 cm și 121,7 cm, *numărul de capsule per plantă* a fost între 45 și 57 bucăți, iar *productivitatea per plantă* a variat între 6,2 g și 8,8 g. Genotipurile respective au fost caracterizate de indici mai mari chiar și în condiții de precipitații mai reduse (196,3 mm), ceea ce demonstrează o capacitate înaltă de adaptare.

În clusterul 3 au fost incluse genotipurile mediu tardive din anul de vegetație 2020, care au avut un coeficient hidrotermic mediu de 1,05, dar temperaturi ridicate, între 22,2°C și 22,4°C pe parcursul vegetației. Aceste mostre au prezentat indici reduși pentru *înălțimea plantei* (între 88,7 cm și 106,7 cm), *numărul de capsule per plantă* (între 43,3 și 50,4) și *productivitatea per plantă* (între 6,6 g și 7,4 g), incluzându-se aici și genotipurile *L₂* și *Margo* (figura 3.3). În aceste condiții de vegetație din anul 2019, cu precipitații scăzute (196,3 mm), genotipurile *L₂* și *Margo* au demonstrat un răspuns similar atât în condiții de stres hidric, cât și termic [245].

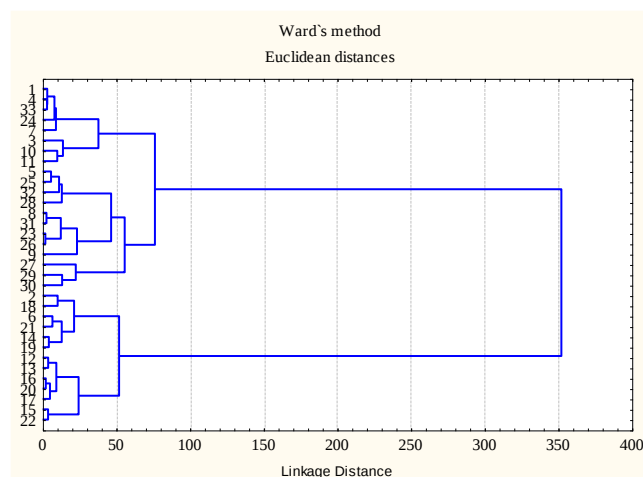


Figura 3.4. Repartiția clusteriană a mostrelor de susan mediu tardive pe baza caracterelor cantitative (anii 2019-2021)

Pe verticală:

Cluster I – 1 – *Kadet* (2019), 4 – *Belosemeannîi 177* (2019), 33 – *Oro Shot* (2021), 24 – *L₂* (2021), 7 – *Serebristîi* (2019), 3 – *Konditerskii 2058* (2019), 10 – *UCR/82 n 209-SUAT* (2019), 11 – *Oro Shot* (2019).

Cluster II – 5 – *Manjurski ulucișennîi* (2019), 25 – *Konditerskii 2058* (2021), 32 – *UCR/82 n 209-SUAT* (2021), 28 – *Margo* (2021), 8 – *Iubileinîi* (2019), 31 – *Zalt Sadovzri* (2021), 23 – *Kadet* (2021), 26 – *Belosemeannîi 177* (2021), 9 – *Zalt Sadovzri* (2019), 27 – *Manjurski ulucișennîi* (2021), 29 – *Serebristîi* (2021), 30 – *Iubileinîi* (2021).

Cluster III – 2 – *L₂* (2019), 18 – *Serebristîi* (2020), 6 – *Margo* (2019), 21 – *UCR/82 n 209-SUAT* (2020), 14 – *Konditerskii 2058* (2020), 19 – *Iubileinîi* (2020), 12 – *Kadet* (2020), 13 – *L₂* (2020), 16 – *Manjurski ulucișennîi* (2020), 20 – *Zalt Sadovzri* (2020). 17 – *Margo* (2020), 15 – *Belosemeannîi 177* (2020), 22 – *Oro Shot* (2020).

În clusterul I au fost incluse 5 din cele 6 genotipuri tardive cu valori medii: *k-1257*, *Delco*, *Margo Tall*, *Dulce* și *Oro 9/71*, în anul de vegetație 2019. Acestea au înregistrat următoarele valori: *înălțimea plantei* între 97,5 și 110 cm, *numărul de capsule per plantă* între 39,3 și 51,7 bucăți, iar *productivitatea per plantă* între 5,4 și 8,4 g. De asemenea, genotipul *Liano* din anul de vegetație 2020, cu *înălțimea plantei* de 87,5 cm, *numărul de capsule per plantă* de 45,4 și *productivitatea per plantă* de 8 g, a fost inclusă în acest cluster. Totodată, clusterul I a cuprins și genotipurile *Margo Tall*, *Oro 9/71* și *k-1257*, care s-au evidențiat în anul de vegetație 2021, cu valori sporite pentru toți indicii măsurați: *înălțimea plantei* între 112,5 și 118,5 cm, *numărul de capsule per plantă* între 50,4 și 60,6 bucăți și *productivitatea per plantă* între 9,7 și 10,4 g.

Genotipul de susan *Liano* (2019) a înregistrat cea mai mare valoare pentru *înălțimea plantei* (134,5 cm), *numărul de capsule per plantă* (53) și *productivitatea per plantă* (9,2 g), fiind însoțită de genotipurile *Liano*, *Delco* și *Dulce* din anul 2021, care au prezentat o variabilitate mare a indicatorilor: *înălțimea plantei* între 121,2 și 144,2 cm, *numărul de capsule per plantă* între 65,2 și 79,6 bucăți și o *productivitate per plantă* înaltă (între 11,0 și 12,5 g).

Aceste genotipuri au fost incluse în clusterul 2. Astfel, genotipul *Liano* a demonstrat o variabilitate similară pentru aceleași caractere atât în condițiile de vegetație din 2019, cât și în cele din 2021, indicând o plasticitate înaltă în fața diverselor condiții de mediu. Temperaturile și cantitatea de precipitații au variat semnificativ între cei doi ani, ceea ce a determinat valori diferite ale coeficientului hidrotermic ($CHT_{2019} = 0,65$, $CHT_{2021} = 1,42$).

În clusterul 3 au fost incluse genotipurile tardive *Oro 9/7*, *Delco*, *Margo Tall* și *Dulce* din anul de vegetație 2020, care au manifestat cei mai mici indici pentru *înălțimea plantei* (68,0-83,7 cm), *numărul de capsule per plantă* (27,5-35,6 bucăți) și *productivitatea per plantă* (4,0-5,6 g). De asemenea, în acest cluster s-a evidențiat genotipurile k-1257, cu o diferențiere semnificativă a caracterelor, înregistrând un *număr de capsule per plantă* de 18,1 bucăți și o *productivitate per plantă* de 2,8 g (figura 3.4).

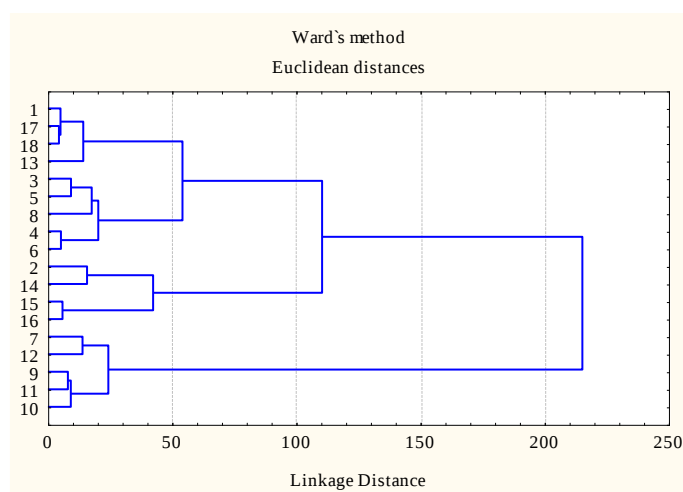


Figura 3.5 Repartiția clusteriană a mostrelor de susan tardive pe baza caracterelor cantitative (anii 2019-2021)

Pe verticală:

Clusterul I – 1 – k- 1257 (2019), 17 – *Margo Tall* (2021), 18 – *Oro 9/71* (2021), 13 – k- 1257 (2021), 3 – *Delco* (2019), 5 – *Margo Tall* (2019), 8 – *Liano* (2020), 4 – *Dulce* (2019), 6 – *Oro 9/71* (2019).

Cluster II – 2 – *Liano* (2019), 14 – *Liano* (2021), 15 – *Delco* (2021), 16 – *Dulce* (2021.)

Cluster III – 7 k- 1257 (2020), 12 – *Oro 9/71* (2020), 9 – *Delco* (2020), 11 – *Margo Tall* (2020), 10 – *Dulce* (2020).

3.2. Aprecierea mostrelor colecției de susan pe baza analizei varianței

Interacțiunea genotip x mediu este definită ca fenomenul prin care exprimarea fenotipică a genotipurilor variază în funcție de diferiți factori de mediu. O interacțiune conceptuală genotip x mediu este descrisă de obicei prin panta unei linii, atunci când performanța genotipurilor este reprezentată în funcție de un gradient de mediu. Această interacțiune genotip x mediu influențează practic fiecare aspect al procesului decizional din programele de ameliorare a plantelor, incluzând identificarea celor mai relevante medii de testare, alocarea resurselor în cadrul programelor de ameliorare și alegerea germoplasmei și a strategiilor de ameliorare [116].

Pot apărea două categorii diferite de interacțiuni, care sunt definite astfel: interacțiuni calitative (sau încrucișate), în care rangurile genotipurilor se modifică de la un mediu la altul, și interacțiuni cantitative (sau non-încrucișate), în care rangurile nu se schimbă semnificativ de la un mediu la altul [232].

Estimările componentelor varianței au arătat că interacțiunile genotip x mediu explică o proporție considerabilă a varianței fenotipice. Conceptul de interacțiuni genotip-mediu este esențial pentru măsurarea stabilității agronomice a genotipurilor. Îmbunătățirea plantelor presupune manipularea combinată a caracteristicilor genetice pentru a optimiza productivitatea în raport cu limitările impuse de factorii de mediu [163; 232]. Interacțiunea genotip x mediu (GEI) este definită statistic ca diferența dintre valoarea fenotipică observată și valoarea așteptată pe baza unui model aditiv, care include media generală, precum și efectele principale ale genotipurilor și ale mediilor.

Această metodă poate genera mai multe varietăți care sunt uneori corelate între ele, ceea ce reduce semnificația acestor corelații în analizele statistice ale interacțiunii și scade eficiența modelelor. Diagnosticul culturilor permite apoi identificarea celor mai importanți factori de limitare a randamentului în mediu și integrarea acestora în analize ulterioare ale interacțiunii pentru alte genotipuri testate [232]. Prin urmare, această metodă presupune alegerea genotipurilor relevante de sondaj, estimarea abaterilor (sau pierderilor) de randament pentru fiecare mediu, precum și evaluarea abaterilor componentelor de randament în raport cu genotipurile selectate. Aceste abateri sunt comparate cu valorile de referință ale acestora, iar abaterile de randament și componentele de randament sunt corelate cu caracteristicile mediului.

3.2.1. Contribuția factorilor genotip și anul de cultivare pe baza caracterelor cantitative la genotipurile de susan precoce

Analiza varianței dispersionale bifactoriale la genotipurile precoce a fost reprezentată de diferențe semnificative între ponderea *genotipului*, *anului de cultivare*, dar și interacțiunea lor *genotip x anul de cultivare* în ceea ce privește caracterele studiate (tabelul 3.2), indicând astfel prezența unei diversități fenotipice largi.

Cea mai mare contribuție la variația caracterelor cercetate a prezentat factorul *anul de cultivare*, care a variat în intervalul 96,9% – 23,3%. Astfel, indicii pentru *lungimea capsulei* și *numărul de semințe per capsulă* au demonstrat cea mai înaltă stabilitate în fața diverșilor factori climatici. În variația dispersală a acestor indici, factorul *genotip* a avut o influență majoră, de 36,53% pentru *lungimea capsulei* și 44,73% pentru *numărul de semințe per capsulă*. Interacțiunile *genotip x anul de cultivare* au manifestat o contribuție înaltă pentru caracterele *lungimea capsulei* și *numărul de semințe per capsulă* în această grupă de genotipuri precoce.

În cazul analizei corelaționale a contribuțiilor factoriale a caracterelor influențate puternic de anul 2020 și celor influențate de *genotip* și interacțiunea *genotip x anii 2019 – 2021* au fost stabilite corelații de diferită semnificație, fenomenul indică o interacțiune variată a factorilor vizați pentru genotipurile precoce (tabelul 3.2).

Tabelul 3.2. Contribuția factorilor în variabilitatea caractere cantitative la genotipurile de susan precoce în anii 2019-2021 (%)

Factorii	Caracterele plantei					
	ÎP	LI	LC	NCP	NSC	PP
Genotip (A)	0,89***	2,31*	36,53***	1,72***	44,73***	2,16***
Anul (B)	96,90***	94,13***	47,08***	96,60***	23,17***	95,75***
Interacțiunea (AB)	2,08***	2,54***	13,91***	1,45***	27,30***	1,96***

*, *** - semnificație pentru $P \leq 0,05$; 0,001

Înălțimea plantei a înregistrat corelare puternică și semnificativă statistic cu *lungimea internodului* ($r = 0,99$); corelare medie cu *lungimea capsulei* ($r = 0,74$), corelare puternică și semnificativă statistic cu *numărul de capsule per plantă* ($r = 0,99$), corelare negativă cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = -0,66$) și o corelare puternică semnificativă cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,99$).

Lungimea capsulei corelează puternic cu *lungimea internodului* ($r = 0,74$), are corelare pu puternică semnificativă cu *numărul de capsule per plantă* ($r = 0,99$), corelare negativă cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = -0,65$) și corelare puternică semnificativă cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,99$).

Lungimea internodului are o corelare puternică cu *numărul de capsule per plantă* ($r = 0,75$), corelare slabă cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = 0,02$) și corelare puternică cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,74$).

Numărul de capsule per plantă reprezintă corelare negativă cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = -0,65$) și corelare puternică semnificativă cu *productivitatea per plantă* ($r = 1,00$).

Ponderea caracterului *numărul de semințe per capsulă* este determinată de corelare negativă cu contribuțiile procentuale ale majorității caracterelor ($r = 0,02 \dots -0,66$) (tabelul 3.3).

Tabelul 3.3. Corelarea contribuțiilor factoriale la genotipurile precoce pentru caracterele investigate

ÎP	LI	LC	NCP	NSC	PP
1,00	0,99	0,74	0,99	-0,66	0,99
	1,00	0,74	0,99	-0,65	0,99
		1,00	0,75	0,02	0,74
			1,00	-0,65	1,00
				1,00	-0,65
					1,00

3.2.2. Contribuția factorilor genotip și anul de cultivare pe baza caracterelor cantitative la genotipurile de susna mediu precoce

La genotipurile mediu precoce de susan, s-a observat o diminuare a ponderii genotipurilor în variabilitatea caracterelor *lungimea internodului* și *numărul de semințe per capsulă*, dar o creștere a acestora pentru indicii *lungimea capsulei*. Contribuția factorului *anul de cultivare* a fost semnificativă pentru caracterele: *înălțimea plantei* (96,78%), *lungimea internodului* (98,38%), *numărul de capsule per plantă* (97,06%) și *productivitatea per plantă* (95,97%). Contribuția factorului *anul de cultivare* a fost similară cu cea a *genotipurilor* în formarea variabilității caracterului *lungimea capsulei*, dar a crescut semnificativ în raport cu grupa precoce pentru *numărul de semințe per capsulă* (57,91%). Interacțiunea *genotip x anul de cultivare* a fost mai scăzută în raport cu genotipurile precoce (tabelul 3.4).

Tabelul 3.4. Contribuția factorilor în variabilitatea caractere cantitative la genotipurile de susan mediu precoce în anii 2019-2021 (%)

Factorii	Caracterele plantei					
	ÎP	LI	LC	NCP	NSC	PP
Genotip (A)	2,25***	0,02***	46,34***	1,76***	32,05***	2,35***
Anul (B)	96,78***	98,38**	47,24***	97,06***	57,91***	95,97***
Interacțiunea (AB)	0,88***	0,02***	4,45***	0,96***	8,09***	1,55***

, * - semnificație pentru $P \leq 0,01$; 0,001

Înălțimea plantei la genotipurile mediu precoce este determinată de corelare semnificativă și puternică cu *lungimea internodului* ($r = 0,99$), corelare medie cu *lungimea capsulei* ($r = 0,53$), corelare semnificativ puternică cu *numărul de capsule per plantă* ($r = 0,99$), corelare puternică cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = 0,88$) și corelare semnificativ puternică cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,99$).

Lungimea internodului reprezintă o corelare medie cu *lungimea capsulei* ($r = 0,51$), corelare semnificativ puternică cu *numărul de capsule per plantă* ($r = 0,99$), corelare puternică cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = 0,88$) și corelare semnificativ puternică cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,99$).

Lungimea capsulei a înregistrat o corelare medie cu *numărul de capsule per plantă* ($r = 0,52$), corelare puternică cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = 0,86$) și corelare medie cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,52$).

Numărul de capsule per plantă este determinat de corelare puternică cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = 0,88$) și corelare puternic semnificativă cu *productivitatea per plantă* ($r = 1,00$).

Numărul de semințe per capsulă reprezintă corelare puternică cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,88$) (tabelul 3.5).

Tabelul 3.5. Corelarea contribuțiilor factoriale la genotipurile mediu precoce pentru caracterele investigate

ÎP	LI	LC	NCP	NSC	PP
1,00	0,99	0,53	0,99	0,88	0,99
	1,00	0,51	0,99	0,88	0,99
		1,00	0,52	0,86	0,52
			1,00	0,88	1,00
				1,00	0,88
					1,00

3.2.3. Contribuția factorilor genotip și anul de cultivare pe baza caracterelor cantitative la genotipurile de susan mediu precoce

La genotipurile mediu tardive, cea mai mare contribuție s-a înregistrat pentru factorul *anul de cultivare*, care a variat în limitele 95,3%...18,1%. Indicele *lungimea capsulei* a înregistrat o contribuție mai înaltă a factorului *genotip* (69,9%), dar la *numărul de semințe per capsulă* s-a observat o descreștere față de *anul de cultivare*, în condiții de diverși factori climatici (30,1%). Interacțiunile *genotip x anul de cultivare* au avut o contribuție mai ridicată pentru caracterele *lungimea capsulei* și *numărul de semințe per capsulă* în această grupă de genotipuri mediu tardive (9,2%...8,2%) (tabelul 3.6).

Tabelul 3.6. Contribuția factorilor în variabilitatea caractere cantitative la genotipurile de susan mediu tardive în anii 2019-2021(%)

Factorii	Caracterele plantei					
	ÎP	LI	LC	NCP	NSC	PP
Genotip (A)	2,81***	2,10	69,96***	3,76***	30,31***	5,83***
Anul (B)	95,27***	92,74***	18,10**	94,53***	59,25***	91,93***
Interacțiunea (AB)	1,83***	2,49	9,20***	1,45***	8,25***	2,07***

, * - semnificație pentru $P \leq 0,01$; 0,001

Înălțimea plantei la genotipurile mediu tardive este determinată de corelarea semnificativă și puternică cu *lungimea internodului* ($r = 0,99$), corelare negativă cu *lungimea capsulei* ($r = -0,37$), corelare semnificativ puternică cu *numărul de capsule per plantă* ($r = 0,99$), corelare puternică cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = 0,91$) și corelare semnificativ puternică cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,99$).

Lungimea internodului reprezintă o corelare negativă cu *lungimea capsulei* ($r = -0,38$), corelare semnificativ puternică cu *numărul de capsule per plantă* ($r = 0,99$), corelare puternică cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = 0,90$) și corelare semnificativ puternică cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,99$).

Lungimea capsulei a înregistrat corelare negativă cu *numărul de capsule per plantă* ($r = -0,36$), corelare slabă cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = 0,06$) și corelare negativă cu *productivitatea per plantă* ($r = -0,34$).

Numărul de capsule per plantă este determinat de corelare puternică cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = 0,91$) și corelare puternic semnificativ cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,99$).

Numărul de semințe per capsulă reprezintă corelare puternică cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,92$) (tabelul 3.7).

Tabelul 3.7. Corelarea contribuțiilor factoriale la genotipurile mediu tardive pentru caracterele investigate

ÎP	LI	LC	NCP	NSC	PP
1,00	0,99	-0,37	0,99	0,91	0,99
	1,00	-0,38	0,99	0,90	0,99
		1,00	-0,36	0,06	-0,34
			1,00	0,91	0,99
				1,00	0,92
					1,00

3.2.4. Contribuția factorilor genotip și anul de cultivare pe baza caracterelor cantitative la genotipurile de susan tardive

Contribuția factorului *anul de cultivare* s-a dovedit a fi mai mare la caracterele analizate, variind între 91,2 % și 36,6 %. Printre acestea, efectul genotipului asupra caracterului *lungimea capsulei* a înregistrat o ușoară creștere față de *anul de cultivare* (45,3 %), iar interacțiunea *genotip x anul de cultivare* a avut o contribuție de 13,6 % pentru genotipurile tardive (tabelul 3.8).

Tabelul 3.8. Contribuția factorilor în variabilitatea caractere cantitative la genotipurile de susan tardive în anii 2019-2021(%)

Factorii	Caracterele plantei					
	ÎP	LI	LC	NCP	NSC	PP
Genotip (A)	8,61***	17,24***	45,29***	6,30***	30,01***	5,64***
Anul (B)	90,28***	78,59***	36,66***	89,37***	56,77***	91,22***
Interacțiunea (AB)	0,95***	2,80*	13,66***	3,87***	7,42	2,81***

*, *** - semnificație pentru $P \leq 0,05$; 0,001

Înălțimea plantei la genotipurile tardive este determinată de corelare puternică cu *lungimea internodului* ($r = 0,99$), corelare slabă cu *lungimea capsulei* ($r = 0,33$), corelare semnificativ puternică cu *numărul de capsule per plantă* ($r = 0,99$), corelare puternică cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = 0,92$) și corelare semnificativ puternică cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,99$).

Lungimea internodului reprezintă o corelare medie cu *lungimea capsulei* ($r = 0,42$), corelare puternică cu *numărul de capsule per plantă* ($r = 0,99$), corelare puternică cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = 0,96$) și corelare puternică cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,99$).

Lungimea capsulei a înregistrat corelare slabă cu *numărul de capsule per plantă* ($r = 0,28$), corelare medie cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = 0,67$) și corelare slabă cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,28$).

Numărul de capsule per plantă este determinat de corelare puternică cu *numărul de semințe per capsulă* ($r = 0,90$) și corelare semnificativ puternică cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,99$).

Numărul de semințe per capsulă reprezintă corelare puternică cu *productivitatea per plantă* ($r = 0,90$) (tabelul 3.9.)

Tabelul 3.9. Corelarea contribuțiilor factoriale la genotipurile tardive pentru caracterele investigate

ÎP	LI	LC	NCP	NSC	PP
1,00	0,99	0,33	0,99	0,92	0,99
	1,00	0,42	0,99	0,96	0,99
		1,00	0,28	0,67	0,28
			1,00	0,90	0,99
				1,00	0,90
					1,00

3.3. Evaluarea variabilității genetice la parametrii cantitativi ai genotipurilor din cadrul colecției de susan precoce – tardive

Îmbunătățirea genetică este o proprietate universală a tuturor speciilor din natură, care depinde în principal de prezența unei variabilități genetice în cadrul populației. Capacitatea de a identifica și de a exploata această variabilitate genetică este de o valoare imensă pentru planificarea unui program eficient de reproducere, având ca scop îmbunătățirea potențialului de producție al genotipurilor. Diversitatea genetică a culturilor nu este doar o sursă de ameliorare pentru agricultura industrială, ci joacă un rol crucial în securitatea alimentară și agricultura durabilă, permițând producătorilor să adapteze culturile la necesitățile ecologice și tradițiile culturale specifice fiecărei regiuni [69].

Cunoașterea parametrilor genetici, precum variabilitatea genetică, eritabilitatea și avansul genetic sunt esențiale pentru îmbunătățirea oricărui program de ameliorare. Totodată, succesul programelor de îmbunătățire a culturilor depinde în mare măsură de amploarea variabilității genetice în populațiile evaluate. Evaluarea eritabilității (sens larg) și a avansului genetic așteptat oferă o bază genetică solidă pentru reproducerea selectivă [168].

Studiul privind variabilitatea genetică, eritabilitatea și avansul genetic a fost efectuat folosind 40 de genotipuri de susan cu scopul de a identifica amploarea variabilității genetice explicată de genotipurile a 4 grupuri de precocitate și de a evalua amploarea eritabilității (sens larg) și a avansului genetic așteptat.

Pentru genotipurile de susan precoce, coeficientul de variație fenotipică a prezentat valori mai mari decât coeficientul de variație genotipică, relația strânsă fiind atestată de valori ridicate (>20%) pentru toate caracterele cantitative studiate. Astfel, coeficientul de variație genotipică și coeficientul de variație fenotipică au înregistrat valorile: *înălțimea plantei* (VG = 19,83 %; VF = 22,60 %), *lungimea capsulei* (VG = 23,12 %; VF = 24,83 %), *numărul de capsule per plantă* (VG = 49,04 %; VF = 56,17 %), *numărul de semințe per capsulă* (VG = 28,55 %; VF = 31,80 %) și *productivitatea per plantă* (VG = 62,20 %; VF = 66,22 %). Fenomenul indică că aceste trăsături sunt sub controlul efectelor aditive ale genelor și reflectă existența unei baze genetice imense pentru lărgirea suplimentară a diversității.

Analiza datelor obținute a demonstrat că genotipurile de susan precoce sunt caracterizate printr-o variabilitate a heritabilității (sens larg) în limite largi de la moderată până la ridicată (0,39...0,88), indicând faptul că aceste caractere sunt controlate, în special, de factorii genetici. Analiza genetică a caracterelor pune în evidență heritabilitatea ridicată asociată cu contribuția genetică pentru *înălțimea plantei* ($H^2 = 0,77$; AG = 36,05 %), *lungimea capsulei* ($H^2 = 0,81$; AG = 17,43 %), *numărul de capsule per plantă* ($H^2 = 0,76$; AG = 69,62 %), *numărul de semințe per capsulă* ($H^2 = 0,81$; AG = 26,47 %) și *productivitatea per plantă* ($H^2 = 0,88$; AG = 82,32 %), marcând importanța acestor caractere, guvernate de gene aditive și non-aditive, pentru îmbunătățirea suplimentară a susanului precoce (tabelul 3.10).

Tabelul 3.10. Estimarea variabilității și parametrilor genetici la caracterele de productivitate în anii 2019 – 2021 la genotipurile precoce de susan

Caractere	Valoarea medie	V _g	V _{ph}	VG, %	VF, %	H ²	AG, %
ÎP	91,75±0,85	331	430	19,83	22,60	0,77	36,05
LI	2,98±0,02	0,11	0,28	11,05	17,74	0,39	12,94
LC	2,68±0,01	0,38	0,44	23,12	24,83	0,81	17,43
NCP	40,25±0,73	389,75	511,25	49,04	56,17	0,76	69,62
NSC	60,20±0,39	295,50	366,50	28,55	31,80	0,81	26,47
PP	6.36±0.12	15,65	17,74	62,20	66,22	0,88	82,32

Variabilitatea genetică și heritabilitatea ridicată sunt observate și în studiile altor autori pentru parametri precum *înălțimea plantei*, *numărul de păstăi*, *greutatea a 1000 de semințe* și *productivitatea per plantă* [100; 106].

Genotipurile de susan mediu precoce au manifestat valori moderate și ridicate în limitele 16,59...66,75 și 21,54...70,48, respectiv pentru coeficienții de variație fenotipică și de variație genotipică. Astfel, coeficientul de variație genotipică și coeficientul de variație fenotipică au înregistrat cele mai mari valori pentru *numărul de capsule per plantă* (VG = 53,75 %; VF = 60,72 %) și *productivitatea per plantă* (VG = 66,75 %; VF = 70,48 %).

Conform analizei datelor obținute, genotipurile mediu precoce sunt caracterizate de o variabilitate ridicată a valorilor heritabilității (sens larg). Fluctuația acestora a variat între 0,60 și 0,93, superioare în raport cu genotipurile precoce. Valorile mai înalte pentru coeficientul de heritabilitate sugerează că aceste caractere sunt reglate în mare parte de factorii genetici. Contribuția genetică a înregistrat doar valori moderate și ridicate în limitele 20,25...79,04 (tabelul 3.11).

Tabelul 3.11. Estimarea variabilității și parametrilor genetici la caracterele de productivitate în anii 2019 – 2021 la genotipurile mediu precoce de susan

Caractere	Valoarea medie	V _g	V _{ph}	VG, %	VF, %	H ²	AG, %
ÎP	94,06±0,79	1358	1462	39,18	40,65	0,93	44,93
LI	2,99±0,02	0,25	0,41	16,59	21,54	0,60	20,25
LC	2,70±0,01	0,62	0,67	29,13	30,39	0,92	19,65
NCP	39,11±0,61	442	564	53,75	60,72	0,78	70,05
NSC	59,53±0,38	620	700	41,83	44,44	0,88	32,18
PP	6,31±0,10	17,73	19,78	66,75	70,48	0,90	79,04

Heritabilitatea oferă informații despre capacitatea populației de a transmite a valoarea caracterului de la o generație la alta. În asociere cu avansul genetic ridicat, heritabilitatea deține rolul major în selectarea genotipurilor de perspectivă pentru anumite trăsături genetice [157].

Coeficientul de variație fenotipică a prezentat valori mai mari decât coeficientul de variație genotipică, menținând aceeași relație strânsă a VG și VF pentru genotipurile de susan mediu tardive. Astfel, coeficientul de variație genotipică și coeficientul de variație fenotipică au înregistrat doar valori ridicate (>20%) pentru *înălțimea plantei* (VG = 28,69 %; VF = 30,10 %), *lungimea internodului* (VG = 32,73 %; VF = 36,03 %), *lungimea capsulei* (VG = 27,78 %; VF = 28,77 %), *numărul de capsule per plantă* (VG = 37,07 %; VF = 44,21 %), *numărul de semințe per capsulă* (VG = 45,58 %; VF = 48,99 %) și *productivitatea per plantă* (VG = 87,28 %; VF = 89,91 %). Heritabilitatea și avansul genetic au variat în limitele 0,70...0,94 și 18,65 %...77,62 %, ce sugerează că factorii genetici au un rol determinant în controlul celor 6 caractere cantitative pentru susanul mediu tardiv (tabelul 3.12).

Tabelul 3.12. Estimarea variabilității și parametrilor genetici la caracterele de productivitate în anii 2019 – 2021 la genotipurile mediu tardive de susan

Caractere	Valoarea medie	V _g	V _{ph}	VG, %	VF, %	H ²	AG, %
ÎP	100,23±0,69	827	910	28,69	30,10	0,91	33,01
LI	3,04±0,02	0,99	1,20	32,73	36,03	0,83	26,43
LC	2,67±0,01	0,55	0,59	27,78	28,77	0,93	18,65
NCP	45,72±0,67	287,50	408,50	37,07	44,21	0,70	54,75
NSC	57,80±0,47	694	802	45,58	48,99	0,86	37,09
PP	6,96±0,11	36,90	39,16	87,28	89,91	0,94	77,62

În cazul genotipurilor tardive de susan coeficientul de variație fenotipică a prezentat valori superioare coeficientului de variație genotipică, fiind atestată o corelație strânsă pentru caracterele studiate. Astfel, coeficientul de variație genotipică și coeficientul de variație fenotipică au înregistrat valori moderate pentru *înălțimea plantei* ($VG = 16,07 \%$; $VF = 18,84 \%$), dar ridicate pentru alte 5 caractere *lungimea internodului* ($VG = 32,11 \%$; $VF = 34,75 \%$), *lungimea capsulei* ($VG = 19,61 \%$; $VF = 21,83 \%$), *numărul de capsule per plantă* ($VG = 52,54 \%$; $VF = 59,31 \%$), *numărul de semințe per capsulă* ($VG = 26,23 \%$; $VF = 31,78 \%$) și *productivitatea per plantă* ($VG = 72,78 \%$; $VF = 75,73 \%$).

Evaluarea genotipurilor tardive de susan din colecție pune în evidență heritabilitatea asociată cu contribuția genetică pentru *înălțimea plantei* ($H^2 = 0,73$; $AG = 33,95 \%$), *lungimea internodului* ($H^2 = 0,85$; $AG = 28,53 \%$), *lungimea capsulei* ($H^2 = 0,81$; $AG = 17,01 \%$), *numărul de capsule per plantă* ($H^2 = 0,92$; $AG = 69,06 \%$), *numărul de semințe per capsulă* ($H^2 = 0,68$; $AG = 26,62 \%$) și *productivitatea per plantă* ($H^2 = 0,78$; $AG = 78,06 \%$), subliniind importanța acestor caractere (tabelul 3.13).

Tabelul 3.13. Estimarea variabilității și parametrilor genetici la caracterele de productivitate în anii 2019 – 2021 la genotipurile tardive de susan

Caractere	Valoarea medie	V_g	V_{ph}	$VG, \%$	$VF, \%$	H^2	$AG, \%$
ÎP	103,20±1,23	275	378	16,07	18,84	0,73	33,95
LI	3,13±0,03	1,01	1,18	32,11	34,75	0,85	28,53
LC	2,55±0,01	0,25	0,31	19,61	21,83	0,81	17,01
NCP	47,46±1,07	621,70	792,40	52,54	59,31	0,78	69,06
NSC	57,94±0,58	231	339	26,23	31,78	0,68	26,62
PP	7,72±0,17	31,57	34,18	72,78	75,73	0,92	78,55

Heritabilitatea, în calitate de măsură a varianței fenotipice atribuite factorilor genetici a înregistrat valori moderate, cât și ridicate în limitele 0,68...0,92. Progresul genetic, calculat pentru susanul tardiv, a manifestat valoare moderată doar pentru trăsătura *lungimea capsulei* (17,1 %). Altele 5 trăsături au prezentat valori ridicate ale AG. Valorile ridicate ale heritabilității, cât și ale AG prezic un progres generic în procesul de ameliorare a susanului tardiv pentru cele 5 trăsături cercetate (tabelul 3.13).

3.4. Diversitatea conținutului de ulei în semințe la genotipurile de susan

În cercetarea privind conținutul de ulei din semințele de susan, variabilitatea acestuia a fost evaluată prin utilizarea tehnicii de relaxometrie NMR (rezonanță magnetică nucleară), o metodă non-distructivă eficientă [119] pentru estimarea rapidă a cantității de ulei din semințele diferitelor genotipuri. Tehnica NMR oferă o evaluare detaliată a conținutului de ulei, fără a afecta structura semințelor, ceea ce o face deosebit de utilă în studiile de cercetare a acestui conținut la susan.

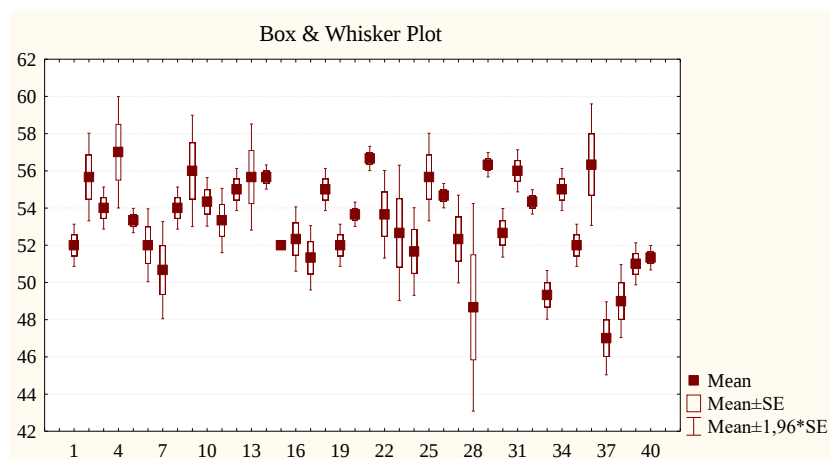


Figura 3.6. Conținutul de ulei în semințele genotipurilor din colecția de susan

1 – *L₁*, 2 – *Djerelo*, 3 – *Zaltsadovski*, 4 – *Kubanets 57*, 5 – *Gusar*, 6 – *BiolSadovski*, 7 – *k-1265*, 8 – *Bliscucii*, 9 – *Natașa*, 10 – *Kubanets 93*, 11 – *Donskoi belosemianîi*, 12 – *k-1621*, 13 – *Cumhuriyet 99*, 14 – *k-1257*, 15 – *k-1555*, 16 – *Solnecinîi*, 17 – *Boiarin*, 18 – *Adaptovanîi 2*, 19 – *Lider*, 20 – *Kubanets 55*, 21 – *Kadet*, 22 – *L₂*, 23 – *N162/0781*, 24 – *Taşkentskii 122*, 25 – *Konditerskii 2058*, 26 – *Belosemeannîi 177*, 27 – *VNIIMK-889*, 28 – *VNIIMK-1*, 29 – *Manjurski uluçşennîi*, 30 – *Margo*, 31 – *Liano*, 32 – *Delco*, 33 – *Dulce*, 34 – *Serebristîi*, 35 – *Iubileinîi*, 36 – *Zalt Sadovzri*, 37 – *UCR/82 n 209-SUAT*, 38 – *Margo Tall*, 39 – *Oro Shot*, 40 – *Oro 9/71*.

Studiul a implicat genotipuri (40) diferite de susan, care au fost grupate pe baza precocității lor și a relevat o corelație între precocitatea plantelor și conținutul de ulei, similar cu constatările din literatura de specialitate. Astfel, semințele provenind de la plantele mai precoc tînd, în general, să aibă un conținut mai mare de ulei [42; 128].

În grupa de genotipuri, precoc, cel mai mare conținut de ulei a fost observat la genotipurile *Djerelo* (55,66 %), *Natașa* (56 %) și *Cumhuriyet 99* (55,66 %). Aceste genotipuri sunt caracterizate printr-o maturare timpurie, iar conform literaturii, semințele care se maturează mai devreme tind să acumuleze mai mult ulei datorită unui proces metabolic accelerat [42]. Alte genotipuri din această grupă, precum *Gusar* (53,33 %) și *Boiarin* (51,33 %), au avut, de asemenea, valori semnificative de ulei, ceea ce confirmă tendința generală menționată.

În grupa mediu precoc, *Kubanets 57* (57 %) și *k-1621* (55 %) au fost genotipurile cu cele mai mari procente de ulei, urmate de *Kubanets 93* (54,33 %) și *Bliscucii* (54%). În această grupă, deși unele genotipuri au avut valori mari de ulei, cum ar fi *Kubanets 57* (57 %), în general, conținutul de ulei a fost ușor mai mic comparativ cu genotipurile din grupa Precoc. Acest fenomen poate fi explicat prin faptul că semințele din plantele cu maturare medie pot să nu acumuleze la fel de mult ulei din cauza perioadei mai lungi de dezvoltare, care poate influența procesele metabolice, incluzând acumularea de ulei [128].

În grupa mediu tardivă, cele mai mari procente de ulei au fost observate în *Kadet* (56,66 %), *Manjurski uluçşennîi* (56,33 %) și *Zalt Sadovzri* (56,33 %) ceea ce sugerează că, în pofida maturării târzii, aceste genotipuri pot atinge un conținut de ulei destul de ridicat. Alte genotipuri,

cum ar fi *Konditerskii* 2058 (55,66 %) și *Iubileinîi* (55 %), au avut, de asemenea, valori notabile. Totuși, și în această grupă au existat genotipuri cu conținut mai scăzut de ulei, cum ar fi *UCR/82 n 209-SUAT* (47 %) și *Oro Shot* (51 %), ceea ce sugerează că factorii genetici pot influența semnificativ variabilitatea conținutului de ulei, chiar și în cadrul genotipurilor mediu tardive [109].

În ultima grupă, tardive, genotipurile *Liano* (56 %) și *k-1257* (55,66 %) au avut cel mai mare conținut de ulei. Cu toate acestea, și în cadrul acestora au fost observate valori mai scăzute, cum ar fi în cazul *Margo Tall* (49 %) și *Dulce* (49,33 %), care au prezentat conținut de ulei mult mai mic comparativ cu cele mai precoce genotipuri. Această variabilitate poate fi explicată prin diferențele genetice dintre genotipuri și prin efectele interacțiunilor genetice și de mediu asupra acumulării de ulei [83]. De asemenea, semințele din plantele tardive pot avea un ritm de acumulare a uleiului mai lent, ceea ce poate duce la un conținut relativ mai mic de ulei în comparație cu plantele din grupele de precocitate mai mare.

3. 5. Concluzii la capitolul 3.

1. Cercetările realizate în perioada 2019-2021, în condițiile pedo-climatice ale lotului experimental al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor din zona centrală a Republicii Moldova, au demonstrat o variabilitate fenotipică semnificativă pentru cele 40 de genotipuri din colecția de susan, în special pentru indicia de germinația, perioada de la răsărire până la înflorire și durata totală a perioadei de vegetație. Factorii de temperatură și precipitații, au avut un impact considerabil asupra acestor trăsături. Analiza variabilității acestora în funcție de factorii climatici a permis identificarea genotipurilor adecvate pentru diferite regiuni.
2. Variabilitatea semnificativă a caracterelor morfologice și a productivității, relevată în perioada 2019-2021, a condus distribuirea genotipurilor de susan în trei clustere distincte. Au fost selectate genotipurile cu cele mai mari valori ale unor caractere cantitative și cu o adaptabilitate ridicată la factorii climatici. Astfel, genotipurile precoce *L₁*, *Donskoi belosemianîi*, *Cumhuriyet 99*, au obținut cele mai bune rezultate, iar cele mediu precoce, precum *Kubanets 55* a demonstrat o adaptabilitate remarcabilă la condițiile variabile de mediu. Genotipurile mediu tardive *Manjurski uluçşennîi*, *Iubileinîi*, *Zalt Sadovzri*, precum și tardivul *Liano* au evidențiat o plasticitate înaltă la condițiile variabile de mediu. Rezultate evidențiază importanța selectării genotipurilor pentru optimizarea productivității culturii de susan în funcție de factorii climatici.
3. Analiza interacțiunii genotip x anul de cultivare a evidențiat o variabilitate semnificativă a trăsăturilor morfologice și de productivitate, în funcție de grupurile de precocitate. Factorul „anul de cultivare” a influențat considerabil trăsăturile înălțimea plantei,

lungimea internodului, numărul de capsule per plantă și productivitatea per plantă, cu contribuții între 78,59% și 98,38%, confirmând dependența acestora de condițiile climatice specifice fiecărui an. Corelațiile puternice observate între aceste trăsături și *productivitatea per plantă* ($r = 0,99$ pentru *înălțimea plantei*, $r = 0,74 - 0,99$ pentru *lungimea internodului* și $r = 1,00$ pentru *numărul de capsule per plantă*) subliniază interdependența acestora și impactul semnificativ asupra randamentului, valabil pentru toate grupele de precocitate.

4. Evaluarea variabilității fenotipice a caracterelor cantitative pentru genotipurile de susan din cele patru grupe de precocitate (precoce, mediu precoce, mediu tardive și tardive) a evidențiat o diversitate semnificativă a factorilor genetici. Coeficientul de variație genotipică, moderat sau ridicat, și heritabilitatea moderată, asociate cu un avantaj genetic pentru trăsăturile analizate, sugerează un progres genetic în procesul de ameliorare a susanului. Aceste trăsături includ *înălțimea plantei* (VG = 16,07-39,18 %, $H^2 = 0,73-0,93$; AG = 33,01-44,93 %), *numărul de capsule per plantă* (VG = 37,07-53,75 %, $H^2 = 0,70-0,78$; AG = 54,75-70,05 %), *numărul de semințe per capsulă* (VG = 26,23-45,78 %, $H^2 = 0,68-0,88$; AG = 26,47-37,09 %) și *productivitatea per plantă* (VG = 62,20-87,28 %, $H^2 = 0,88-0,94$; AG = 77,62-82,32 %). Rezultatele evidențiază importanța valorificării variabilității genetice în selecția și ameliorarea susanului, contribuind la obținerea unor culturi cu adaptabilitate și stabilitate înaltă.
5. Conținutul de ulei din semințele de susan prezintă o variabilitate semnificativă (47...57 %) pentru genotipurile studiate, cu o corelație clară între precocitatea plantelor și conținutul de ulei, ce corespunde confirmărilor din literatura de specialitate. Genotipurile din grupele precoce (*Djerelo* (55,7 %), *Natașa* (56,0 %) și *Cumhuriyet 99* (55,66 %)) tind să acumuleze un conținut mai mare de ulei, ceea ce poate fi explicat printr-un proces metabolic accelerat în timpul maturării. Totodată, genotipurile mediu precoce (*Kubanets 57*, *k-1621*), mediu tardive (*Kadet*, *Manjurski uluçşennî* și *Zalt Sadovzri*), dar și tardive (*Liano* și *k-1257*) au acumulat un conținut ridicat de ulei, situat în intervalul 55 %....57 %, ceea ce sugerează că, pe lângă precocitate, factorul genetic joacă un rol semnificativ în determinarea acestui indice. Astfel, selecția genotipurilor, în funcție de grupul de precocitate, contribuie la dezvoltarea unor soiuri de susan mai productive și mai valoroase din punct de vedere al conținutului de ulei.

4. INFLUENȚA UNOR FACTORI ABIOTICI ȘI BIOTICI ASUPRA PRODUCTIVITĂȚII SUSANULUI

Plantele de cultură sunt expuse continuu la stresuri abiotice și biotice multiple, ceea ce duce la încetinirea creșterii și dezvoltării acestora, iar în final, la reducerea productivității și a calității culturii [84]. Cu toate acestea, scopul cercetărilor noastre a fost identificarea germoplasmei de susan rezistente / tolerante la condițiile nefavorabile ale mediului, precum temperatura minimă de germinare, stresul hidric și agenții patogeni, în etapele incipiente ale dezvoltării ontogenetice, corelând aceste trăsături cu principalii parametri ai productivității. De asemenea, a fost realizată identificarea genetico-moleculară a patogenilor în semințele și frunzele genotipurilor contraste de susan din cadrul colecției.

4.1. Rezistența genotipurilor de susan la temperatura minimă de germinare și la deficitul hidric

Temperatura suboptimală reprezintă un factor important de stres abiotic care joacă un rol esențial în controlul creșterii și al proceselor de dezvoltare ale plantelor. Speciile de plante și genotipurile din cadrul acestora variază în ceea ce privește sensibilitatea la temperaturile scăzute, în special în faza timpurie de creștere [114; 170]. În scopul minimizării efectelor stresului termic (temperatura minimă de germinare), s-a stabilit ca obiectiv identificarea soiurilor și liniilor de susan rezistente în etapele timpurii ale creșterii vegetative și corelarea acestora cu parametrii de productivitate.

Germinația. În varianta martor, rata semințelor germinate pentru cele 40 de genotipuri de susan studiate a fost cuprinsă între 86 % și 100 %, confirmând astfel un bun potențial al semințelor pentru testare (figura 4.1.A). Sub influența temperaturii minime de germinare (15°C), la toate genotipurile, germinația s-a redus cu 4-72 %. Cea mai semnificativă scădere a germinației (-40...-72 %) a fost înregistrată la 16 genotipuri (40 %). Printre cele mai afectate au fost genotipurile *k-1265*, *k-1257*, *N162/0781*, *Belosemeannîi 177*, *VNIIMK-889*, *Manjurski uluçennîi*, *Margo*, *Dulce*, *Serebristîi*, *Zalt Sadovzri*, *Margo Tall*, *Oro Shot*, *Oro 9/71* (scădere între 40-60%) și *Taşchentskii 122* (64 %), *VNIIMK-1* (64 %), *UCR/82 n 209-SUAT* (72 %) (figura 4.1.B).

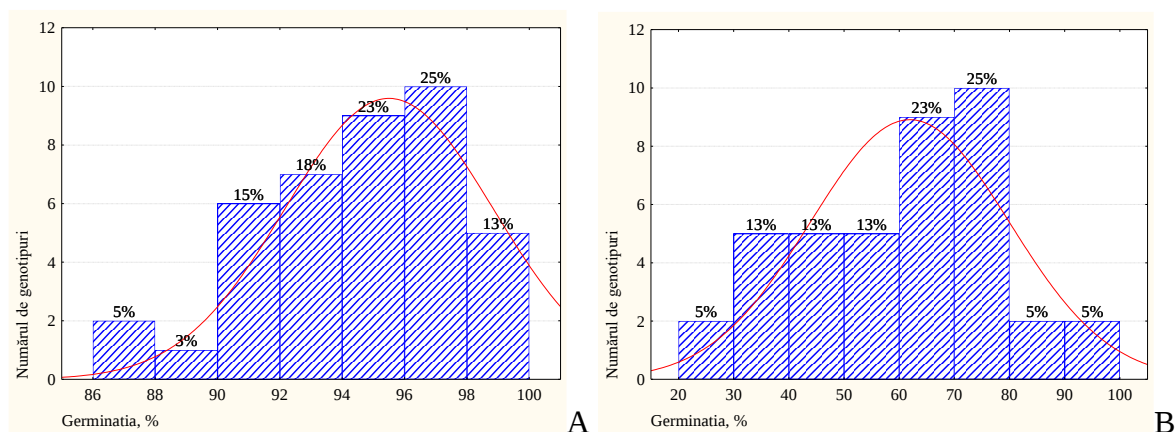


Figura 4.1. Repartiția genotipurilor de susan conform datelor privind germinația:

A) martor; B) temperatură minimă (15 °C).

Lungimea rădăcinii. La varianta martor, lungimea rădăcinii la genotipurile studiate a variat între 18 și 34 mm. Din totalul genotipurilor, 59 % au prezentat valori ale lungimii rădăcinii mai mari decât media eșantionului (28-34 mm) (figura 4.2.A).

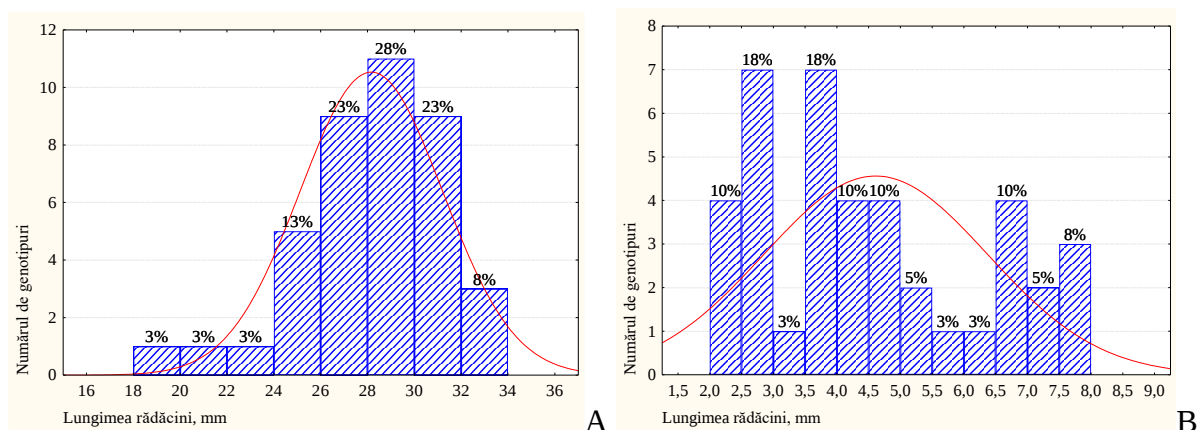


Figura 4.2. Repartiția genotipurilor de susan după lungimea rădăcinii: A) martor;

B) temperatură minimă (15 °C).

Sub influența temperaturii minime (15°C), caracterul a variat între 2 și 8 mm, iar ponderea genotipurilor cu lungimea rădăcinii mai mică decât media eșantionului s-a redus la 59 %.

Este de menționat că, sub influența temperaturii minime, valorile acestui parametru au fost diminuate cu 8-30 % comparativ cu martorul. Printre cele mai afectate genotipuri se numără *Gusar*, *Donskoi belosemianîi*, *Solnecinîi*, *Kadet* și *L₂*, care au înregistrat o scădere între 26,9 % și 29,8 % față de martor (figura 4.2.B).

Lungimea tulpinii. La varianta martor, lungimea tulpinii a variat între 5 și 35 mm, iar 55 % dintre genotipuri au avut valori mai mari decât media eșantionului (25-30 mm) (figura 4.3.A). Sub influența temperaturii minime (15°C), valorile lungimii tulpinii s-au redus între 5 și 14 mm, iar proporția genotipurilor cu lungimea tulpinii mai mare decât media eșantionului a scăzut la 46 %.

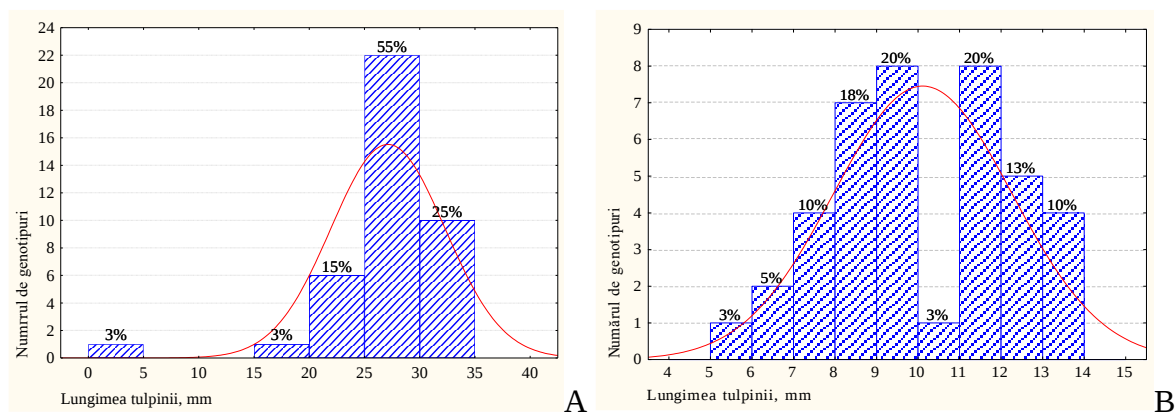


Figura 4.3. Repartiția genotipurilor de susan după lungimea tulpinii: A) martor; B) temperatură minimă (15 °C).

Diminuarea creșterii sub influența temperaturii minime (15 °C) s-a observat la toate cele 40 de genotipuri studiate (100%). Printre cele mai afectate soiuri, care au înregistrat o scădere a germinației între 46 % și 79 % față de martor, se numără *Djerelo*, *Zaltsadovski*, *Kubanets 57*, *Gusar*, *Kubanets 93*, *Donskoi belosemianîi*, *Boiarin*, *Kadet* (figura 4.3.B).

Clasificarea genotipurilor de susan conform modelului de analiză clusteriană a k-mediilor a arătat că, în varianta martor, cele mai bune rezultate pentru caracteristicile studiate — germinația, lungimea rădăcinii și lungimea tulpinii — au fost înregistrate la genotipurile *Djerelo*, *BiolSadovski*, *Bliscucii*, *Cumhuriyet 99*, *k-1555*, *N162/0781*, *Konditerskii 2058*, *Belosemeannîi 177*, *VNIIMK-1*, *Manjurski uluçşennîi*, *Margo*, *Dulce*, *Serebristîi*, *Zalt Sadovzri*, *UCR/82 n 209-SUAT*, *Margo Tall* și *Oro 9/71* din clusterul II. Mediile acestor caracteristici pentru grupul respectiv au fost de 97,2 %, 30,3 mm și 29,5 mm (Anexa 29).

Dintre aceste 17 genotipuri care formează clusterul II, *Djerelo*, *BiolSadovski*, *Bliscucii*, *Cumhuriyet 99*, *k-1555*, *N162/0781* și *VNIIMK-1* au o perioadă de vegetație între 95 și 126 zile, fiind considerate precoce și mediu precoce. În schimb, celelalte 10 genotipuri din cluster — *Konditerskii 2058*, *Belosemeannîi 177*, *Manjurski uluçşennîi*, *Margo*, *Dulce*, *Serebristîi*, *Zalt Sadovzri*, *UCR/82 n 209-SUAT*, *Margo Tall*, *Oro 9/71* — au o perioadă de vegetație între 129 și 151 zile.

În ceea ce privește alte caractere esențiale — înălțimea plantei, lungimea capsulei, numărul de capsule per plantă, numărul de semințe per capsulă, masa a 1000 semințe și productivitatea per plantă — s-a constatat o mare diversitate la genotipurile din clusterul II. De exemplu, înălțimea plantelor a variat între 102 și 107 cm la *Konditerskii 2058*, *Dulce*, *Serebristîi*, *Zalt Sadovzri*, *UCR/82 n 209-SUAT*, în timp ce la 13 genotipuri, aceasta a fost între 84 și 97 cm. Lungimea capsulelor a variat între 2,7 și 2,8 cm la *Djerelo*, *Bliscuci*, *Cumhuriyet 99*, *Konditerskii 2058*, *Zalt Sadovzri*, iar la 12 genotipuri, a fost între 2,3 și 2,6 cm. Numărul de capsule per plantă a fost cuprins între 44,4 și 57 la *Belosemeannîi 177*, *Manjurski uluçşennîi*, *Dulce*, *Serebristîi*, *Zalt Sadovzri*, iar la alte 12 genotipuri, între 30,7 și 42,4 capsule.

Numărul de semințe per capsulă a variat între 47 și 49 la VNIIMK-1, Konditerskii 2058 și UCR/82 n 209-SUAT, iar la 14 genotipuri, acesta a fost între 55 și 65 semințe. *Masa a 1000 semințe* a fost cuprinsă între 2,7 și 2,9 g la 11 genotipuri, iar la șase — Djerelo, Bliscuci, N162/0781, Belosemeannîi 177, Serebristîi, UCR/82 n 209-SUAT — între 2,5 și 2,6 g. *Productivitatea per plantă* a variat între 5 și 8,9 g pentru cele 17 genotipuri. Printre acestea, genotipurile Gusar, BiolSadovski, Konditerskii 2058, Donskoi belosemianîi, au înregistrat cele mai mici valori ale productivității – 5,0 - 5,6 g. În cadrul parametrilor analizați din clusterul III s-au evidențiat genotipuri cu trăsături morfologice și fiziologice importante care pot asigura o dezvoltare bună a plantelor chiar la începutul vegetației.

În ceea ce privește distribuirea genotipurilor de susan în funcție de trăsăturile de creștere și dezvoltare sub influența temperaturii minime, clusterul I, care include 23 de genotipuri (Anexa 25), se caracterizează prin cele mai mari valori pentru germinație ($x = 75,1 \%$), lungimea rădăcinii ($x = 5,4 \text{ mm}$) și lungimea tulpinii ($x = 11,3 \text{ mm}$) [134].

În urma evaluărilor de câmp, s-a constatat că la 18 genotipuri precoce și mediu precoce, durata perioadei de vegetație a fost de 106-127 zile, iar la genotipuri ca Kadet, L_2 , Konditerskii 2058, Delco, Iubileinîi, a fost între 129 și 147 zile. *Înălțimea plantelor* la 18 genotipuri a variat între 90 și 106 cm, iar la genotipuri precum Kubanets 57, BiolSadovski, Bliscuci, Natașa, Donskoi beloseminaîi, aceasta a fost între 85 și 90 cm. *Lungimea capsulelor* a variat între 2,7 și 2,8 cm la 14 mostre, iar la Zaltsadovski, BiolSadovski, Natașa, k-1555, Adaptovanîi 2, Kubanets 55, Kadet, VNIIMK-889, Delco, între 2,4 și 2,6 cm.

Referitor la *numărul de capsule per plantă*, acesta a variat, în cazul a 17 mostre, între 39,8 și 53,9 capsule, iar pentru genotipurile Kubanets 57, Gusar, BiolSadovski, Kubanets 93, Donskoi beloseminaîi și Boiarin, numărul de capsule a fost cuprins între 30,7 și 37,9. *Numărul de semințe per capsulă* a variat între 61,4 și 65,5 pentru 11 genotipuri, iar pentru genotipurile Djerelo, Gusar, BiolSadovski, Bliscuci, Natașa, Cumhuriyet 99, k-1555, Adaptovanîi 2, Kadet, Konditerskii 2058, VNIIMK-889 și Delco, acesta a fost între 49,3 și 60,7 semințe. *Masa a 1000 de semințe* a variat, pentru 12 genotipuri, între 2,7 și 2,9 g, iar pentru L_1 , Djerelo, Zaltsadovski, Bliscuci, Boiarin, Adaptovanîi 2, Lider, Kadet, L_2 , VNIIMK-889 și Iubileinîi, aceasta a fost cuprinsă între 2,3 și 2,6 g. *Productivitatea per plantă* a variat, pentru 19 genotipuri, între 6,0 și 9,8 g, iar pentru 4 genotipuri (Gusar, BiolSadovski, Konditerkii 2058, Donskoi beloseminaîi), aceasta a fost între 5,0 și 5,6 g. Genotipurile L_1 , Iubileinîi, Kubanets 55, Delco au înregistrat cei mai înalți indici, cu *numărul de capsule per plantă* între 45,5 și 53,9 și *productivitatea per plantă* între 7,4 și 8,3 g.

Seceta reprezintă o provocare globală, deoarece impune constrângeri semnificative asupra mediului, limitând creșterea și randamentul culturilor agricole. Situația actuală face

această problemă și mai acută, întrucât temperaturile ridicate determină o lipsă reală de apă în sol. Dezvoltarea soiurilor tolerante la deficitul de apă devine, astfel, o abordare durabilă și economic viabilă pentru creșterea producției agricole și asigurarea securității alimentare. În acest sens, cultivarea plantelor tolerante la secetă se prezintă ca o strategie promițătoare, deoarece permite obținerea unor recolte ridicate în condiții de apă limitată și, totodată, poate reduce consumul de apă pentru irigații [153; 160].

În acest context, obiectivul principal al cercetării a fost evaluarea genotipurilor din colecția de susan, în ceea ce privește toleranța la secetă în primele etape ale ontogenezei și stabilirea corelațiilor acestora cu parametrii cantitativi.

Germinația semințelor. În varianta martor, germinația semințelor la genotipurile de susan studiate a variat între 90 și 100%, ceea ce indică un potențial înalt al semințelor pentru testare (figura 4.4.A). Sub influența stresului hidric (PEG 6000), germinația semințelor la 62 % din genotipuri care au depășit media eșantionului a variat între 35 și 65 %.

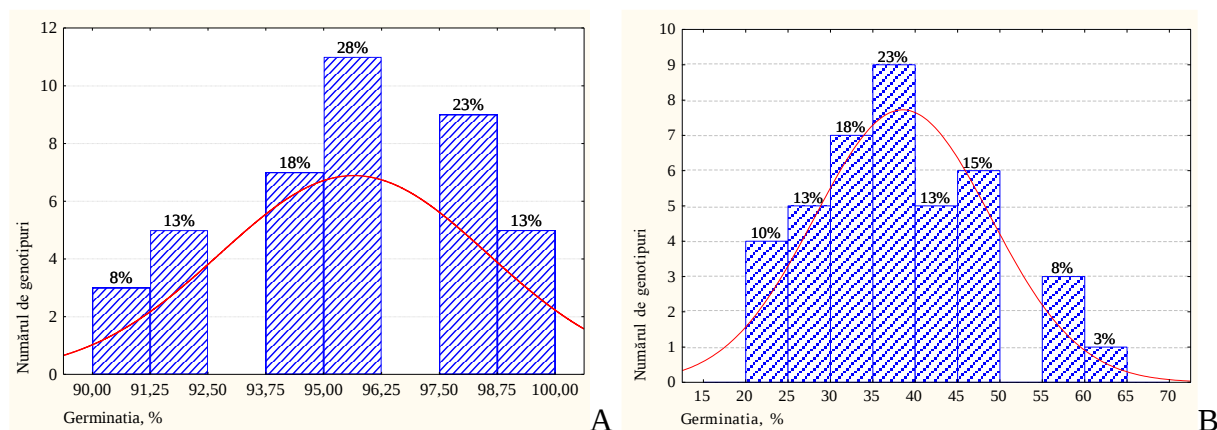


Figura 4.4. Repartiția genotipurilor de susan după germinația semințelor: A) martor; B) stresul hidric

Comparativ cu martorul, toate cele 40 de genotipuri au înregistrat o scădere a germinației între 26 % și 76 %. Printre cele mai afectate genotipuri se numără *k-1555*, *Lider*, și *L₂* (72 % până la 76 %) (figura 4.4.B).

Lungimea rădăcinii. În varianta martor, lungimea rădăcinii la genotipurile studiate a variat între 18 și 36 mm. Din totalul genotipurilor, cele cu valori mai mari decât media eșantionului (26-36 mm) au reprezentat 62 % (figura 4.5.A)

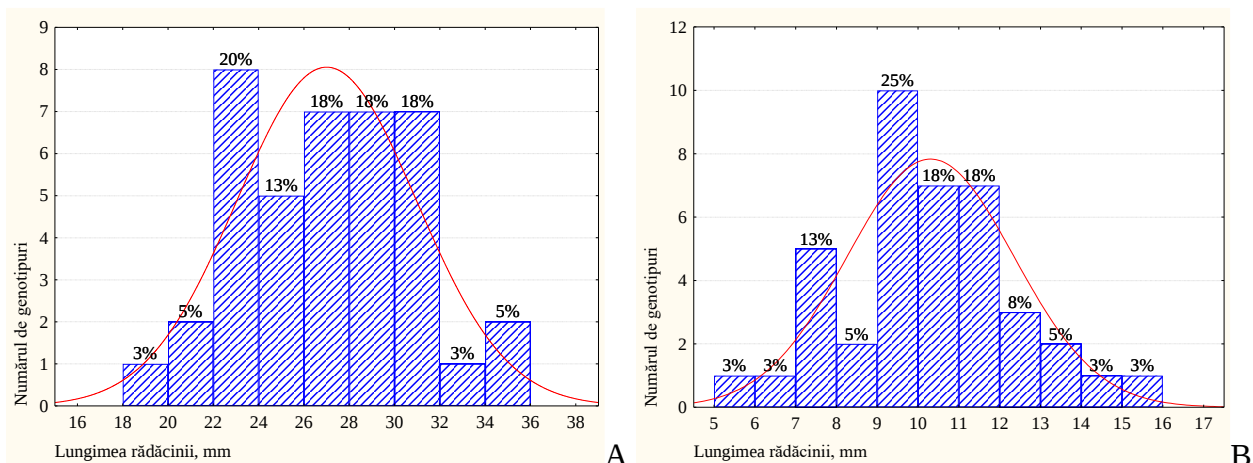


Figura 4.5. Repartiția genotipurilor de susan după lungimea rădăcinii: A) martor; B) stresul hidric

În condițiile stresului hidric, lungimea rădăcinii a variat între 5 și 16 mm, iar frecvența genotipurilor cu rădăcini mai mici decât media eșantionului a scăzut la 49 %.

De remarcat este faptul că sub influența stresului hidric, valoarea acestui parametru s-a diminuat cu 20 – 58 % comparativ cu martorul. Printre cele mai afectate genotipuri se menționează *Zaltsadovski*, *Kubanets 57*, *Donskoi beloseminaîi*, *Cumhuriyet 99*, *Solnecinîi*, *Boiarin*, cu scăderi de 50-58 % (figura 4.5.B).

Lungimea tulpinii. În varianta martor, lungimea tulpinii a variat între 16 și 38 mm, iar frecvența genotipurilor cu valori mai mari decât media eșantionului (26-38 mm) a fost de 57 % (figura 4.6.A) Sub influența stresului hidric, lungimea tulpinii s-a diminuat până la 4 - 12 mm, iar proporția genotipurilor cu lungimea tulpini mai mare decât media eșantionului a scăzut la 41 %.

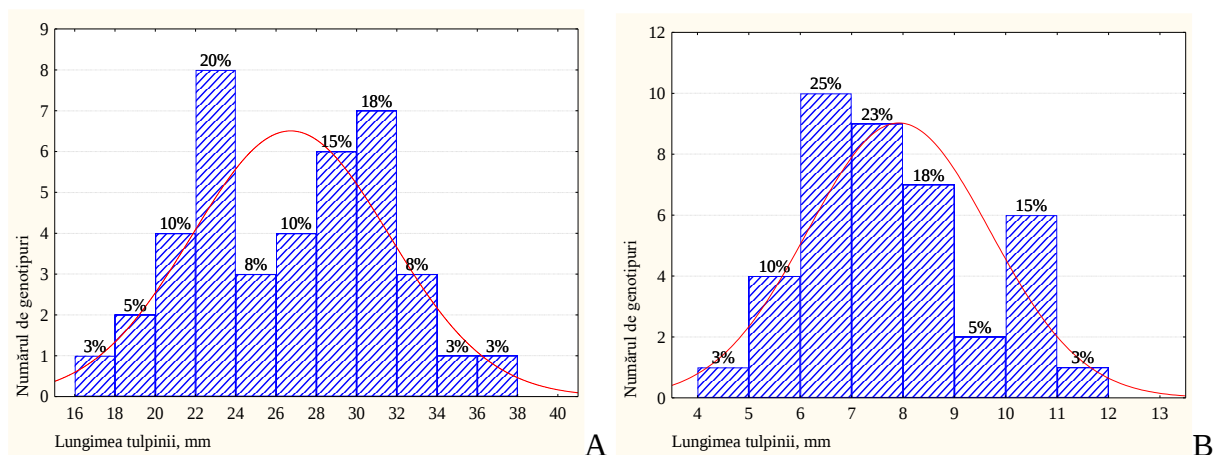


Figura 4.6. Repartiția genotipurilor de susan după lungimea tulpinii: A) martor; B) stresul hidric

Diminuarea creșterii sub influența stresului hidric a fost observată la toate genotipurile, cu o scădere între 17 % și 42 % față de martor. Cele mai afectate soiuri, cu o scădere între 37 % și 42 % față de martor, sunt *Gusar*, *k-1265*, *Donskoi beloseminaîi*, *Cumhuriyet 99*, *Kubanets 55* și *Iubileinîi* (figura 4.6.B).

Genotipurile din colecția de susan au fost repartizate în patru clase de rezistență pe baza caracterelor studiate: germinația, lungimea rădăcinii și lungimea tulpinii.

Clasa a I-a – plante rezistente (12,5 %) include genotipurile *Kubanets 55*, *k-1265*, *Margo*, *k-1621*, *Gusar*, care au avut un grad de inhibiție între 41,98 % și 51,71 %. Durata perioadei de vegetație pentru această clasă a variat între 109 și 127 zile, majoritatea fiind precoci sau mediu precoci, cu excepția genotipului *Margo* (129 zile), care este mediu tardiv.

În urma evaluărilor de câmp, s-a constatat o variabilitate mare a caracterelor esențiale ale genotipurilor de susan: *înălțimea plantelor* (90,8 cm – 110,1 cm), *lungimea capsulei* (2,5 cm – 2,9 cm), *numărul de capsule per plantă* (34,0 – 45,5 capsule), *numărul de semințe per capsulă* (55,8 – 64,6 semințe), *masa a 1000 semințe* (2,6 g – 2,8 g) și *productivitatea per plantă* (5,2 g – 7,4 g).

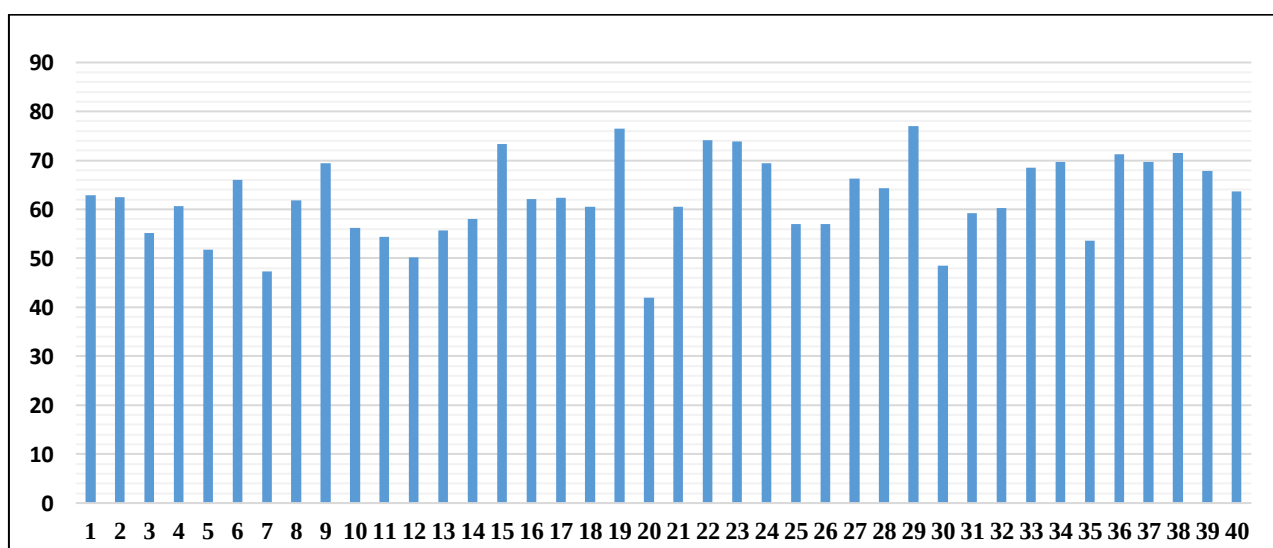


Figura 4.7. Gradul de variație a caracteristicilor biologice ale genotipurilor de susan la primele etape de dezvoltare ontogenetică sub influența stresului hidric, %

1 – *L₁*, 2 – *Djerelo*, 3 – *Zaltsadovski*, 4 – *Kubanets 57*, 5 – *Gusar*, 6 – *BiolSadovski*, 7 – *k-1265*, 8 – *Bliscucii*, 9 – *Natașa*, 10 – *Kubanets 93*, 11 – *Donskoi belosemianîi*, 12 – *k-1621*, 13 – *Cumhuriyet 99*, 14 – *k-1257*, 15 – *k-1555*, 16 – *Solnecinîi*, 17 – *Boiarin*, 18 – *Adaptovanîi 2*, 19 – *Lider*, 20 – *Kubanets 55*, 21 – *Kadet*, 22 – *L₂*, 23 – *N162/0781*, 24 – *Taşkentskii 122*, 25 – *Konditerskii 2058*, 26 – *Belosemeannîi 177*, 27 – *VNIIMK-889*, 28 – *VNIIMK-1*, 29 – *Manjurski uluçşennîi*, 30 – *Margo*, 31 – *Liano*, 32 – *Delco*, 33 – *Dulce*, 34 – *Serebristîi*, 35 – *Iubileinîi*, 36 – *Zalt Sadovzri*, 37 – *UCR/82 n 209-SUAT*, 38 – *Margo Tall*, 39 – *Oro Shot*, 40 – *Oro 9/71*.

S-a constatat că genotipul *Kubanets 55* este cel mai puțin susceptibil, având, de asemenea, cei mai înalți indici pentru *înălțimea plantelor* (110,1 cm), *numărul de capsule per plantă* (45,5 capsule) și *productivitatea per plantă* (7,4 g) (figura 4.7).

Clasa a II-a – plante tolerante (32,5 %). În această clasă se remarcă *Iubileinîi*, *Donskoi belosemianîi*, *Zaltsadovski*, *Cumhuriyet 99*, *Kubanets 93*, *Konditerskii 2058*, *Belosemeannîi 177*, *k-1257*, *Liano*, *Delco*, *Kadet*, *Adaptovanîi 2*, *Kubanets 57*, cu un grad de inhibiție cuprins între 53,56 % și 60,71 % (figura 4.7). Dintre acestea, cel mai tolerant s-a dovedit a fi soiul *Iubileinîi*,

cu un grad de inhibiție de 53,56 %. După lungimea rădăcinii, genotipul *Donskoi belosemianîi* a avut cea mai mică diferență de 11,30 mm comparativ cu martorul (21,55 mm), iar în ceea ce privește lungimea tulpinii, diferența a fost de 7,86 mm față de martor (21,25 mm). De asemenea, dintre genotipurile cu semințe maro, *Konditerskii 2058* a fost cel mai tolerant, iar după lungimea rădăcinii, *Liano* a avut cea mai mică diferență (9,63 mm comparativ cu martorul, 26,58 mm), în timp ce pentru lungimea tulpinii, diferența a fost de 8,00 mm față de martor (29,41 mm).

În această clasă, genotipurile *Zaltsadovski*, *Kubanets 57*, *Cumhuriyet 99*, *Donskoi belosemianîi*, *Kubanets 93* și *Adaptovanîi 2* sunt precoc sau mediu precoc, iar alte 7 genotipuri sunt tardive sau mediu tardive. Indicii cantitativi ai acestor genotipuri s-au înregistrat între 84,5 cm și 122,0 cm pentru *înălțimea plantei*, între 2,4 cm și 2,8 cm pentru *lungimea capsulei*, între 33,3 capsule și 54,5 capsule pentru *numărul de capsule per plantă*, între 49,3 semințe și 63,8 semințe pentru *numărul de semințe per capsulă*, între 2,4 g și 3,0 g pentru *masa a 1000 semințe*, și între 5,2 g și 9,5 g pentru *productivitatea per plantă*. Cel mai tolerant genotip a fost *Iubilenîi* și cu cei mai înalți indici ai *înălțimii plantei* de 106,2 cm, *lungimii capsulei* de 2,8 cm, *numărul de capsule per plantă* de 53,8 capsule și *productivitatea per plantă* de 8,3 g.

Clasa a III-a – plante sensibile cu plasticitate mare (27,5 %). Aceste plante au prezentat o stabilitate mică a funcțiilor în timpul stresului și o capacitate mare de revenire. Printre genotipurile din această clasă se numără *Bliscucii*, *Solnecinîi*, *Boiarin*, *Djerelo*, *L₁*, *Oro 9/71*, *VNIIMK 1*, *BiolSadovski*, *VNIIMK 889*, *Oro shot* și *Dulce*, cu un grad de inhibiție între 61,78% și 68,49%. În funcție de perioada de vegetație, 8 dintre aceste soiuri și linii s-au dovedit a fi precoc sau mediu precoc (106-127 zile), în timp ce soiurile *Dulce*, *Oro Shot*, și *Oro 9/71* au fost mediu tardive sau tardive. Genotipurile sensibile, dar cu trăsături remarcabile de restabilire, includ *Bliscucii* și linia *L₁*, cu grade de inhibiție de 61,78 % și 62,83 %.

Linia *L₁* se remarcă, de asemenea, prin indicii săi de *înălțimea plantei* (99,0 cm), *lungimea capsulei* (2,8 cm), *numărul de capsule per plantă* (46,2 capsule), *numărul de semințe per capsulă* (65,5 semințe), și *productivitatea per plantă* (7,9 g). La genotipul *Boiarin*, cea mai mică diferență de lungime a rădăcinii (10,81 mm) a fost observată comparativ cu martorul (18,59 mm), iar lungimea tulpinii a scăzut cu 6,77 mm față de martor (21,26 mm). Cel mai sensibil genotip din această clasă este *Dulce*, cu un grad de inhibiție mare (68,49 %) și o capacitate de revenire scăzută. Acesta a înregistrat o diferență mare a lungimii rădăcinii (7,66 mm comparativ cu martorul de 30,35 mm) și a lungimii tulpinii (8,49 mm față de martor de 30,82 mm), dar s-a remarcat prin valorile sale înalte pentru *înălțimea plantei* (103,4 cm), *numărul de capsule per plantă* (55,3 capsule), și *productivitatea per plantă* (8,3 g).

Clasa a IV-a – plante sensibile, cu stabilitate mică și capacitate redusă de restabilire a homeostazei (27,5 %), include genotipurile *Taşkentskii 122*, *Nataşa*, *Serebristîi*, *UCR/82 n 209-*

SUAT, Zalt Sadovzri, Margo Tall, k-1555, N162/0781, L₂, Lider, Manjurskii ulucisennîi, care prezintă un grad de inhibiție între 69,39 % și 77,02 %. Aceste genotipuri sunt considerate cele mai sensibile. Dintre ele, Natașa, k-1555, Lider, N162/0781 și Taşkentskii 122 au o perioadă de vegetație de 95-127 zile (precoc și mediu precoc), în timp ce restul au o perioadă de vegetație între 130-141 zile (mediu tardiv – tardiv).

Cele mai afectate genotipuri din această clasă au fost L₂, Lider, k-1555, Manjurskii ulucisennîi, cu un grad de inhibiție între 73,33 % și 77,02 %, fiind toate cu semințe albe. Cel mai mare impact asupra creșterii a fost observat la genotipul Manjurskii ulucisennîi, care a înregistrat cea mai mare diferență a lungimii rădăcinii (6,08 mm comparativ cu martorul, 30,22 mm) și a lungimii tulpinii (5,47 mm comparativ cu martorul, 32,49 mm) sub influența presiunii osmotice. În cadrul genotipurilor cu semințe maro, cel mai rezistent la stresul hidric, dar totuși cu o capacitate mică de restabilire a stării funcționale, a fost Serebristîi, cu un grad de inhibiție de 69,68 %. Acesta a prezentat următoarele valori ale indicilor studiați: înălțimea plantei de 106,8 cm, numărul de capsule per plantă de 57,0 capsule și productivitatea per plantă de 8,9 g. Cea mai mică lungime a rădăcinii (7,98 mm comparativ cu 29,53 mm la martor) și cea mai mică lungime a tulpinii (6,34 mm comparativ cu martorul de 30,06 mm) au fost observate la genotipul UCR/82 n 209-SUAT [133].

4.2. Variabilitatea germoplasmei de susan sub influența agenților patogeni

Strategia de elaborare a managementului integrat al bolii presupune cunoașterea epidemiologiei și a caracteristicilor populației patogene, cu identificarea corectă a agenților cauzali ca o condiție obligatorie [122]. În acest context, obiectivele propuse au fost evidențierea genotipurilor de susan cu rezistență sporită la patogenii *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* și *Fusarium solani*, prin testarea acestora în primele etape ale ontogenezei, corelând rezultatele cu unele caractere cantitative ale genotipurilor investigate.”

4.2.1. Reacția la filtratul de cultură *Alternaria alternata*

Germinația. În varianta martor, germinația semințelor pentru cele 40 de genotipuri de susan studiate a variat între 78 % și 100 %. Rata genotipurilor cu un nivel înalt de germinație (90-100 %) a fost de 70 %, ceea ce indică o bună calitate a semințelor incluse în testare (figura 4.8.A). Sub influența FC A. *alternata*, rata semințelor cu un nivel de germinație de 90-100% a scăzut până la 35 % (figura 4.8.B).

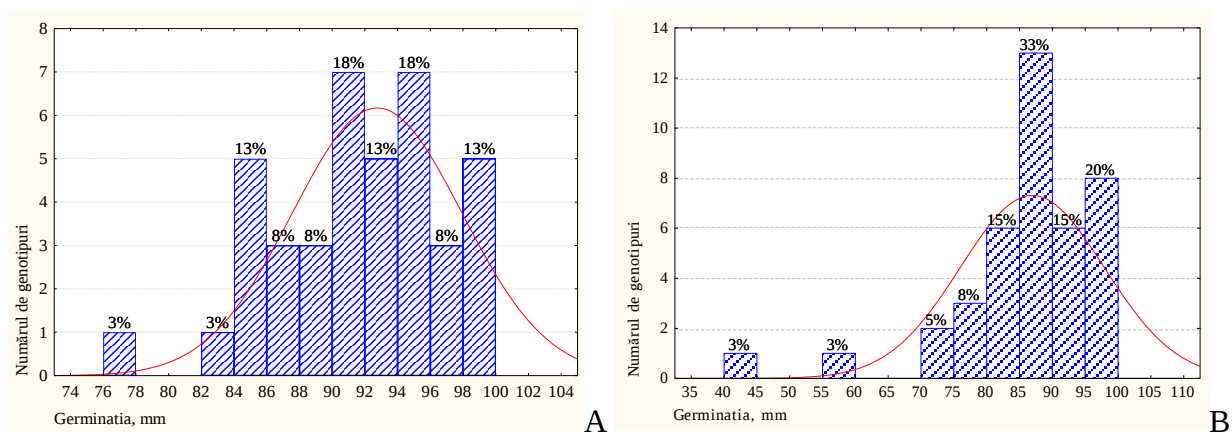


Figura 4.8. Repartiția genotipurilor de susan după germinația semințelor: A) martor; B) FC A. Alternata

Comparativ cu martorul, cea mai pronunțată scădere a germinației (-10 ...-51 %) s-a observat la 13 genotipuri (32,5 %). Printre cele mai afectate genotipuri se numără *Djerele*, *k-1621*, *VNIIMK 889*, *Iubilennîi* (-20 ...-22 %) și *k-1265* (-51 %). Totodată, stimularea germinației cu 8-10 % ca răspuns la acțiunea FC s-a înregistrat la 3 soiuri: *Kubanets 57*, *N162/0781* și *Boiarin* (figura 4.8.B).

Lungimea rădăcinii. În varianta martor, lungimea rădăcinii la genotipurile studiate a variat între 15 și 45 mm, iar 49 % dintre acestea au înregistrat o lungime a rădăcinii mai mare decât media eșantionului (25-45 mm) (figura 4.9.A). În varianta afectată de *A. alternata*, lungimea rădăcinii a variat între 10 și 40 mm, iar frecvența genotipurilor cu rădăcini mai mici decât media eșantionului s-a diminuat până la 41 %.

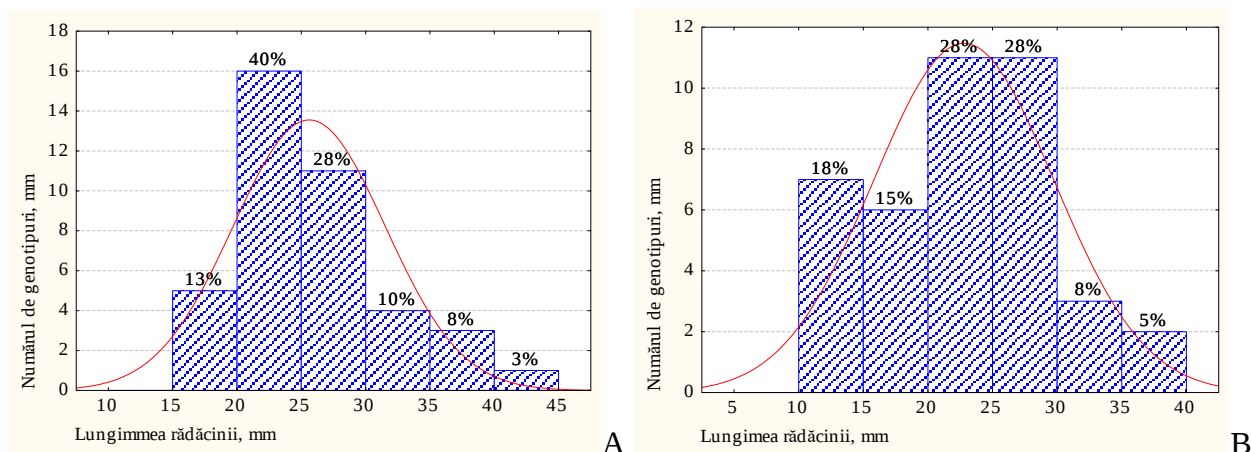


Figura 4.9. Repartiția genotipurilor de susan după lungimea rădăcinii: A) martor; B) FC A. alternata

De menționat că sub influența FC, la 21 genotipuri (52,5 %) parametrul s-a diminuat cu 32-94 % din valoarea martorului. Printre cele mai afectate genotipuri (32-52 % comparativ cu martorul) pot fi menționate *Manjurskii ulucisenîi*, *Oro Shot*, *k-1257* și *Iubileinîi*. La 10 genotipuri (25 %) – *Natașa*, *Kubanets 93*, *Cumhuriyet 99*, *k-1555*, *Lider*, *Belosemeanîi 177*,

VNIIMK-1, Liano, Zaltsadovski, Biolsadovski s-a constatat stimularea creșterii rădăcinii cu 6,2-59,3 % față de martor (figura 4.9.B).

Lungimea tulpinii. În varianta martor, lungimea tulpinii a variat între 10 și 32 mm, iar 43 % dintre genotipuri au avut valori mai mari decât media eșantionului (20-32 mm) (figura 4.10.A). Sub influența FC, lungimea tulpinii a scăzut între 4 și 26 mm, iar frecvența genotipurilor cu lungimea tulpinii mai mare decât media eșantionului a scăzut la 21 %, ceea ce reprezintă o reducere semnificativă față de martor.

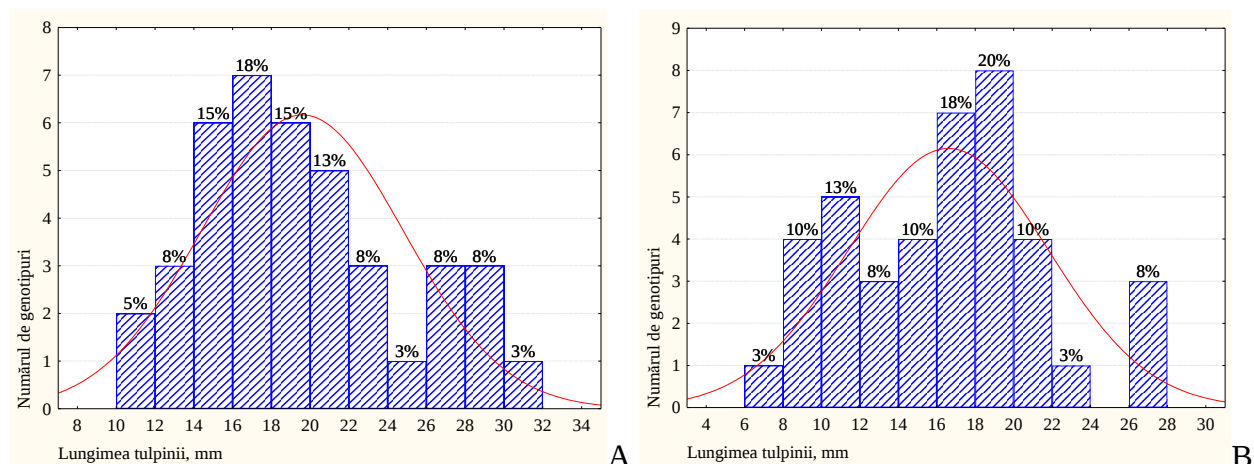


Figura 4.10. Repartiția genotipurilor de susan după lungimea tulpinii: A) martor; B) FC *A. alternata*

Diminuarea creșterii sub influența FC *A. alternata* s-a observată la 22 de genotipuri (55 %). Printre cele mai afectate soiuri (cu o scădere de 22-52 % față de valoarea martorului) se numără *Kadet*, *Manjurskii ulucisenii*, *Oro Shot*, *Dulce*, *Oro 9/71*. În schimb, la 12 genotipuri – *Djerelo*, *Zaltsadovski*, *Gusar*, *Biolsadovski*, *k-1265*, *Natașa*, *Kubants 93*, *k-1621*, *k-1555*, *Boiarin*, *VNIIMK 1* și *Zaltsadovski* – au răspuns la tratament prin stimulare a creșterii cu valori cuprinse între 6,2 % și 109 % față de martor (figura 4.10.B). Prin analiza corelațională, s-a constatat o dependență pronunțată între lungimea rădăcinii și lungimea tulpinii în varianta martor ($r = 0,80^*$, $p < 0,05$) și în varianta cu FC ($r = 0,75^*$, $p < 0,05$) (figura 4.11) [121].

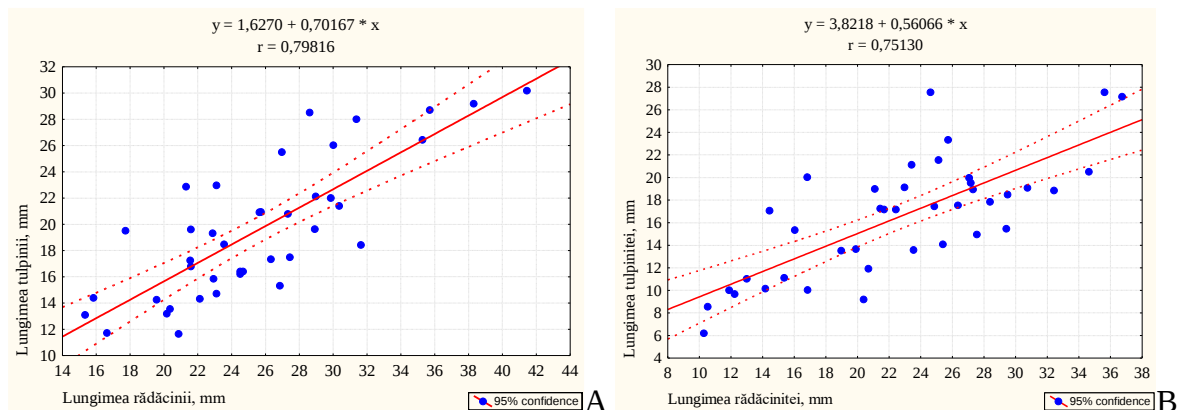


Figura 4.11. Dependența regresională între lungimea tulpinii și a rădăcinii în reacția plantelor de *S. indicum* la filtratul de cultură *A. Alternata*: A) martor; B) FC *A. alternata*

Totuși, această dependență a fost ușor diminuată sub influența patogenului, ceea ce sugerează că plasticitatea fenotipică a organelor de creștere ale susanului în reacția la *A. alternata* este relativ independentă.

Una dintre metodele statistice moderne de clasificare a genotipurilor este scanarea multidimensională [56]. În scopul cercetării gradului de similitudine și diferențiere a genotipurilor de susan, precum și pentru identificarea celor mai puțin sensibile la tratamentele cu FC *A. alternata*, s-a realizat analiza de scanare multidimensională pe baza germinației semințelor (%), lungimii rădăcinii (mm) și lungimii tulpinii (mm) (figura 4.12).

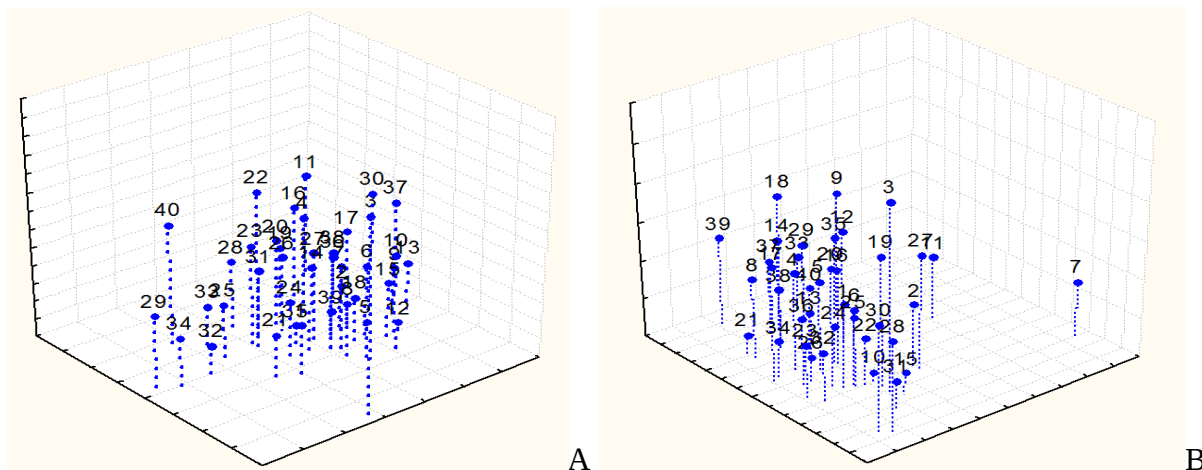


Figura 4.12. Scanarea multidimensională a genotipurilor de susan în funcție de caracterele de creștere în condiții controlate: A) martor; B) FC *A. alternata*

1 – *L*₁, 2 – Djerelo, 3 – Zaltsadovski, 4 – Kubanets 57, 5 – Gusar, 6 – BiolSadovski, 7 – k-1265, 8 – Bliscucii, 9 – Natașa, 10 – Kubanets 93, 11 – Donskoi belosemianîi, 12 – k-1621, 13 – Cumhuriyet 99, 14 – k-1257, 15 – k-1555, 16 – Solneciniî, 17 – Boiarin, 18 – Adaptovanîi 2, 19 – Lider, 20 – Kubanets 55, 21 – Kadet, 22 – *L*₂, 23 – N162/0781, 24 – Taşkentskii 122, 25 – Konditerskii 2058, 26 – Belosemeannîi 177, 27 – VNIIMK-889, 28 – VNIIMK-1, 29 – Manjurski uluçşennîi, 30 – Margo, 31 – Liano, 32 – Delco, 33 – Dulce, 34 – Serebristîi, 35 – Iubileinîi, 36 – Zalt Sadovzri, 37 – UCR/82 n 209-SUAT, 38 – Margo Tall, 39 – Oro Shot, 40 – Oro 9/71.

Conform modelului k-mediilor din analiza clusteriană (Anexa 26), s-a constatat că, în varianta martor, cele mai înalte valori ale caracterelor analizate – germinația, lungimea rădăcinii și lungimea tulpinii – s-au înregistrat la genotipurile din clusterul 1, cu medii de 94,8 %, 30,7 mm și 24,7 mm, respectiv.

Printre cele 12 genotipuri care au format un cluster separat, *L*₁, N162/0781 și Taşkentskii 122 au o durată de vegetație de 95-121 zile, fiind considerate precoc și semi-precoc, iar alte 9 genotipuri au o perioadă de maturizare fiziologică mare, de 129-151 zile.

În ceea ce privește alte caractere importante, cum ar fi înălțimea plantei, numărul de capsule per plantă, numărul de semințe per capsulă, masa a 1000 de semințe și productivitatea per plantă, s-au constatat variații semnificative între genotipurile clusterului 1. Astfel, înălțimea plantei la 6 genotipuri a variat între 103,1 și 122,0 cm, în timp ce la alte 6 genotipuri a variat

între 92,5 și 99,6 cm (*L₁*, *N162/0781*, *Taşkentskii 122*, *Manjurskii ulucisenîi*, *Kadet*, *Oro 9/71*). Numărul de capsule per plantă la 8 genotipuri a variat între 44,9 și 57,0 capsule, iar la *N162/0781*, *Taşkentskii 122*, *Konditerski 2058* și *Oro 9/71* între 39,5 și 42,3 capsule. Numărul de semințe per capsulă la 7 genotipuri a fost între 57,1 și 65,5 semințe, iar la *N162/0781*, *Taşkentskii 122*, *Konditerski 2058* și *Manjurski ulucisenîi* între 49,3 și 55,6 semințe. Masa a 1000 de semințe la 8 genotipuri a variat între 2,7 și 3,0 g, iar la *L₁*, *Serebristîi*, *Iubileinîi*, *Kadet*, *N162/0781* a fost între 2,5 și 2,6 g. Productivitatea per plantă la 9 genotipuri a variat între 6,9 și 9,5 g, iar la *N162/0781*, *Taşkentskii 122* și *Konditerski 2058* între 5,2 și 5,6 g.

În ceea ce privește repartiția genotipurilor de susan în clase pe baza caracterelor de creștere și dezvoltare ale plantulelor la tratarea boabelor cu filtrat de cultură de *A. alternata*, genotipurile cu cele mai înalte valori ale germinației ($x = 90,8 \%$), lungimii rădăcinii ($x = 28,1$ mm) și lungimii tulpinii ($x = 19,8$ mm) au format clusterul 3, care include 20 de genotipuri. În cazul variantei cu FC, valorile înalte ale caracterelor de creștere și dezvoltare nu doar că reflectă particularitățile morfobiologice ale plantelor, dar și sensibilitatea acestora la patogen, ceea ce sugerează că aceste genotipuri sunt cele mai rezistente la *Alternaria alternata* (Anexa 30).

În urma evaluărilor de câmp, s-a constatat că la 12 genotipuri din clusterul menționat, perioada maturizării fiziologice a fost de 95-127 zile, iar pentru *L₂*, *Konditerskii 2058*, *Belosemiannîi 177*, *Margo*, *Liano*, *Delco*, *Serebristîi* și *Zaltsadovski* perioada de maturizare a fost de 129-149 zile. Înălțimea plantei la 7 genotipuri a variat între 99,0 și 122 cm, iar la *Zaltsadovski*, *Gusar*, *N162/0781*, *Boiarin*, *Kubanets 57*, *Zaltsadovski*, *Kubanets 93*, *k – 1555*, *Lider*, *VNIIMK-1*, *L₂*, *Belosemeannîi 177* și *Margo* între 84,2 și 97,0 cm. În ceea ce privește numărul de capsule per plantă, la 9 genotipuri s-au înregistrat valori între 43,2 și 54,5 capsule, iar la *Gusar*, *N162/0781*, *Boiarin*, *Kubanets 57*, *Zaltsadovski*, *Kubanets 93*, *k – 1555*, *VNIIMK-1*, *L₂*, *Konditerski 2058* și *Margo* între 30,7 și 42,0 capsule. Numărul de semințe per capsulă la 16 genotipuri a variat între 57,0 și 65,5 semințe, iar la *N162/0781*, *VNIIMK-1*, *Konditerski 2058* și *Margo* între 47,0 și 55,8 semințe. Masa a 1000 de semințe pentru 12 genotipuri din totalul de 20 a fost între 2,7 g și 3,0 g, iar la *L₁*, *Zaltsadovski*, *Boiarin*, *Lider*, *L₂*, *Belosemeanîi 177*, *Serebristîi*, *N162/0781* a variat între 2,4 și 2,6 g. Productivitatea per plantă la 15 genotipuri a fost între 6,1 g și 9,5 g, iar la *Gusar*, *N162/0781*, *Biolsadovski*, *VNIIMK-1* și *Konditerski 2058* între 5,2 g și 5,7 g.

Printre cele 20 de genotipuri rezistente la patogenul *A. alternata*, *L₁*, *Kubanets 55*, *Serebristîi*, *Zalt Sadovsri*, *Liano* și *Delco* au înregistrat valori remarcabile la mai multe caractere cantitative, precum înălțimea plantei (99,0 cm – 122,0 cm), numărul de capsule per plantă (44,4 – 57,0) și productivitatea per plantă (7,4 g – 9,5 g). Aceste trăsături le fac promițătoare pentru

implementarea în producție sau pentru utilizarea în programele de ameliorare, având potențialul de a contribui la obținerea unor soiuri cu caracteristici complexe valoroase

4.2.2. Reacția la filtratul de cultură *Fuzarium oxysporum*

Germinația. În varianta martor, rata semințelor germinate la genotipurile de susan aflate în studiu a variat între 72 % și 98 %, cu excepția genotipului *Kubanets 93*, care a înregistrat o germinație de 22 %, ceea ce denotă buna lor pretabilitate pentru testare (figura 4.13.A). Sub influența FC *F. oxysporum*, la 28 de genotipuri (70 %), germinația s-a diminuat cu 2-38 %. Cea mai pronunțată scădere a germinației (-10 ... -38%) a fost observată la 13 genotipuri (32,5 %). Printre cele mai afectate, se numără *Lider*, *L₂*, *Manjurskii ulucisennîi* (-20 ... -32 %) și *L₁*, *Zaltsadovski* (-38 %). În schimb, la 9 soiuri – *Biolsadovski*, *Kubanets 93*, *Donskoi belosemiannîi*, *Cumhuriyet 99*, *k-1257*, *k-1621*, *Solneciniîi*, *Boiarin*, *Taşkentskii 122* – s-a stabilit o stimulare a germinației de 22,5 % (figura 4.13.B).

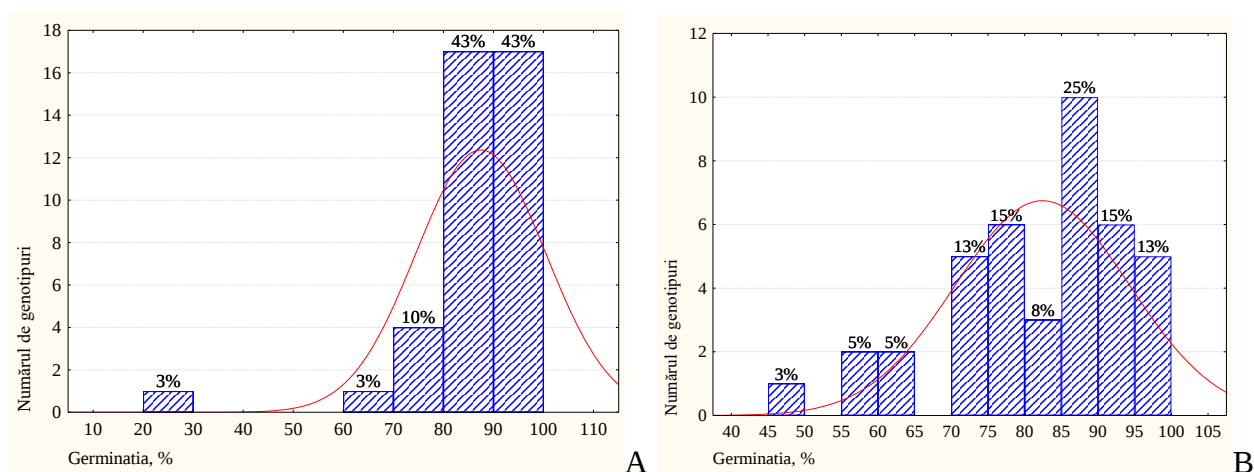


Figura 4.13. Repartiția genotipurilor de susan după germinația semințelor:

A) martor; B) FC *F. oxysporum*

Lungimea rădăcinii. În varianta martor, lungimea rădăcinii la genotipurile studiate a variat între 14 și 38 mm, iar 50 % dintre genotipuri au prezentat lungimi ale rădăcinii mai mari (între 24 și 38 mm) decât media eșantionului (figura 4.14.A). Sub influența FC, la 13 genotipuri (32,5 %) valoarea acestui parametru a diminuat cu 30-100% comparativ cu martorul. Printre cele mai afectate genotipuri (30-67,2 % din valoarea martorului) se numără *L₁*, *Zaltsadovski* și *L₂*. La 27 de genotipuri (67,5 %) – *Djerelo*, *Kubanets 57*, *Gusar*, *Biolsadovski*, *Bliscucii*, *Natașa*, *Kubanets 93*, *Donskoi belosemiannîi*, *k-1621*, *Cumhuriyet 99*, *k-1257*, *k-1555*, *Boiarin*, *Kubanets 55*, *Taşkentskii 122*, *Konditerskii 2058*, *Belosemiannîi 177*, *VNIIMK-1*, *Manjurskii ulucisennîi*, *Margo*, *Delco*, *Dulce*, *Serebristiîi*, *Iubileinnîi*, *Zaltsadovski*, *UCR/82 n 209-SUAT*, *Oro 9/71* – s-a constatat stimularea creșterii rădăcinii cu 2-124,4 % (figura 4.14.B).

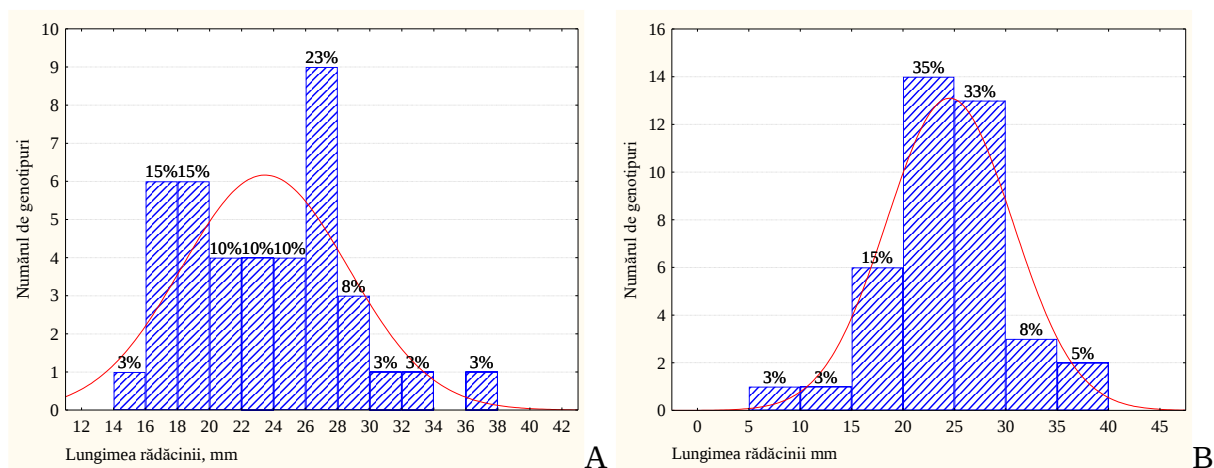


Figura 4.14. Repartiția genotipurilor de susan după lungimea rădăcinii: A) martor; B) FC *F. oxysporum*

Lungimea tulpinii. În varianta martor, lungimea tulpinii a variat între 12 și 26 mm, iar 48 % dintre genotipuri au prezentat valori ale lungimii tulpinii superioare mediei eșantionului, adică între 18 și 26 mm (figura 4.15.A). Diminuarea creșterii sub influența FC *F. oxysporum* a fost observată la 19 genotipuri (47,5 %). Printre cele mai afectate soiuri (20-54 % din valoarea martorului) se numără *L₁*, *Djerelo*, *Zaltsadovski*, *Lider* și *L₂*. Un număr de 20 de genotipuri – *Kubanets 57*, *Biolsadovski*, *k-1265*, *Bliscucii*, *Natașa*, *Donskoi Belosemiannîi*, *k-1621*, *Solnecînîi*, *Boiarin*, *Adaptovanîi 2*, *Kubanets 55*, *NI62/0781*, *Tașkentskii 112*, *Konditerskii 2058*, *Belosemiannîi 177*, *Manjurskii ulucisennîi*, *Margo*, *Delco*, *Serebristîi*, *Iubileinnîi* – au răspuns la filtratul fungic prin stimularea creșterii tulpinii cu 2-55,4 % (figura 4.15.B).

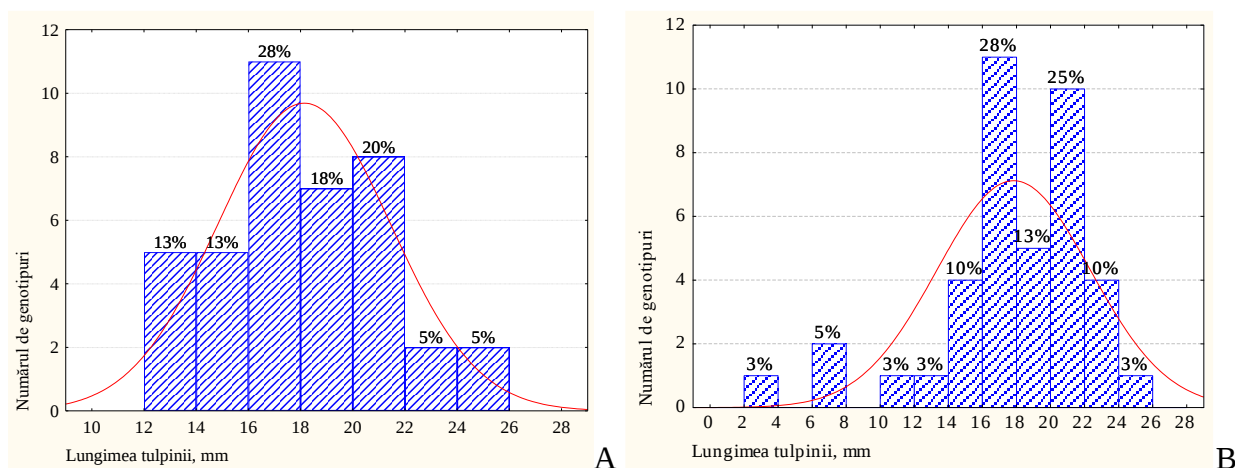


Figura 4.15. Repartiția genotipurilor de susan după lungimea tulpinii: A) martor; B) FC *F. oxysporum*

Informații suplimentare privind dependența lungimii rădăcinii de lungimea tulpinii, atât în varianta martor, cât și pe fondul filtratului de cultură, au fost obținute prin analiza corelației. S-a constatat că există o dependență medie pozitivă între aceste două caractere atât în varianta martor ($r = 0,69^*$, $p < 0,05$), cât și în varianta cu FC ($r = 0,64^*$, $p < 0,05$) (figura 4.16).

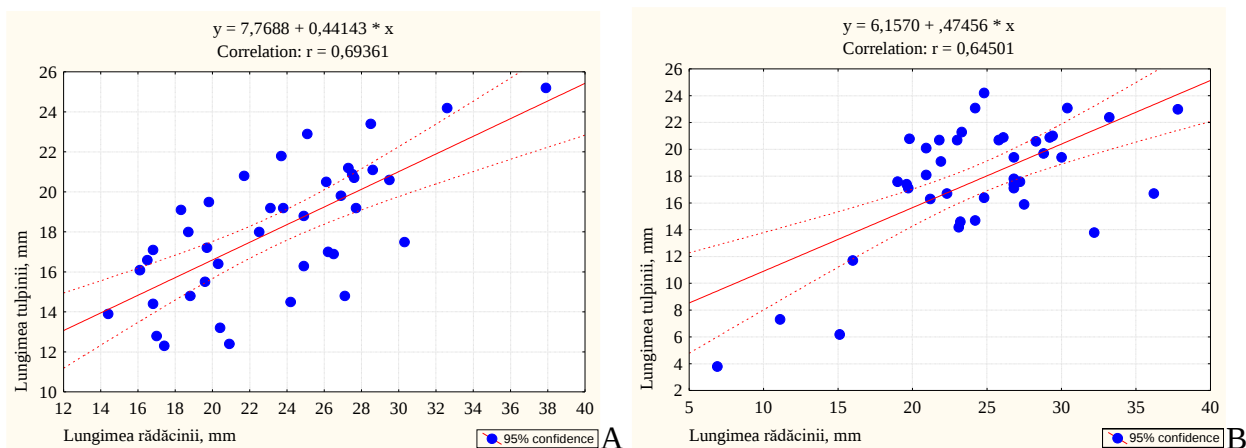


Figura 4.16. Dependența regresională între lungimea tulpinii și a rădăcinii în reacția plantelor de *S. indicum* la filtratul de cultură *F. oxysporum*: A) martor; B) FC *F. oxysporum*

Clasificarea genotipurilor de susan (Anexa 27) conform modelului k-mediilor de analiză clusteriană a arătat că, în varianta martor, cele mai înalte valori ale caracterelor analizate – *germinația*, *lungimea rădăcinii* și *lungimea tulpinii* – au fost obținute la genotipurile din clusterul II, cu medii de 93,3 %, 24,5 mm și 19,0 mm, respectiv. Printre cele 14 genotipuri care au format acest cluster, se numără *L₁*, *Djerelo*, *Kubanets 57*, *Gusar*, *k – 1265*, *Bliscucii*, *Natașa*, *Cumhuriyet 99*, *Adaptovanii 2*, *Lider*, *Kubanets 55*, *N162/0781*, *Taşkentskii 122* și *VNIIMK-1*. Aceste genotipuri au avut o perioadă de vegetație între 95 și 127 zile, fiind considerate precoce și mediu-precoce. În schimb, 12 genotipuri – *k-1257*, *Kadet*, *L₂*, *Konditerskii 2058*, *Margo*, *Liano*, *Delco*, *Serebristii*, *Iubileinnii*, *UCR/82 n 209-SUAT*, *Margo Tall* și *Oro Shot* – au avut o perioadă de vegetație de 129-149 zile [136].

Referitor la alte caractere esențiale – *înălțimea plantei*, *numărul de capsule per plantă*, *numărul de semințe per capsulă*, *masa a 1000 semințe* și *productivitatea per plantă* – rezultatele obținute pe parcursul a trei ani de studiu (pe baza mediei) au evidențiat diferențe semnificative între genotipurile din clusterul II. Astfel, înălțimea plantelor la 13 genotipuri a variat între 97,0 și 122,0 cm, iar pentru *Djerelo*, *Gusar*, *Natașa*, *Cumhuriyet 99*, *Adaptovanii 2*, *N162/0781*, *Kubanets 57*, *Bliscucii*, *Lider*, *VNIIMK-1*, *L₂*, *Oro Shot*, *Margo Tall*, a fost între 84,5 și 95,6 cm. Numărul de capsule per plantă a variat la *L₁*, *Lider*, *Kubanets 55*, *Serebristii*, *Iubileinnii*, *Kadet*, *k-1257*, *Liano*, *Delco* între 43,5 și 57,0 capsule, iar la 17 mostre, între 30,7 și 42,0 capsule. Numărul de semințe per capsulă a fost de 57,0-65,5 semințe la 19 genotipuri, iar la *N162/0781*, *Taşkentskii 122*, *VNIIMK-1*, *Konditerskii 2058*, *Margo*, *UCR/82 n 209-SUAT*, *Margo Tall*, a variat între 47,0 și 55,8 semințe. Masa a 1000 semințe la 13 genotipuri a fost între 2,7 și 3,0 g, iar la alte 13 genotipuri – *L₁*, *Djerelo*, *Adaptovanii 2*, *N162/0781*, *k-1265*, *Bliscucii*, *Lider*, *L₂*, *Serebristii*, *Iubileinnii*, *UCR/82 n 209-SUAT*, *Oro Shot*, *Kadet* – între 2,3 și 2,6 g. Productivitatea per plantă a variat între 5,2 g și 9,5 g la cele 26 de genotipuri. În cadrul parametrilor analizați din clusterul II, s-au evidențiat genotipuri cu trăsături morfologice și

cantitative importante, capabile să asigure o dezvoltare bună a plantelor chiar la începutul vegetației

Referitor la repartiția genotipurilor de susan în clase (Anexa 31) pe baza caracterelor de creștere și dezvoltare a plantulelor la tratarea semințelor cu filtrat de cultură *F. oxysporum*, mostrele cu cele mai înalte valori ale *germinației* ($x = 92,4 \%$), *lungimii rădăcinii* ($x = 30,6 \text{ mm}$) și *lungimii tulpinii* ($x = 21,2 \text{ mm}$) au format clusterul 3, cu un număr de 8 genotipuri. În baza aprecierilor de câmp, s-a constatat că pentru *Gusar*, *Donskoi belosemianîi*, *Cumhuriyet 99* și *Taşkentskii 122*, care sunt genotipuri precoce și mediu-precoce, perioada de vegetație a fost de 106-121 zile, iar pentru *k-1257*, *Margo*, *Liano* și *UCR/82 n 209-SUAT*, de 129-149 zile.

În ceea ce privește *înălțimea plantelor* aceasta a variat la *k-1257*, *UCR/82 n 209-SUAT* și *Liano* între 99,9 – 122,0 cm, iar la 5 genotipuri, între 85,4 și 97,9 cm (Anexa 31). Referitor la *numărul de capsule per plantă*, la *k-1257* și *Liano* a fost de 43,5, respectiv 54,5 capsule, iar la alte 6 genotipuri, între 33,3 și 42,0 capsule. *Numărul de semințe per capsulă* la *Donskoi belosemianîi*, *Cumhuriyet 99*, și *k-1257* a variat între 58,8 și 63,1 semințe, iar la 5 genotipuri (*N162/0781*, *Taşkentskii 122*, *VNIIMK-1*, *Margo*, *UCR/82 n 209-SUAT* și *Oro 9/71*), între 49,5 și 57,6 semințe. *Masa a 1000 semințe* pentru *Liano* a fost de 3,05 g, iar la 7 genotipuri, între 2,6 și 2,8 g. *Productivitatea per plantă* la *k-1257* și *Liano* a fost de 7,2 g și respectiv 9,5 g, iar pentru 6 genotipuri (*Gusar*, *Donskoi belosemianîi*, *Cumhuriyet 99*, *Taşkentskii 122*, *Margo*, *UCR/82 n 209-SUAT*) între 5,3 g și 6,8 g [130]. Printre genotipurile rezistente la patogenul *F. oxysporum*, s-au evidențiat și soiurile *Margo*, *k-1257* și *Liano* prin unele caractere cantitative înalte, cum ar fi *înălțimea plantei* (97,0 cm – 122,0 cm), *numărul de capsule per plantă* (42,0 – 54,5) și *productivitatea per plantă* (6,6 g – 9,5 g) făcându-le promițătoare pentru a fi incluse în producție sau în programele de ameliorare.

4.2.3. Reacția la filtratul de cultură *Fuzarium solani*

Germinația semințelor. În varianta martor, germinația semințelor la genotipurile de susan aflate în studiu a variat între 90 și 100 %, ceea ce reflectă un potențial înalt al semințelor pentru testare (figura 4.17.A). Sub influența filtratului de cultură *F. solani*, germinația semințelor la 82 % dintre genotipuri a fost de 90 - 100 %.

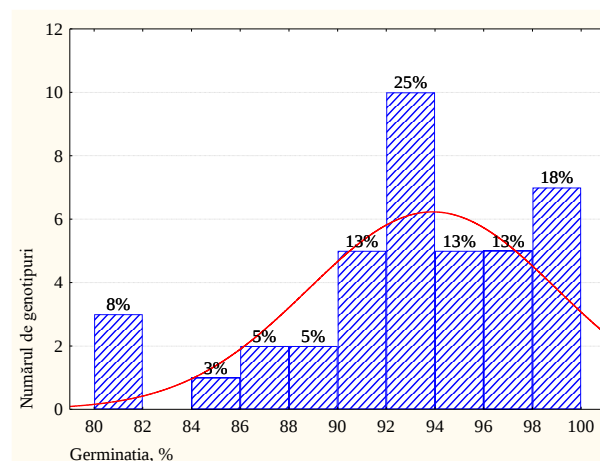
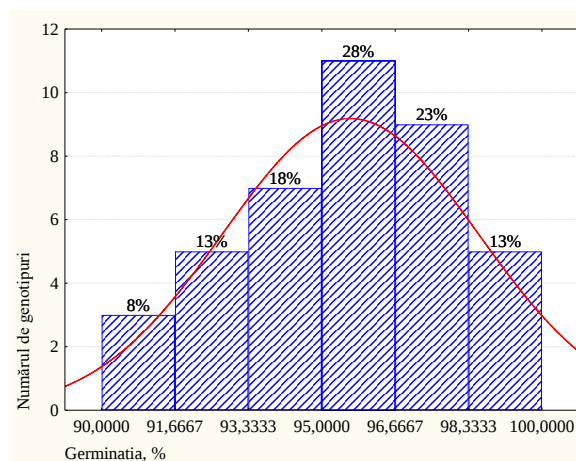


Figura 4. 17. Repartiția genotipurilor de susan după germinația semințelor: A) martor; B) FC F. Solani

Comparativ cu martorul, cea mai evidentă scădere a germinației (-2 % ... -14 %) a fost observată la 26 de genotipuri. Printre cele mai afectate, pot fi menționate *Natașa*, *Djerelo*, *Zalt Sadovzri*, *k-1555* (-8 % ... -14 %). În schimb, o stimulare a germinației de 4-6 % a fost înregistrată la 8 soiuri: *Gusar*, *Konditerskii 2058*, *N162/0781*, *VNIIMC-889*, *Kubanets 57*, *Manjurskii ulucișennîi*, *Serebristîi*, *UCR/82 n 209-SUAT* (figura 4.17.B).

Lungimea rădăcinii. În varianta martor, lungimea rădăcinii la genotipurile studiate a variat între 18 și 36 mm. Dintre acestea, valorile cele mai înalte (26-36 mm), care au depășit media eșantionului, au fost înregistrate la 62 % dintre genotipuri (figura 4.18.A).

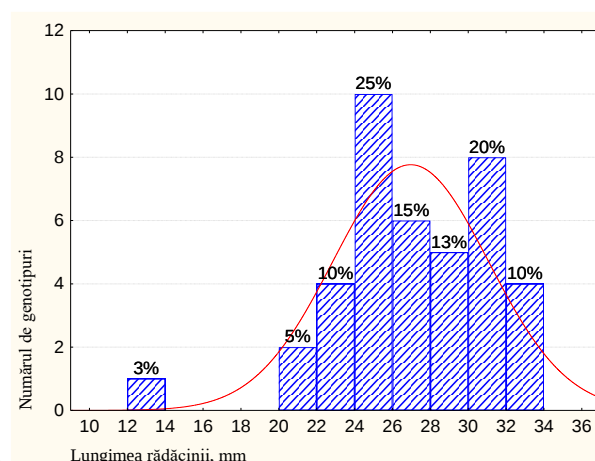
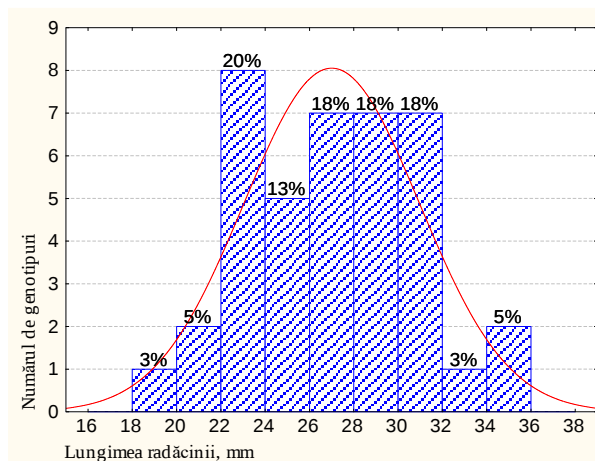


Figura 4. 18. Repartiția genotipurilor de susan după lungimea rădăcinii:

A) martor; B) FC F. solani

În varianta cu filtrat de cultură F. solani, lungimea rădăcinii a variat între 12 și 34 mm, iar frecvența genotipurilor cu valori sub media eșantionului a crescut, ajungând la 58 %.

Sub influența filtratului de cultură, la 17 genotipuri (42,5 %), valoarea parametrului a scăzut cu 52-95 % comparativ cu martorul. Printre cele mai afectate genotipuri se numără *k – 1265*, *Kubanets 55*, *k-1555*. La 15 genotipuri (37,5 %) – *Zaltsadovski*, *Kubanets 57*, *Gusar*, *BiolSadovski*, *Bliscucii*, *Natașa*, *Cubanets 93*, *Donskoi belosemianîi*, *k-1257*, *L₂*, *VNIIMC-889*,

Manjurskii ulucișennîi, *Delco*, *UCR/82 n 209-SUAT* și *Oro Shot* – s-a remarcat stimularea creșterii rădăcinii cu 5-47 % (figura 4.18. B).

Lungimea tulpinii. În varianta martor, lungimea tulpinii a variat între 16 și 38 mm, iar frecvența genotipurilor cu valori mai mari decât media eșantionului (26-38 mm) a fost de 57 % (figura 4.19. A). Sub influența FC, valorile lungimii tulpinii au scăzut între 12 și 36 mm, iar rata genotipurilor cu lungimea tulpinii mai mare decât media eșantionului a scăzut la 56 %. Aceste rezultate sugerează o stabilitate a unor genotipuri în fața influenței filtratului de cultură.

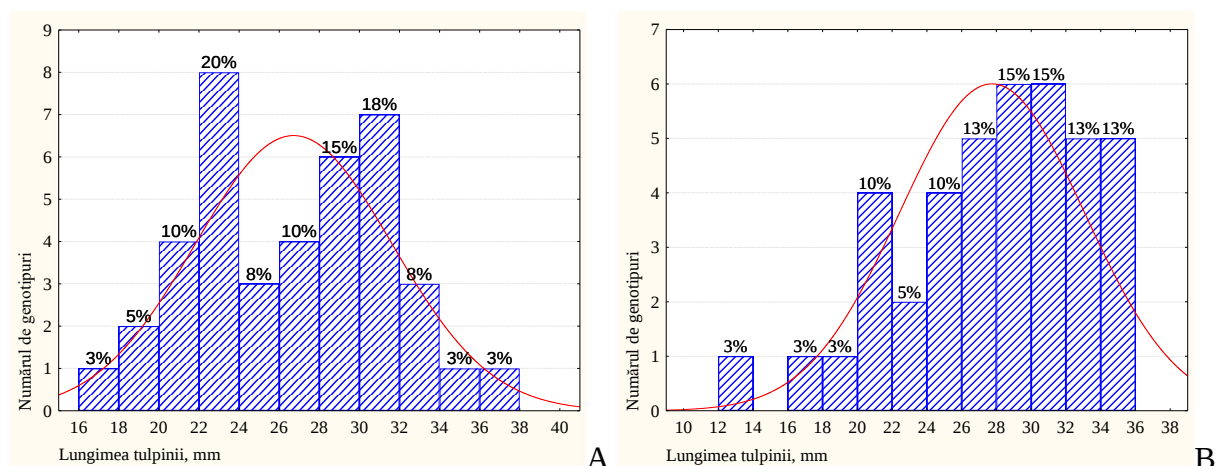


Figura 4.19. Repartiția genotipurilor de susan după lungimea tulpinii:

A) martor; B) FC *F. solani*

Diminuarea creșterii sub influența FC *F. solani* s-a constatat la 12 genotipuri (55 %), iar printre cele mai afectate soiuri (59-65 % din valoarea martorului) se numără *k – 1265*, *Kubanets 55* și *Zaltsadovski*. În schimb, 25 de genotipuri (*Zaltsadovski*, *Kubanets 57*, *Gusar*, *Biolsadovski*, *Bliscucii*, *Natașa*, *Cubanets 93*, *Donskoi belosemianîi*, *k-1621*, *k-1748*, *Boiarin*, *Adaptovanîi 2*, *Lider*, *L₂*, *Belosemiannîi 177*, *VNIIMC-889*, *Manjurskii ulucișennîi*, *Margo*, *Liano*, *Delco*, *Dulce*, *Serebristîi*, *Iubileinîi*, *UCR/82 n 209-SUAT*, *Oro Shot*) au răspuns la tratament prin stimularea creșterii (cu 2-51 %) (figura 4.19. B).

În urma analizei corelaționale, s-a constatat o dependență pozitivă moderată între lungimea rădăcinii și lungimea tulpinii, atât în varianta martor ($r = 0,37^*$, $p < 0,05$) (figura 4.20. A), cât și în varianta cu FC ($r = 0,40^*$, $p < 0,05$) (figura 4.20. B).

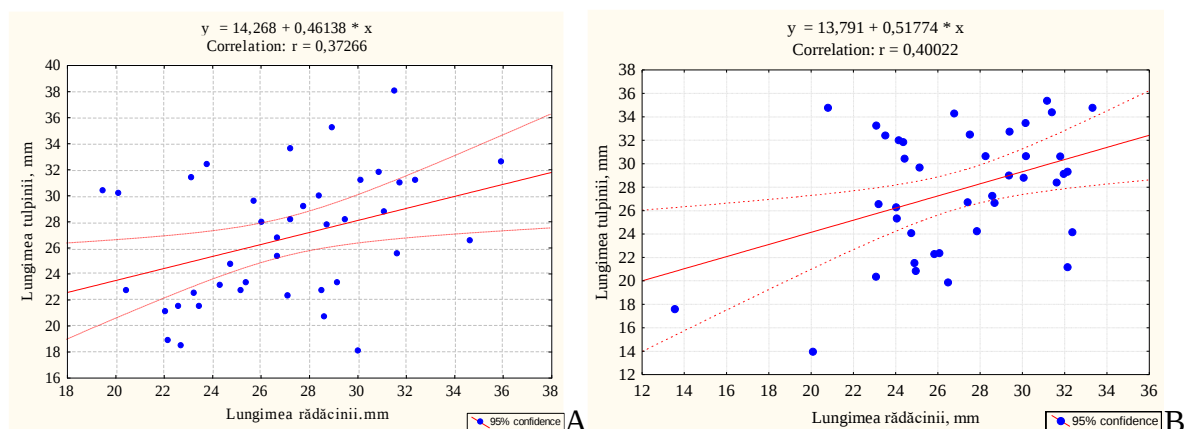


Figura 4.20. Dependența regresională între lungimea tulpinii și a rădăcinii în reacția plantelor de *S. indicum* la filtratul de cultură *F. solani*: A) martor; B) FC *F. solani*

În baza clasificării genotipurilor de susan după modelul de analiză clusteriană a k-mediilor, s-a determinat că în cazul variantei martor cele mai mari rezultate ale caracterelor studiate - germinație, lungimea rădăcinii, lungimea tulpinii, s-au observat la genotipurile: *L₁*, *Djerelo*, *k-1257*, *k-1555*, *Solnecinîi*, *Boiarin*, *Kubanets 55*, *Konditerskii 2058*, *VNIIMC-1*, *Margo*, *Liano* și *Dulce* care fac parte din clusterul III, ale căror medii au fost de 93,3 %; 31,23 mm și respectiv 31,26 mm (Anexa 28).

De menționat faptul că din cele 12 genotipuri care au format clusterul dat, 5 au o durată de vegetație de 105–124 zile, fiind considerate precoc și mediu precoc, iar celelalte 7 genotipuri (*k-1257*, *Kubanets 55*, *Konditerskii 2058*, *VNIIMC-1*, *Margo*, *Liano*, *Dulce*) au o durată mai lungă de vegetație, între 132 și 144 zile. În ceea ce privește alte trăsături esențiale – înălțimea plantei, numărul de capsule per plantă, numărul de semințe per capsulă și masa a 1000 de semințe, productivitatea per plantă – s-au observat diferențe semnificative între genotipurile din clusterul III.. Astfel, înălțimea plantei la 8 genotipuri a variat între 118–144 cm, iar la patru genotipuri (*Djerelo*, *Boiarin*, *Kubanets 55*, *VNIIMC-1*) între 107–113 cm. Numărul de capsule per plantă a variat de la 33,1 la 53,8 bucăți. Masa a 1000 de semințe la 9 genotipuri a fost de 2,7–3,0 g, iar la trei mostre (*Djerelo*, *Boiarin*, *Kubanets 55*) de 2,5–2,6 g. Productivitatea per plantă la 9 genotipuri a variat între 6,0 g și 10,1 g, iar pentru genotipurile *Konditerskii 2058*, *VNIIMC-1* și *Margo* a fost între 3,9 g și 5,0 g. Analizând acești parametri, s-au identificat genotipuri cu caracteristici distincte, ce ar putea contribui la dezvoltarea germoplasmei cu trăsături cantitative și calitative valoroase.

În ceea ce privește repartizarea genotipurilor de susan pe clase (Anexa 32), în funcție de caracterele de creștere și dezvoltare a plantulelor sub influența filtratului de cultură *F. solani*, genotipurile din clusterul I au înregistrat cele mai mari valori ale germinației ($x = 95,7 \%$), lungimii rădăcinii ($x = 28,80 \text{ mm}$) și lungimii tulpinii ($x = 30,71 \text{ mm}$) [138].

Evaluările de câmp au arătat că la 10 genotipuri precoce și mediu precoce, durata perioadei de vegetație a fost cuprinsă între 105 și 126 zile, în timp ce pentru 12 genotipuri mediu tardive și tardive, perioada a variat între 129 și 144 zile. Referitor la înălțimea plantei, la genotipurile *L₁*, *Solnecinîi*, *Konditerskii 2058*, *Serebristîi*, *k-1257*, *Liano* și *Delco*, aceasta a fost între 99,0 și 122,0 cm, iar pentru 15 genotipuri, între 84,5 și 97,0 cm. În ceea ce privește numărul de capsule per plantă, acesta indice a variat între 43,2 și 57,0 pentru genotipurile *L₁*, *Zaltsadovski*, *Lider*, *Belosemianîi 177*, *Serebristîi*, *k-1257*, *Liano* și *Delco*, iar pentru celelalte 15 genotipuri, între 33,3 și 42,0. Numărul de semințe per capsulă pentru 19 genotipuri a variat de la 57,0 la 65,5, iar pentru *VNIIMC-1*, *L₂* și *Margo* a fost de 47,0 și 55,8. Masa a 1000 de semințe pentru 18 genotipuri s-a situat între 2,6 și 3,0 g, iar pentru *Zaltsadovski*, *Adaptovanîi 2*, *L₂* și *Belosemianîi 177* între 2,3 și 2,5 g. Productivitatea per plantă a variat între 5,5 și 6,6 g pentru 12 genotipuri, iar pentru *L₁*, *Kubanets 57*, *Kubanets 93*, *Solnecinîi*, *Lider*, *Belosemianîi 177*, *Serebristîi*, *k-1257*, *Liano* și *Delco*, aceasta a fost cuprinsă între 6,9 g și 9,5 g. Genotipurile *L₁*, *Serebristîi*, *k-1257*, *Liano* și *Delco* au manifestat cele mai înalte valori ale caracterelor înălțimea plantei 99,9 cm...122,0 cm, numărul de capsule per planta 43,5...57,0 și productivitatea per planta 7,2 g...9,5 g. Aceste genotipuri s-au distins printre cele rezistente la patogenul *F. solani*, având caracteristici care le fac promițătoare pentru utilizarea în producție sau în programele de ameliorare.

4.3. Aplicarea metodelor genetico – moleculare pentru identificarea patogenilor din genurile *Fusarium spp*, *Alternaria spp* și speciei *Myrothecium roridum*

Controlul bolilor cauzate de fungi patogeni asupra plantelor necesită, de obicei, o detectare precisă, urmată de identificarea corectă a organismului cauzal. Deși diagnosticul prezumtiv al bolilor fungice poate fi relativ simplu atunci când simptomele tipice sunt evidente, acestea nu sunt întotdeauna specifice plantelor și pot fi confundate cu simptomele provocate de alți factori biotici sau abiotici. Testele pe bază de acizi nucleici oferă o sensibilitate, specificitate și fiabilitate superioare și pot fi mai rapide decât multe dintre metodele convenționale folosite pentru detectarea bacteriilor patogene ale plantelor în diverse medii și gazde.

Odată cu dezvoltarea reacției în lanț a polimerazei (PCR), și în mod special cu tehnica nested-PCR, s-a obținut o sensibilitate ridicată, îmbunătățind astfel acuratețea detectării și identificării agenților patogeni [18; 142]. În acest context, cercetările au inclus identificarea moleculară a patogenilor din genurile *Fusarium spp.*, *Alternaria spp.* și specia *Myrothecium roridum* la genotipurile colecției de susan.

4.3.1 Identificarea genetico-moleculară a patogenilor *Alternaria* spp. în semințele de susan

Pentru a identifica *Alternaria* spp. s-a efectuat analiza nested-PCR pe ADN-ul izolat din semințe a (anul 2020) șase soiuri de susan: *Biolsadovski*, *Zaltsadovski*, *Kubanets 57*, *Manjurkii ulucișei*, *Lider*, *Donskoi belosemianii*. Primerii complementari secvenței-țintă sunt prezentați în tabelul 2.4. *Alternaria* spp. au fost determinate folosind primeri genei subunității RPB2 a ARN-polimerazei II ac1-ac4 în runda I și ac2-ac3 în runda II. Rezultatele separării produselor de reacție după nested-PCR sunt prezentate în electroforegrama din figura 4.21.

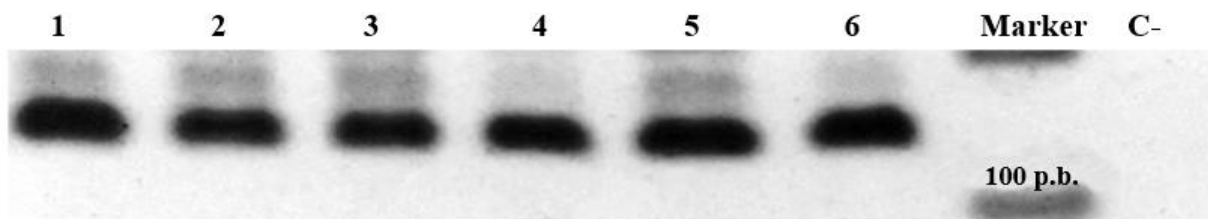


Figura 4. 21. Electroforegrama produselor nested-PCR al ADN-ului extras din semințele a șase soiuri de susan: 1 - *Bialsadovski*, 2 - *Zaltsadovski*, 3 - *Kubanets 57*, 4 – *Manjurkii ulucișenii*, 5 - *Lider*, 6 – *Donskoi belosemianii*, folosind primeri specifici pentru *Alternaria* spp., H₂O – control negativ, Ladder – marker 1kb DNA Ladder.

Conform rezultatelor prezentate pe electroforegrama în toate cele șase probe testate, observăm o bandă de 145 pb, caracteristică produsului generat de perechea de primeri utilizate din runda a doua. Agentul patogen *Alternaria* spp. a infectat în toate cele șase probe examinate.

Probele care au indicat prezența *Alternaria* spp. în cele șase soiuri de susan analizate au fost testate pentru detectarea specifică a două specii, *A. solani* și *A. alternata*. Identificarea agentului patogen *A. alternata* a fost realizată prin metoda nested-PCR, utilizând primeri pentru regiunea conservatoare a genei gliceraldehidei 3-fosfat dehidrogenaza din banca de nucleotide NCBI, (primerii aa1-aa4 și aa2-aa3, prezentați în tabelul 2.4). Rezultatele reacției efectuate pentru identificarea speciei *A. alternata* sunt prezentate grafic în figura 4.22.

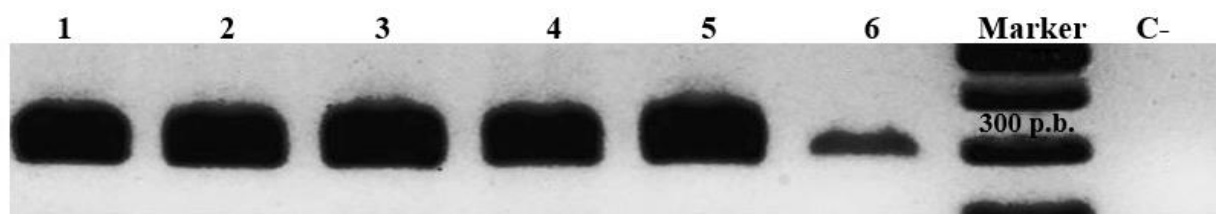


Figura 4.22. Electroferograma produselor nested-PCR a ADN-ului extras din semințele a șase soiuri de susan: 1 - *Bialsadovski*, 2 - *Zaltsadovski*, 3 - *Kubanets 57*, 4 – *Manjurkii ulucișenii*, 5 - *Lider*, 6 – *Donskoi belosemianii* folosind primeri specifici pentru *A. alternata*, H₂O – control negativ, marker - 1kb DNA Ladder.

Pe electroforegramă, observăm o bandă de 288 pb, care corespunde mărimii calculate pentru ampliconul generat de perechea de primeri as2-as3 aplicată din a doua rundă. Prezența

unui amplicon de această dimensiune în probele studiate indică infecția probelor cu fitopatogenul *A. alternata* (anul 2020). Astfel, specia *A. alternata* a fost identificată în toate probele a celor șase soiuri de susan. Specia fitopatogenă *A. solani* nu a fost detectată în niciuna dintre probele studiate.

4.3.2. Identificarea genetico-moleculară a semințelor de susan la patogeni din genul *Fusarium spp*

Analiza moleculară a arătat că unsprezece dintre genotipurile examinate au fost pozitive pentru *Fusarium spp*. Patogenul *dat* nu a fost identificat doar în semințele genotipului *Zaltsadovski*. Ulterior, s-a realizat determinarea moleculară a următoarelor specii din genul *Fusarium*: *F. nivale*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. sporotrichioides*, *F. verticillioides*, *F. oxysporum*. Niciunul dintre acești agenți patogeni nu a fost identificat. Având în vedere că *Fusarium spp*. include un grup mare și eterogen de specii, setul de primeri a fost insuficient pentru a efectua identificarea specifică.

Fitopatogenul *Fusarium spp*. a fost detectat în 11 probe de ADN din semințele de susan studiate (recolta a. 2021). Pe electroforegramă, observăm o bandă de 300 pb, care este caracteristică ampliconului generat de perechea de primeri fc2-fc3, utilizată pentru a doua rundă. La genotipul *Zaltsadovski* nu a fost identificat patogenul, iar vizibilitatea slabă a ampliconului în mostra 12 pe electroforegramă (figura 4.23) sugerează că cantitatea ADN-lui fungic în semințele genotipului *Serebrisii* a fost mai mică comparativ cu alte genotipuri, iar gradul de infectare a fost nesemnificativ [30].

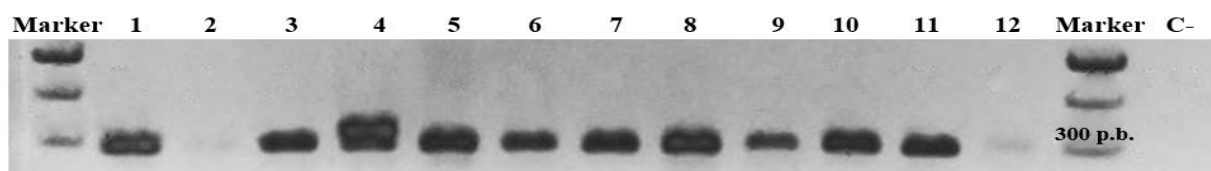


Figura 4.23. Electroferograma produselor nested-PCR a ADN-ului extras din semințele de susan a douăsprezece soiuri: 1 – *Biolsadovski*, 2 – *Zaltsadovski*, 3 – *Lider*, 4 – *Manjurski ulucișenii*, 5 – *Kubanets 57*, 6 – *Donskoi belosemiannii*, 7 – *Liano*, 8 – *Natașa*, 9 – *Margo*, 10 – *Solnecinii*, 11 – *Gusar*, 12 – *Serebrisii*, *Fusarium spp.*, H₂O – control negativ, M – ADN marker 1 kb DNA Ladder.

4.3.3. Identificarea genetico-moleculară a patogenilor din genul *Alternaria* în frunzele de susan

Douăsprezece probe de ADN obținut din frunzele de susan a fost testat pentru detectarea agentului patogen *A. alternata* prin nested-PCR. Pentru identificarea agenților patogeni, s-au folosit primerii prezentați în tabelul 2.4: pentru prima rundă s-a folosit perechea de primeri *aa1 - aa4*, iar pentru a doua rundă - primerii *aa2 - aa3*. Primerii pentru identificarea speciei patogenul *A. alternata* s-au construit în baza regiunii conservate a genei gliceraldehidei 3-fosfat

dehidrogenaza expuse în banca de nucleotide NCBI. Rezultatele amplificării sunt prezentate pe electroferograma din figura. 4.24.

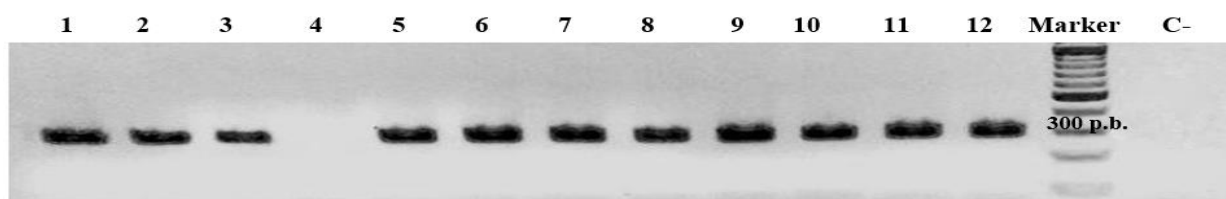


Figura 4.24. Electroferograma produselor nested PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan a douăsprezece probe: 1 –Lider, 2 – k - 1621, 3 – Solnecinii, 4 – Natașa, 5 – Boiarin, 6 – Bliscucii, 7 – k – 1555, 8 – Zaltsadovski, 9 – Biolsadovski, 10 - Donskoi belosemiannii, 11 – Gusar, 12 - Kubanets 57 obținute folosind primeri specifici pentru *A. alternata*, H₂O - control negativ, marker - 1kb ADN Ladder.

Observăm o bandă de 288 pb, care corespunde mărimii calculate a produsului de amplificare pentru perechea utilizată de primeri din runda a doua. Prezența unui amplicon de această dimensiune în probele studiate indică infectarea probelor cu fitopatogenul *A. Alternata*, prezent abundant în frunzele de susan studiate. Fitopatogenul respectiv nu a fost determinat în probele colectate de la soiul *Natașa* în anii 2021-2022.

Alternaria spp. a fost identificată folosind primeri din tabelul 2.4. Pe electroferograma s-au evidențiat benzi de 200 pb pentru 6 probe. Mărimea ampliconului corespunde mărimii pentru produsul generat de perechea de primeri utilizată în a doua rundă a nested-PCR.

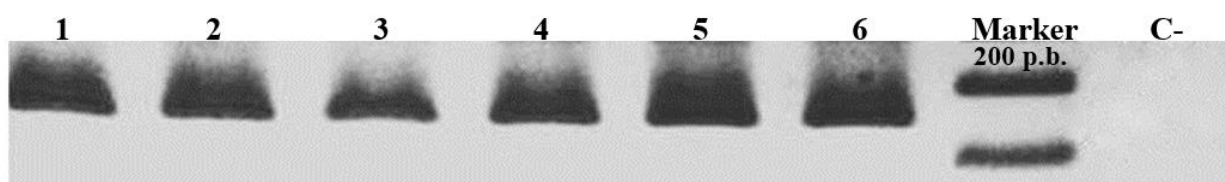


Figura 4.25. Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului din frunzele de susan (2021) a șase soiuri: 1 – Kubanets 57, 2 - Lider, 3 – Donskoi belosemiannii, 4 – Manjurskii ulucișenii, 5 - Biolsadovski, 6 - Zaltsadovski folosind primeri specifici pentru *Alternaria spp.*, H₂O – control negativ, Ladder -1kb ADN

Pentru prima rundă au fost utilizați primerii Aa1-Aa4 și pentru a doua rundă - Aa2-Aa3. Produsele de amplificare sunt prezentate în figura 4.25 *Alternatia spp.* a fost detectată la toate cele 6 genotipuri.

4.3.4. Identificarea genetico-moleculară a patogenilor din genul *Fusarium* în frunzele de susan

Ulterior, s-a realizat identificarea speciilor de fungi din genul *Fusarium* pe baza ADN-ului extras din materialul vegetal de susan folosind metode genetico-moleculare. Pentru a determina prezența *Fusarium spp.* s-a aplicat metoda nested-PCR pe baza ADN izolat din frunzele a șase

genotipuri de susan, cu utilizarea perechi de primeri fc1-fc4 în prima rundă, iar perechea de primeri fc2-fc3 pentru a doua rundă (tabelul 2.4). Rezultatele obținute sunt prezentate în figura 4.26.

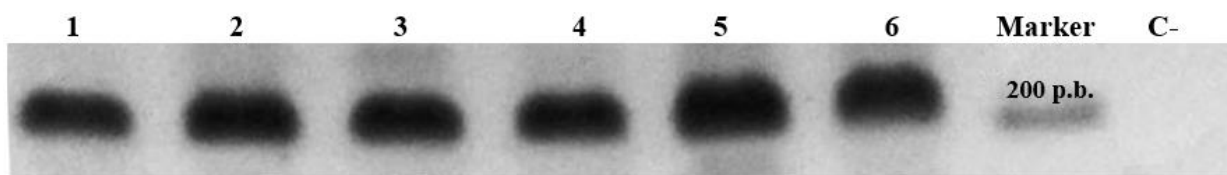


Figura 4.26. Electroferograma produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan a șase soiuri: 1 – Kubanets 57, 2 - Lider, 3 – Donskoi belosemianîi, 4 – Manjurskii ulucișenîi, 5 - Biolsadovski, 6 – Zaltsadovski folosind primeri specifici pentru *Fusarium* spp., H₂O – control negativ, Ladder -1kb ADN

Pe electroferogramă, observăm o bandă de 204 pb. Mărimea ampliconului este cea așteptată pentru perechea de primeri din a doua rundă. *Fusarium* spp. patogenul a fost prezent pe ADN-ul a șase varietăți din probele studiate. Pentru detectarea *F. equiseti* prin nested-PCR pe ADN-ul izolat din frunzele de susan ale fiecărui soi, a fost utilizată perechea de primeri feq1-feq4 în prima rundă, iar perechea de primeri fseq2-fseq4 a fost aplicată pentru a doua rundă (tabelul 2.4). Rezultatele studiului sunt prezentate în figura. 4.27.

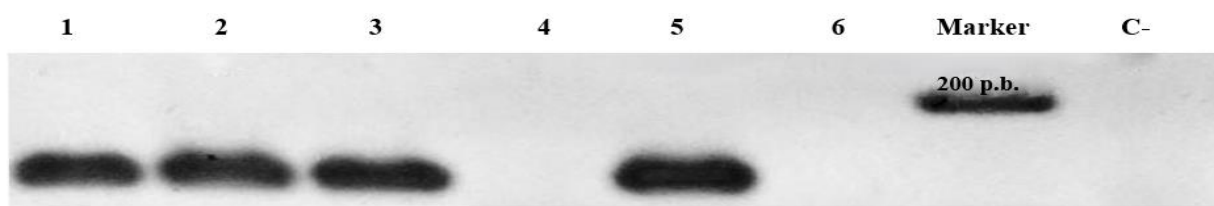


Figura 4.27. Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan a șase soiuri: 1 – Kubanets 57, 2 - Lider, 3 – Donskoi belosemianîi, 4 – Manjurskii ulucișenîi, 5 - Biolsadovski, 6 – Zaltsadovski folosind primeri specifici pentru *F. equiseti*, H₂O - martor, Ladder – 1kb ADN, Ladder 1 - 300 bp ADN

În urma analizei electroforegramei constatăm că *F. equiseti* nu este prezent în toate probele studiate. Prezența a fost determinată în mostrele a patru soiuri de susan: *Kubanets 57*, *Lider*, *Donskoi belosemianîi*, *Biolsadovski*. Mărimea ampliconului de pe electroferogramă a fost determinată în raport cu doi markeri: 1 kb DNA Ladder și 300 bp DNA Ladder. Astfel, lungimea ampliconul obținut este în corespundere cu așteptările pentru perechea de primeri din a doua rundă având o dimensiune de 138 pb. La determinarea *F. avenaceum* prin nested-PCR pe ADN-ul izolat din frunzele de susan ale fiecărui soi, a fost utilizată perechea de primeri fa1-fa4 în prima rundă și pentru a doua rundă a fost utilizată perechea de primeri fa2-fa3 (tabelul 2.4). Rezultatele studiului sunt prezentate în figura. 4.28.

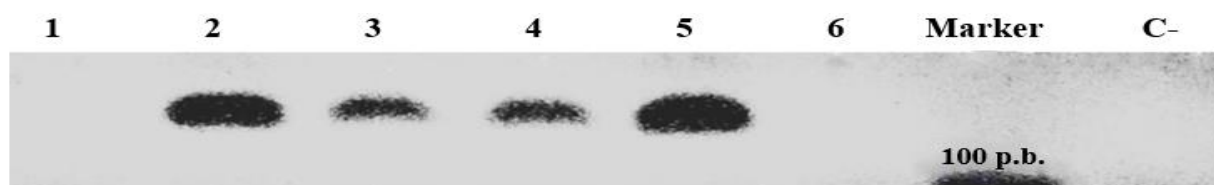


Figura 4.28. Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan a șase soiuri: 1 – *Kubanets 57*, 2 - *Lider*, 3 – *Donskoi belosemianii*, 4 – *Manjurskii ulucișenii*, 5 - *Biolsadovski*, 6 – *Zaltsadovski* folosind primeri specifici pentru *F. avenaceum*, H₂O – control negativ, Ladder -1kb ADN, Ladder 1 - 300 pb ADN

Agentul patogen a fost prezent în patru mostre de susan: *Lider*, *Donskoi belosemiannii*, *Manjurskii ulucișennii*, *Biolsadovski*. Pe electroforegrama s-a evidențiat ampliconul de 140 pb care corespunde mărimii specifice pentru produsul amplificat de perechea de primeri din a doua rundă. Pentru detectarea *F. nivale* prin nested-PCR pe ADN-ul izolat din frunzele de susan ale fiecărui soi, a fost utilizată perechea de primeri fni1-fni4 în prima rundă, iar perechea de primeri fni2-fni3 a fost utilizată pentru a doua rundă (tabelul 2.4). Rezultatele studiului sunt prezentate în figura. 4.29.

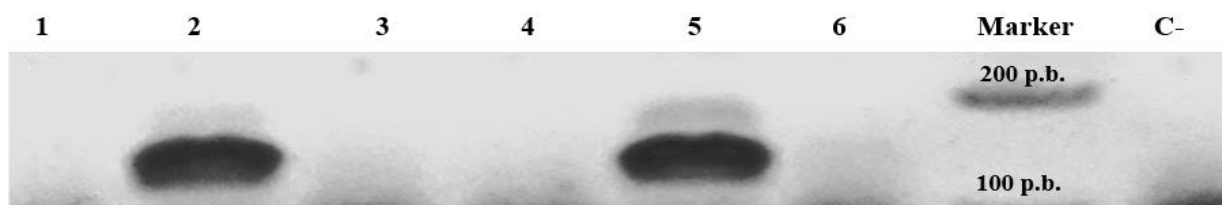


Figura 4.29. Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan a șase soiuri: 1 – *Kubanets 57*, 2 - *Lider*, 3 – *Donskoi belosemianii*, 4 – *Manjurskii ulucișenii*, 5 - *Biolsadovski*, 6 – *Zaltsadovski* folosind primeri specifici pentru *F. nivale*, H₂O – control negativ, Ladder -1kb ADN

Cercetările efectuate au evidențiat pe electroferogramă prezența unui amplicon în probele a două soiuri: *Lider* și *Biolsadovski*. Dimensiunea ampliconului obținut a fost de 127 pb, corespunzând valorii așteptate pentru primerii specifici utilizați în a doua rundă de amplificare a fitopatogenului *F. avenaceum*. Adiacent, în lucrare, a fost efectuat un studiu pentru identificarea prezenței speciei *F. culmorum* prin nested-PCR a ADN-ului izolat din frunzele de susan. Analiza moleculară a implicat utilizarea perechii de primeri specifici pentru patogen fcute1-fcute4 în prima rundă de reacție, iar cea de a doua rundă a fost realizată cu perechea de primeri fcute2-fcute3 (tabelul 2.4). Rezultatele obținute sunt ilustrate în figura 4.30.



Figura 4.30. Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan a şase soiuri: 1 – Kubanets 57, 2 - Lider, 3 – Donskoi belosemianii, 4 – Manjurskii ulucişenii, 5 - Biolsadovski, 6 – Zaltsadovski folosind primeri specifici pentru *F. culmorum*, H₂O – control negativ, Ladder -1kb ADN.

Pe electroferogramă observăm o bandă de 263 pb. pentru o probă a s. *Biolsadovski*. Dimensiunea ampliconului este specifică pentru produsul generat de primerii respectivi. În acest studiu, a fost realizată identificarea speciei *F. sporotrichioides* prin nested-PCR a ADN-ului izolat din frunzele de susan. În prima rundă de reacție a fost utilizată perechea de primeri fspte1-fspte4 și perechea de primeri fspte2-fspte3 pentru a doua rundă (tabelul 2.4). Rezultatele sunt prezentate în figura. 4.31.

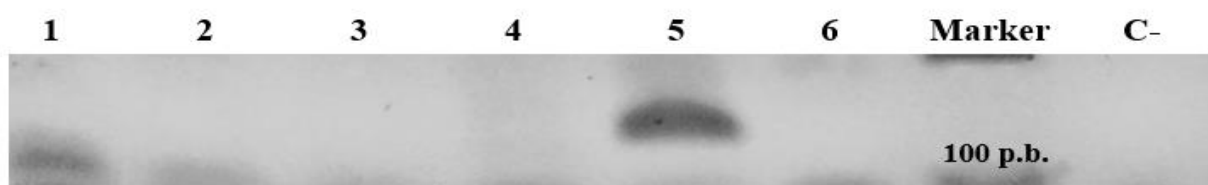


Figura 4.31. Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan a şase soiuri: 1 – Kubanets 57, 2 - Lider, 3 – Donskoi belosemianii, 4 – Manjurskii ulucişenii, 5 - Biolsadovski, 6 – Zaltsadovski folosind primeri specifici pentru *F. sporotrichioides*, H₂O – control negativ, Ladder - 1 kb ADN, Ladder 1 - 300 bp ADN Fragment 135 pb.

Prezența fungului a fost detectată doar în genotipul de ADN extras din frunzele soiului de susan *Biolsadovski*. Dimensiunea ampliconului specifică primerului utilizat [240].

Prezența *Fusarium* spp a fost determinată prin nested-PCR pe ADN de susan cu primeri complementari regiunii genei beta-tubulină. Designul primerului și condițiile de amplificare sunt prezentate în tabelul 2.4. În prima rundă, a fost folosită perechea de primeri fc1 - fc4, iar pentru a doua rundă a fost folosită perechea de primeri fc2 - fc3. Figura 4.32 prezintă electroferograma care reflectă rezultatul analizei nested - PCR.

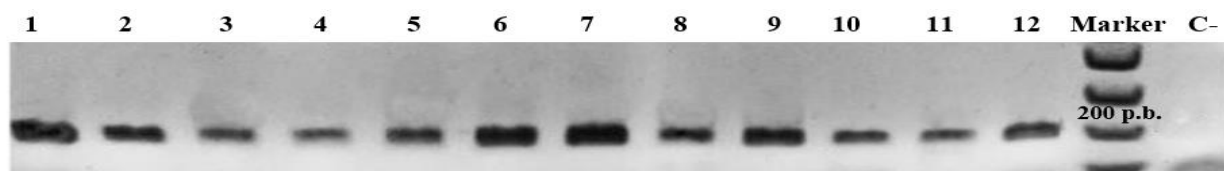


Figura 4.32. Electroferograma produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan a douăsprezece probe: 1 -Lider, 2 – k - 1621, 3 – Solnecinii, 4 – Nataşa, 5 – Boiarin, 6 – Bliscucii, 7 – k – 1555, 8 – Zaltsadovski, 9 – Biolsadovski, 10 - Donskoi belosemianii, 11 – Gusar, 12 - Kubanets 57 folosind primeri specifici pentru *Fusarium* spp, H₂O - control negativ, marker - 1kb ADN Ladder.

În toate cele 12 probe se observă o bandă amplificată specifică agentului patogen detectat. Pe electroferogramă observăm prezența ampliconilor cu lungimea de 204 pb, care corespunde secvenței amplificate cu perechea de primeri folosită în a doua rundă. Agenți patogeni *Fusarium* spp. au fost detectate în toate probele de susan studiate.

Pentru detectarea *F. equiseti* pe ADN s-au folosit primeri specifici elaborați în baza secvenței genei beta-tubulinei. În prima rundă a fost folosită perechea de primeri fpeq1 - fpeq4, iar pentru a doua rundă a fost folosită perechea de primeri fpeq2 – fpeq3. Secvențele de primer sunt prezentate în tabelul 2.4. Figura 4.33 arată rezultatele pentru a doua rundă a reacției nested-PCR.

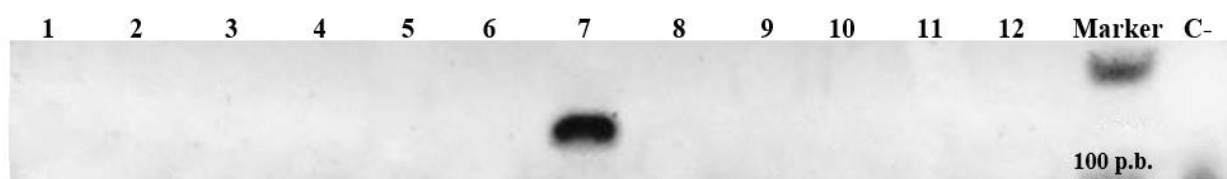


Figura. 4.33. Electroferograma produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan a douăsprezece probe: 1 –Lider, 2 – k - 1621, 3 – Solnecinîi, 4 – Natașa, 5 – Boiarin, 6 – Bliscucii, 7 – k – 1555, 8 – Zaltsadovski, 9 – Biolsadovski, 10 - Donskoi belosemiannîi, 11 – Gusar, 12 - Kubanets 57 folosind primeri specifici pentru *F. equiseti*, H2O - control negativ, marker - 1kb ADN Ladder.

Din cele douăsprezece probe de susan examinate, prezența acestui agent patogen a fost detectată în mostra de k-1555. Pe electroferogramă observăm o bandă de 138 pb, care corespunde mărimei ampliconului preconizat pentru perechea utilizată de primeri din a doua rundă.

Apoi, a fost realizată analiza nested-PCR pentru a detecta fitopatogenul *F. oxysporum*. Primerii concepuți pe baza secvenței genei factorului de alungire a translației finale 1-alfa (TEF1) au fost utilizați în reacție. Secvențele de primer utilizate sunt prezentate în tabelul 2.4. Pentru prima rundă de amplificare s-a folosit o pereche de primeri fox1 - fox4, iar pentru a doua rundă perechea de primeri fox2 – fox3. Rezultatele identificării ampliconilor specifici patogenul *F. oxysporum*. sunt ilustrate pe electroferograma din figura 4.34.



Figura. 4.34. Electroferograma produselor nested PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan a douăsprezece probe: 1 –Lider, 2 – k - 1621, 3 – Solnecinîi, 4 – Natașa, 5 – Boiarin, 6 – Bliscucii, 7 – k – 1555, 8 – Zaltsadovski, 9 – Biolsadovski, 10 - Donskoi belosemiannîi, 11 – Gusar, 12 - Kubanets 57 folosind primeri specifici pentru *F. oxysporum*, H2O - control negativ, marker - 1kb ADN Ladder.

Produsul corespunzător agentului patogen de interes *F. oxysporum* este stabilit doar într-o probă. Pe baza ADN-ului din frunzelor soiului de susan *Bliscucii* a fost detectat un amplicon de mărime corespunzătoare secvenței generate de perechea de primeri utilizată runda a doua a reacției. În restul 11 probe s-a stabilit lipsa agentului patogen *F. oxysporum*. Lungimea ampliconului ce denotă prezența agentului patogen a fost de 329 pb, ceea ce corespunde ampliconului sintetizat cu perechea utilizată în runda a doua a reacției.

4.3.5. Identificarea genetica-moleculară a patogenului *Myrothecium roridum* în semințele și frunzele de susan.

Prezența agentul patogen fungic *Myrothecium roridum* a fost testat pe baza ADN-ului din probele colectate în decursul a doi ani. Inițial, pentru a identifica acest patogen, au fost utilizați perechile de primeri specifici creați pe baza secvenței genei de ARN ribozomal a subunități mici ITS. În figura 4.35 sunt prezentate rezultatele diagnosticului molecular prin analiza nested-PCR a patogenului *Myrothecium roridum* în anul 2020.



Figura 4.35. Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din semințele de susan a șase soiuri: 1 - Bialsadovski, 2 - Zaltsadovski, 3 - Kubanets 57, 4 – Manjurskii ulucișenii, 5 - Lider, 6 – Donskoi belosemianii folosind primeri specifici pentru *Myrothecium roridum* , H₂O – control negativ, marker - 1kb ADN Ladder.

Dintre cele șase soiuri de susan studiate, prezența acestui patogen a fost detectată în plantele unui singur soi - *Kubanets 57*. Pentru identificarea patogenului prin reacția nested-PCR, a fost utilizată perechea de primeri Myr1 - Myr4 pentru prima rundă și Myr2 – Myr3 pentru a doua rundă. Pe electroforegramă, observăm prezența unei benzi de 304 pb, care corespunde mărimii specifice ampliconului pentru perechea de primeri utilizată în runda a doua [239].

Adiacent în anul 2021 s-a repetat identificarea agentului fungic *Myrothecium roridum* pe plantele a celor șase soiuri de susan analizate. Conform rezultatelor primite observăm pe electroferogramă prezența ampliconilor cu o lungime de 300 pb. Mărimea ampliconilor este cea așteptată pentru perechea de primeri din a doua rundă. Patogenul *Myrothecium roridum* a fost prezent în mostrele de ADN-ul a șase soiuri din probele studiate în anul 2021. Pentru detectarea *Myrothecium roridum* prin nested-PCR a ADN-ului izolat din frunzele de susan, a fost utilizată perechea de primeri Myr1 - Myr4 în prima rundă, iar perechea de primeri Myr2 – Myr3 a fost utilizată pentru a doua rundă (tabelul 2.4). Rezultatele studiului sunt prezentate în figura 4.36.

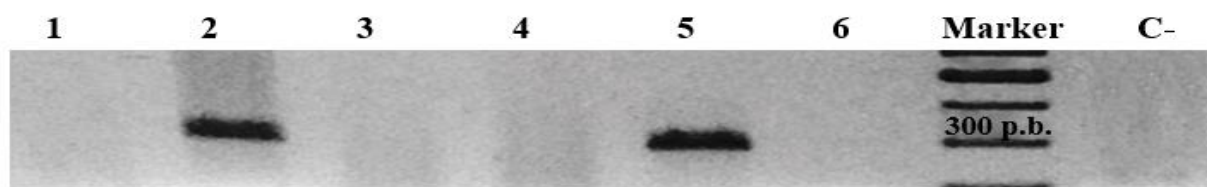


Figura 4.36. Electroforegrama produselor nested-PCR a ADN-ului extras din frunzele de susan a şase soiuri: 1 – *Kubanets 57*, 2 - *Lider*, 3 – *Donskoi belosemiannii*, 4 – *Manjurskii ulucişenii*, 5 - *Biolsadovski*, 6 - *Zaltsadovski* folosind primeri specifici pentru *Myrothecium roridum* , H₂O – control negativ, marker - 1kb ADN Ladder 1 - 300 pb ADN

Printre cele şase soiuri de susan studiate în condițiile anului 2021, prezența acestui patogen a fost detectată la genotipurile *Lider* și *Biolsadovski*.

4.4. Concluzii la capitolul 4

1. Testarea germoplasmei de susan din cadrul colecției la factorii abiotici (temperatura scăzută, stresul hidric) și biotic (agenții patogeni) nefavorabili a permis evidențierea soiurilor și liniilor care au manifestat o rezistență mai sporită la primele etape ale ontogenezei la nivel de sporofit.
2. Evaluarea răspunsului germoplasmei de susan la temperatura minimă de germinare de 15°C a evidențiat un impact semnificativ asupra germinației și dezvoltării timpurii. Un grup de 23 de genotipuri a demonstrat rezistență la acest stres termic, printre care *L₁*, *Kubanets 55*, *Serebristii*, *Iubileinii* și *Delco*, care au înregistrat, pe lângă rezistența termică, valori superioare ale înălțimii plantei, numărului de capsule per plantă și productivității per plantă, fiind astfel promițătoare pentru dezvoltarea unor culturi de susan adaptate la temperaturi scăzute.
3. Cercetările au relevat o variabilitate semnificativă în răspunsul genotipurilor de susan la stresul hidric, iar evaluarea acestora pe baza parametrilor morfologici a permis clasificarea în patru clase de rezistență. Genotipurile din clasele I și II au arătat o capacitate superioară de a menține trăsături morfologice esențiale în condiții de deficit de apă. Soiurile *Kubanets 55* și *Iubileinii*, cu rezistență la secetă și productivitate ridicată, reprezintă resurse valoroase pentru obținerea unor culturi mai eficiente și cu o adaptabilitate crescută la condițiile de restricție hidrică. Genotipul *Kubanets 55* s-a remarcat cu valori înalte pentru înălțimea plantei, numărul de capsule per plantă și productivitatea per plantă. Totodată, genotipul *Iubileinii*, din clasa genotipurilor tolerante, a demonstrat valori înalte pentru înălțimea plantei, lungimea capsulei, numărul de capsule per plantă și productivitate per plantă.
4. Investigațiile științifice realizate au evidențiat un grup de 20 de genotipuri de susan cu rezistență sporită la patogenul *Alternaria alternata*, dintre care soiurile *L₁*, *Kubanets 55*,

Serebristîi, Zaltsadovski, Liano și Delco au prezentat nu doar rezistență la patogen, ci și trăsături cantitative superioare, cum ar fi *înălțimea plantelor, numărul de capsule per plantă și productivitatea per plantă*.

5. Evaluarea tratamentelor cu FC *Fusarium oxysporum* în etapele timpurii de dezvoltare a identificat 8 genotipuri de susan rezistente. Soiurile *Margo, k-1257 și Liano* au demonstrat o rezistență remarcabilă la patogen și prin performanțe superioare în ceea ce privește trăsăturile cantitative, precum *înălțimea plantelor, numărul de capsule per plantă și productivitatea per plantă*.
6. Investigațiile efectuate sub acțiunea FC *Fusarium solani* au permis identificarea unui grup de 22 de genotipuri rezistente, care au obținut cele mai bune performanțe în fazele timpurii ale dezvoltării. Genotipurile *L1, Serebristîi, k-1257, Liano și Delco* s-au evidențiat printr-o rezistență semnificativă la patogen, precum și prin trăsături cantitative superioare, cum ar fi *înălțimea plantelor, numărul de capsule per plantă și productivitatea per plantă*.
7. Analiza genetico-moleculară, folosind nested-PCR a ADN-ului extras din semințele de susan, a evidențiat prezența la 6 genotipuri de susan a patogenilor *Alternaria spp și A. alternata*, pe când *A. solani* nu a fost detectată în niciuna dintre probele analizate. *Fusarium spp* la 12 genotipuri analizate, doar soiul *Zaltsadovski* nu a fost infectat.
8. Analiza genetico-moleculară a identificat infecții în frunzele de susan cu *Alternaria spp* în toate mostrele. *A. alternata* a fost identificată pentru 11 mostre, cu excepția soiul *Natașa* în anii 2021-2022. Patogenii din genul *Fusarium spp.* au fost identificați la toate genotipurile testate. Speciile *F. oxysporum și F. equiseti* au fost detectate în genotipurile *k-1555 și Bliscucii, iar F. avenoceanum* la soiurile *Lider, Donskoi belosemiannîi, Manjurskii ulucișennîi, Biolsadovski; F. nivale* – genotipurile *Lider, Biolsadovski; F. culmorum și F. sporotrichioides*– soiul *Biolsadovski* infectat concomitent.
9. Patogenul *Myrothecium roridum* a fost detectat la un genotip în semințe (*Kubanets 57*, anul 2020), iar în frunze la două din șase genotipuri evaluate (*Lider și Biolsadovski*, anul 2021).

5. MUTAGENEZA INDUSĂ CA METODĂ DE EXTINDERE A SPECTRULUI DE VARIABILITATE GENETICĂ LA SUSAN

Mutațiile sunt instrumente esențiale utilizate de geneticieni pentru a studia natura și funcția genelor, care sunt fundamentale pentru creșterea și dezvoltarea plantelor, generând astfel material genetic pentru îmbunătățirea culturilor importante din punct de vedere economic. Unul dintre principalele avantaje ale reproducerii mutaționale constă în posibilitatea de a îmbunătăți caracterele legate de productivitate, fără a afecta restul genotipurilor [126].

Mutațiile induse sunt folosite pentru a crea o variabilitate genetică extinsă în ceea ce privește trăsăturile agronomice dorite. Deoarece moștenirea trăsăturilor cantitative este reglată de interacțiunea dintre diferite gene cu efecte aditive asupra variabilității fenotipice, estimările parametrilor genetici, cum ar fi coeficientul de variație genotipică, eritabilitatea și avantajul genetic în segregarea populațiilor mutante, sunt esențiale pentru îmbunătățirea caracterelor țintă prin selecție [80].

În acest context, cercetările au avut ca scop evaluarea diversității genotipurilor *Zaltsadovski*, *Kadet* și *Adaptovanii 2*, obținute prin iradiere cu doze de 200 Gy, 300 Gy, 400 Gy și 500 Gy, în comparație cu martorul. Studiul a analizat variabilitatea generată de factori precum genotipul, doza de radiație, generația și interacțiunea acestora în generațiile $M_1 - M_4$. Analiza a fost concentrată pe trăsături cantitative precum: *înălțimea plantei*, *lungimea internodului*, *lungimea capsulei*, *numărul de capsule per plantă*, *numărul de semințe per capsulă*, *masa a 1000 semințe* și *productivitatea per plantă*. De asemenea, au fost estimați coeficientul de variație genotipică, coeficientul de variație fenotipică, eritabilitatea și avantajul genetic. Lucrarea subliniază impactul mutagenezei induse asupra creșterii diversității formelor mutante obținute, inclusiv a celor cu trăsături valoroase, prin analiza variabilității caracterelor morfologice ale genotipurilor de susan.

5.1. Studiul materialului genetic obținut prin mutagenză indusă în raport cu durata perioadei de vegetație și analiza variabilității caracterelor cantitative în generațiile $M_1 - M_4$

Durata perioadei de vegetație la genotipurile de susan obținute prin mutagenză indusă variază semnificativ în funcție de tipul de mutagen utilizat și condițiile de mediu. Mutagenza, prin utilizarea agenților fizici, precum radiațiile gama, poate scurta sau prelungi perioada de vegetație, în funcție de tipul de mutație indusă. Datele obținute arată că anumite mutații pot reduce timpul de maturare, în timp ce altele pot prelungi perioada de vegetație, favorizând dezvoltarea completă a plantei în condiții climatice favorabile [29].

În cadrul cercetărilor realizate, genotipurile *Zaltsadovski*, *Kadet* și *Adaptovanîi 2* iradiate cu raze gama la doze de 200 Gy, 300 Gy, 400 Gy și 500 Gy, au înregistrat variații semnificative după precocitate în raport cu martorul în generațiile M₁ – M₄.

Dozele de iradiere în generațiile M₁ și M₂ au redus perioada de vegetație pentru toate genotipurile iradiate. În cazul genotipurilor iradiate *Zaltsadovski* și *Kadet*, dozele de 200 Gy și 400 Gy au produs cea mai mare reducere a perioadei de vegetație în generațiile M₁ și M₂, în timp ce la *Adaptovanîi 2* acest efect a fost observat doar la dozele de 400 Gy și 500 Gy în generația M₁. În generația M₃, provenită de la genotipurile *Zaltsadovski* și *Adaptovanîi 2*, dozele de 400 Gy și 500 Gy, dar și dozele de 300 Gy, 400 Gy și 500 Gy, au dus la o majorare semnificativă a perioadei de vegetație. În aceeași generație, toate dozele de iradiere au condus la o diminuare a perioadei de vegetație pentru *Kadet*. În generația M₄, provenită de la *Zaltsadovski* și *Kadet*, dozele de 200 Gy și 300 Gy, respectiv de 200 Gy și 400 Gy, au produs o diminuare semnificativă a perioadei de vegetație (între 14,7 % și 17,5 %); în timp ce la *Adaptovanîi 2*, doar doza de 500 Gy a condus la o reducere a perioadei de vegetație de 8,3 % (figura 5.1).

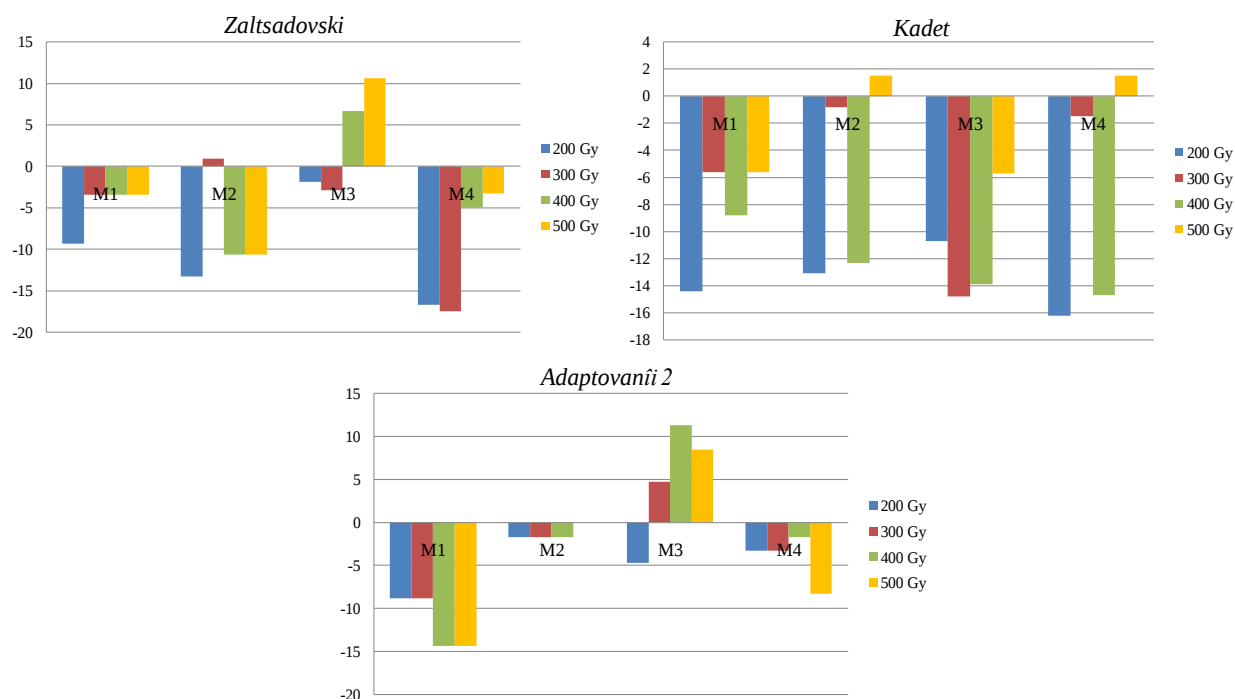


Figura 5.1. Efectele dozelor de iradiere asupra fazei de vegetație, în raport cu martorul (%)

Pe orizontală: M₁ (2018); M₂ (2019); M₃ (2020); M₄ (2021);

Pe verticală, stânga: devierea perioadei de vegetație sub influența dozelor de iradiere, % din martor;

Pe verticală, dreapta: dozele de iradiere.

Studiile științifice confirmă faptul că iradierea cu radiații gama influențează durata perioadei de vegetație a susanului. De exemplu, Singh și colab.[185] au observat că dozele mici de radiație scurtează perioada de vegetație, în timp ce dozele mari o prelungesc, iar Thakur și

colab. [201] au demonstrat că iradierea poate reduce timpul de maturare, fiind benefică în regiunile cu un sezon de creștere mai scurt. Această variabilitate a duratei perioadei de vegetație se datorează modificărilor genetice care influențează viteza de dezvoltare a plantelor.

Gradul de variabilitate genetică disponibilă în populația de reproducție și tehnicile de selecție utilizate determină eficiența oricărui program de ameliorare. Mutageneza indusă poate completa hibridarea ca sursă de variabilitate. Astfel, mutația furnizează materia primă necesară evoluției și asigură variabilitatea fundamentală necesară pentru îmbunătățirea plantelor [113]. Aceasta este esențială pentru menținerea unui nivel ridicat de productivitate la plantele de cultură [183]. Analiza comparativă a caracterelor cantitative la susan a evidențiat o variabilitate semnificativă a genotipurilor aflate în studiu.

La genotipul *Zaltsadovski*, înălțimea plantei a fost redusă cu până la 20 % în generațiile $M_1 - M_3$, iar în generația M_4 caracterul a depășit martorul cu 20 %. Cele mai mari extreme de variabilitate s-au atestat la genotipul iradiat cu doza de 300 Gy. În cazul genotipului *Kadet*, în generațiile $M_1 - M_3$, variabilitatea înălțimii plantei a variat între 0,4 % și 20,4 %, valoarea maximă fiind înregistrată în generația M_2 . În generațiile $M_1 - M_4$, genotipul *Kadet* iradiat cu dozele de 300 Gy (19,7 %...13,7 %) și 500 Gy (20,3 %...12,6 %) a înregistrat o creștere semnificativă a caracterului în raport cu martorul [244]. Totodată, în generația M_4 (2021) parametrul dat a diminuat la doza de iradiere 400 Gy (8,9 %). În generațiile $M_1 - M_3$, provenite de la *Adaptovanii 2*, înălțimea plantei a fost la nivelul martorului (-2,3) sau majorată până la 10,8 % din martorul neiradiat. În generația M_4 de iradiere s-a produs o variabilitate înaltă, în diapazonul - 15 %...+ 7 %, respectiv de dozele 200 Gy și 500 Gy (figura 5.2).

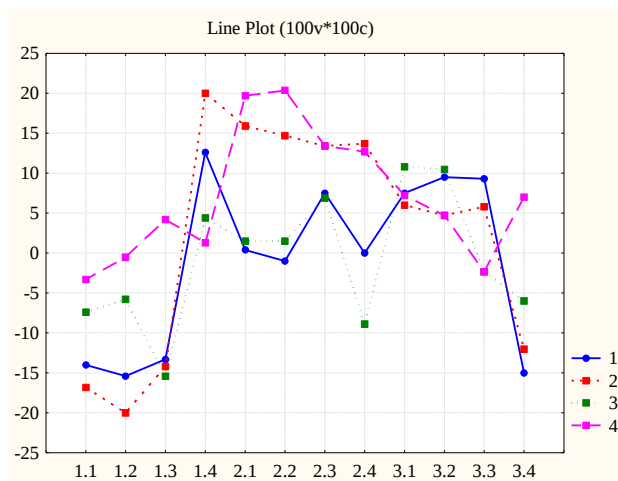


Figura 5.2. Influența radiației asupra înălțimii plantei la formele mutante de susan, % față de genotipul recurent

Pe orizontală: 1.1, 2.1, 3.1 – M_1 (2018); 1.2, 2.2, 3.2 – M_2 (2019); 1.3, 2.3, 3.2 – M_3 (2020); 1.4; 2.4, 3.4 – M_4 (2021);

Pe verticală stânga: devierea ÎP/martor, %;

Pe verticală dreapta: 1 – 200 Gy; 2 – 300 Gy; 3 – 400 Gy; 4 – 500 Gy.

În generațiile iradiate provenite de la genotipul *Zaltsadovski* (cu doze de 200 Gy...500 Gy), s-a observat cea mai mare reducere a *lungimii internodurilor* în generațiile M_1 și M_2 , cu până la 25 %. Acest caracter a fost diminuat concomitent cu reducerea *înălțimii plantei*. În generațiile M_1 - M_4 (pentru dozele de 300 Gy și 500 Gy), s-a înregistrat o diminuare a caracterului cu până la 9,0 %. iar doza de 300 Gy în generația M_3 a cauzat cea mai mare creștere a indicelui, cu 8.2 % comparativ cu martorul *Kadet*. Dozele de 200 –500 Gy au influențat reducerea *lungimii internodului* în generația M_3 , cu 1 %...11,3 %, la genotipul *Adaptovanii 2*. În celelalte cazuri, variabilitatea *lungimii internodurilor* s-a situat în intervalul -7,3 %...+17,6 % față de martorul respectiv. Cele mai înalte devieri pozitive ale caracterului au fost înregistrate la *Zaltsadovski* (doza 300 Gy) și la *Adaptovanii 2* (dozele 400 Gy și 500 Gy) (figura 5.3) [137].

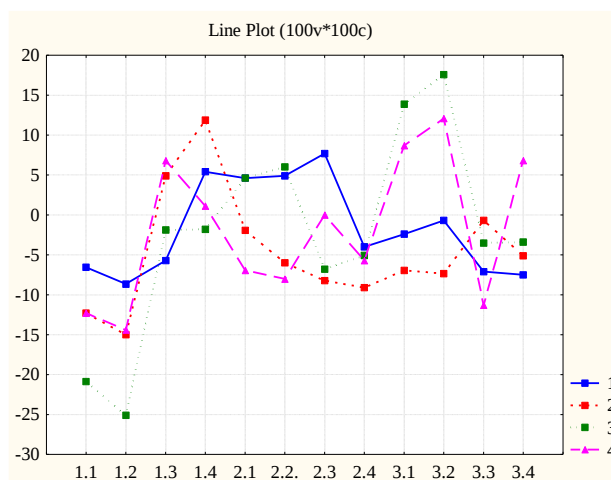


Figura 5.3. Influența radiației asupra lungimii internodului la formele mutante de susan, % față de genotipul recurent

Pe orizontală: 1.1, 2.1, 3.1 – M_1 (2018); 1.2, 2.2, 3.2 – M_2 (2019); 1.3, 2.3, 3.2 – M_3 (2020); 1.4; 2.4, 3.4 – M_4 (2021);

Pe verticală stânga: devierea LI/martor, %;

Pe verticală dreapta: 1 – 200 Gy; 2 – 300 Gy; 3 – 400 Gy; 4 – 500 Gy.

În generația M_1 , la genotipul *Zaltsadovski*, lungimea capsulei a înregistrat o diminuare în intervalul -5 %...-10 %, iar în generațiile M_2 – M_4 aceasta s-a situat în intervalul -10 %...+10 %. În generațiile M_1 și M_2 provenite de la genotipul *Kadet*, dozele de 200 Gy și 400 Gy au înregistrat cea mai mare lungime a capsulei, cu valori cuprinse între 7,2 % și 13,6 % față de genotipul neiradiat. În generația M_3 , la genotipul *Adaptovanii 2*, toate dozele au avut un efect de diminuare a lungimii capsulei, în intervalul -4,8 %...-18,8 %, iar în generația M_3 , toate dozele (200 Gy...500 Gy) au depășit martorul, cu 4,5 %...12,6 % (figura 5.4).

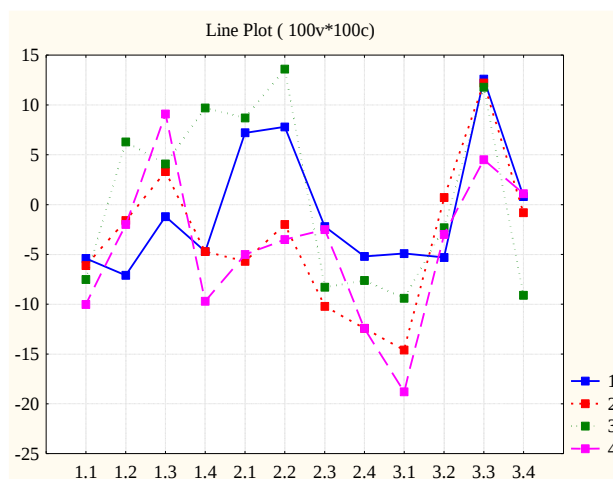


Figura 5.4. Influența radiației asupra lungimii capsulei la formele mutante de susan, % față de genotipul recurent

Pe orizontală: 1.1, 2.1, 3.1 – M₁(2018); 1.2, 2.2, 3.2 – M₂ (2019); 1.3, 2.3, 3.3 – M₃ (2020); 1.4; 2.4, 3.4 – M₄ (2021);

Pe verticală stânga: devierea LC/martor, %;

Pe verticală dreapta: 1 – 200 Gy; 2 – 300 Gy; 3 – 400 Gy; 4 – 500 Gy.

În generațiile M₁ și M₂ provenite de la genotipul *Zaltsadovski*, iradiat cu dozele de 200 Gy, 300 Gy și 400 Gy, s-a înregistrat o reducere a *numărului de capsule per plantă* între -3,2 % și -16,9 %, iar în generațiile M₃ și M₄, la dozele de 300 Gy, 400 Gy și 500 Gy, dar și la 300 Gy și 500 Gy, valoarea caracterului a diminuat cu până la 11,4 %. Dozele de 200 – 500 Gy au influențat majorarea valorilor caracterului în toate generațiile, dar sporirea maximă a fost evidențiată la dozele de 300 Gy și 500 Gy în M₁ și M₂, cu 40,1 %...53,9 % [244], iar în generația M₄, la dozele de 200 Gy și 400 Gy, s-a înregistrat cea mai mare diminuare a *numărului de capsule per plantă*, de până la 23,7 %, la genotipul *Kadet*. În generațiile generația M₁ și M₂, genotipurile iradiate cu dozele de 300 Gy, 400 Gy și 500 Gy la *Adaptovaîi 2* au avut valori similare cu martorul sau au înregistrat diminuări de până la 10,6 %. În generația M₃, la doza de 200 Gy, s-a depășit martorul cu 18 % (figura 5.5).

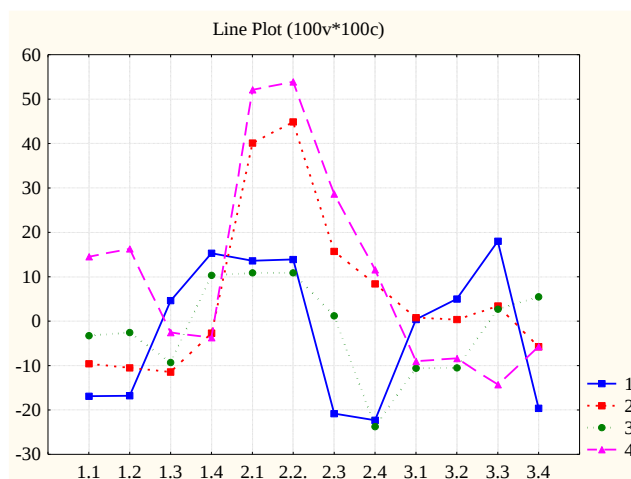


Figura 5.5. Influența radiației asupra numărului de capsule per plantă la formele mutante de susan, % față de genotipul recurent

Pe orizontală: 1.1, 2.1, 3.1 – M₁(2018); 1.2, 2.2, 3.2 – M₂ (2019); 1.3, 2.3, 3.2 – M₃ (2020); 1.4; 2.4, 3.4 – M₄ (2021);

Pe verticală stânga: devierea NCP/martor, %;

Pe verticală dreapta: 1 – 200 Gy; 2 – 300 Gy; 3 – 400 Gy; 4 – 500 Gy.

La genotipul *Zaltsadovski*, iradiat cu dozele de 200 Gy, 300 Gy și 500 Gy, *numărul de semințe per capsulă* a diminuat în generațiile M₁ și M₂, dar a sporit în generația M₃ pentru toate dozele (200 – 500 Gy), cu 1,5 %...9,3 %. În generațiile M₁ și M₂ provenite de la genotipul *Kadet*, valorile au fost la nivelul martorului sau au scăzut cu până la 40 % la toate dozele (200 Gy – 500 Gy). În generația M₃, rezultatele au fost la nivelul martorului (0,1 %) sau au crescut până la 8 % față de martorul neiradiat. La genotipul *Adaptovanii* 2, în generațiile M₁ și M₂, valoarea indicelui s-a menținut la nivelul martorului (0,4 %) sau a diminuat până la 17,8 % la dozele de 300 Gy, 400 Gy și 500 Gy. În generațiile M₃ și M₄, la dozele de 200 Gy – 500 Gy, valorile au fost la nivelul martorului (0,3 %) sau au crescut până la 14,3 % față de martorul neiradiat (figura 5.6).

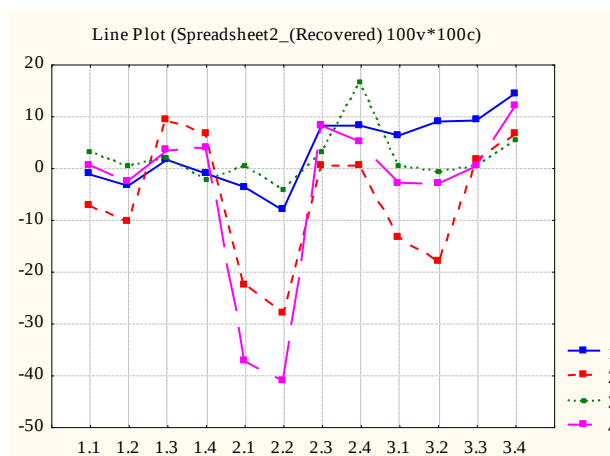


Figura 5.6. Influența radiației asupra numărului de semințe per capsulă la formele mutante de susan, % față de genotipul recurent

Pe orizontală: 1.1, 2.1, 3.1 – M₁(2018); 1.2, 2.2, 3.2 – M₂ (2019); 1.3, 2.3, 3.2 – M₃ (2020); 1.4; 2.4, 3.4 – M₄ (2021);

Pe verticală stânga: devierea NSC/martor, %;

Pe verticală dreapta: 1 – 200 Gy; 2 – 300 Gy; 3 – 400 Gy; 4 – 500 Gy.

La genotipul *Zaltsadovski*, masa a 1000 de semințe a fost majorată în generația M₁ la dozele de 300 Gy și 400 Gy cu până la 8,5 %, dar a fost semnificativ diminuată la doza de 200 Gy, cu 11,3 % față de valoarea matorului neiradiat. Dozele de 400 Gy și 500 Gy în generația M₃ au determinat o creștere de până la 7,3 %. Generațiile M₂ și M₄ au fost la nivelul matorului sau diminuate cu până la 10,6 % pentru toate dozele de 200 – 500 Gy. În generația M₁ provenită de la genotipul *Kadet*, masa a 1000 de semințe a prezentat o variabilitate, fiind dininuată cu -2,6 %...-8,5 % la dozele de 200 Gy, 300 Gy și 500 Gy. În schimb, în generațiile M₂ – M₄, s-a înregistrat o creștere semnificativă a masei (*mms*) la dozele de 200 Gy, 300 Gy și 500 Gy, între 5,3 % și 17,3 %. În generațiile M₁ – M₄ provenite de la genotipul *Adaptovanîi* 2, la dozele de 200 Gy și 500 Gy, masa a 1000 de semințe a scăzut cu 1,3 %...9,3 %, cu excepția dozei de 200 Gy din generația M₁ și a dozei de 500 Gy din generația M₄ (figura 5.7).

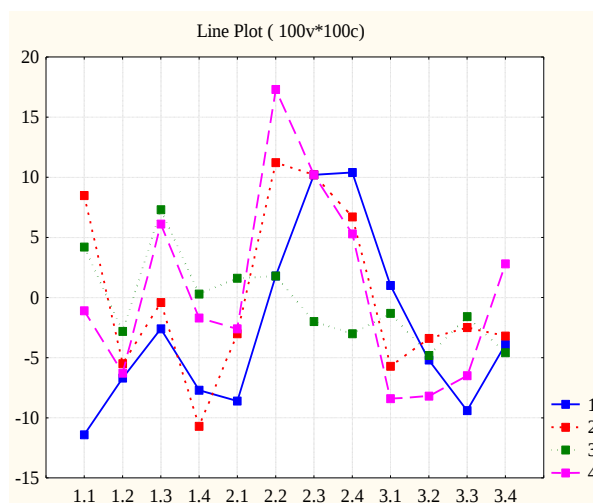


Figura 5.7. Influența radiației asupra masei a 1000 semințe la formele mutante de susan % față de genotipul recurent

Pe orizontală: 1.1, 2.1, 3.1 – M₁(2018); 1.2, 2.2, 3.2 – M₂ (2019); 1.3, 2.3, 3.2 – M₃ (2020); 1.4; 2.4, 3.4 – M₄ (2021);

Pe verticală stânga: devierea MMS/martor, %;

Pe verticală dreapta: 1 – 200 Gy; 2 – 300 Gy; 3 – 400 Gy; 4 – 500 Gy.

La genotipul *Zaltsadovski* productivitatea per plantă în M₁ și M₂ a înregistrat majorare la dozele de 400 Gy și 500 Gy cu până la 31 %. Cea mai puternică diminuare (15,1 %) s-a dovedit a fi la doza de 200 Gy în generația M₁, pe când în generațiile M₃ și M₄ (dozele 200 – 500 Gy) productivitatea a variat în limitele -5 %...+10 %. Generațiile M₁ – M₄ provenite de la genotipul *Kadet* au înregistrat valori de la nivelul matorului sau majorate până la 40 % din matorul neiradiat [244], cu excepția dozei de 500 Gy în generația M₁ și 200 Gy, 400 Gy în generațiile M₃ și M₄.

În generațiile M_1 și M_2 , provenite de la genotipul *Adaptovanii 2*, productivitatea per plantă a fost redusă cu 8 %...19 % la dozele 300 Gy, 400 Gy și 500 Gy. În generația M_3 dozele de 200 Gy, 300 Gy au provocat schimbări la nivelul martorului ori au diminuat valorile caracterului cu până la 19 %, iar în M_4 toate dozele (200 – 500 Gy) au variat indicele cu 0,5 %...13 % din martorul respectiv (figura 5.8) [137].

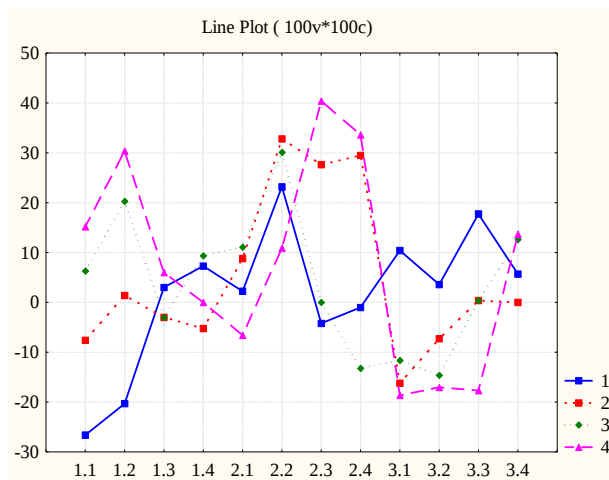


Figura 5.8. Influența radiației asupra indicelui *productivitatea per plantă* la formele mutante de susan, % față de genotipul recurent

Pe orizontală: 1.1, 2.1, 3.1 – M_1 (2018); 1.2, 2.2, 3.2 – M_2 (2019); 1.3, 2.3, 3.2 – M_3 (2020); 1.4; 2.4, 3.4 – M_4 (2021);

Pe verticală stânga: devierea PP/martor, %;

Pe verticală dreapta: 1 – 200 Gy; 2 – 300 Gy; 3 – 400 Gy; 4 – 500 Gy.

5.2. Analiza varianței în variabilitatea caracterelor cantitative în generațiile M_1 – M_4 la susan

Diversitatea genetică a speciilor de cultură, inclusiv susanul, poate fi evaluată prin analiza caracterelor morfologice și cantitative specifice. Acestea au avut un impact genetic semnificativ în descoperirea diversității populațiilor de susan. Creșterea productivității și calității acestei culturi oleaginoase importante poate fi realizată prin ameliorarea soiurilor existente [191], iar acest proces este strâns legat de înțelegerea variabilității caracterelor cantitative în diverse generații de susan.

Contribuția razelor gama (Gy) asupra caracterelor analizate indică la faptul că genotipul (G), radiația (R) și interacțiunea dintre G x R au influențat semnificativ (la nivel de 99 - 99,9 %) asupra variației caracterelor cantitative la plantele de susan în generațiile M_1 – M_4 (tabelul 5.2). Acțiune maximă a manifestat genotipul asupra caracterelor *înălțimea plantei* 85,43 %...91,77 %, *lungimea internodului* 74,64 %...91,78 % și *numărul de capsule per plantă* 64,85 %...84,80 % în generațiile M_1 – M_3 , iar pentru *lungimea capsulei* 36,62 %...57,26 % în M_2 – M_4 , *numărul de semințe* 73,87 %; 54,49 % în M_3 și M_4 și *productivitatea per plantă* 51,68 %...88,19 % pentru toate generațiile studiate M_1 – M_4 .

Tabelul 5.1. Contribuția surselor de variație (%) genotip/radiație în generațiile M₁ – M₄ asupra variabilității unor caractere cantitative la susan (%)

Caractere	Generația	Genotip – G	Radiația –R	Interacțiunea G x R
ÎP	M ₁	90,00***	3,97***	5,47***
	M ₂	85,43***	3,91***	5,77***
	M ₃	91,77***	1,93	5,44***
	M ₄	20,63***	33,53***	42,94***
LI	M ₁	79,35***	4,38	14,20***
	M ₂	74,64***	6,96*	16,00***
	M ₃	91,78***	1,50	5,37***
	M ₄	10,71	35,65**	28,67*
LC	M ₁	7,15	70,59***	18,90***
	M ₂	36,62***	33,85***	25,30***
	M ₃	57,26***	5,52	34,24***
	M ₄	43,16***	23,76***	30,72***
NCP	M ₁	65,58***	17,19**	13,29***
	M ₂	64,85***	16,49**	14,23**
	M ₃	84,80***	0,68	13,39***
	M ₄	40,92***	11,50*	44,00***
NSC	M ₁	20,74**	53,17***	20,20***
	M ₂	14,76*	57,69***	23,32***
	M ₃	73,87***	12,31*	9,84*
	M ₄	54,49***	19,36**	21,59***
PP	M ₁	64,39***	1,90	27,82***
	M ₂	51,68**	5,02	33,34***
	M ₃	88,19***	1,99*	9,04***
	M ₄	58,10***	14,86	20,70**

*, **, *** - semnificație pentru $P \leq 0,05$; 0,01; 0,001

Contribuția factorului a generației în dependență de genotip a atins valori de la 7,15 % până la 91,77 %, în dependență de caracterul cantitativ analizat. Variația caracterelor *lungimea internodului* (35,65 %) în generația M₄, *lungimea capsulei* (70,59 %) în generația M₁ și *numărul de semințe per capsulă* (53,17 %; 57,69 %) în generațiile M₁ și M₂ au fost determinate, în special, de radiație. De asemenea, interacțiunea genotip x radiație a manifestat acțiune maximă la caracterele *înălțimea plantei* (42,94 %) și *numărul de capsule per planta* (44,00 %) în generația M₄ (tabelul 5.1).

Date similare privind variația caracterelor productivității în dependență de radiație și genotip au fost relatate la susan de alți autori [78; 139].

5.3. Variabilitatea dispersională a caracterelor cantitative la formele mutante de susan

Cunoașterea contribuției factorilor genetici, mutageni și de mediu, dar în mod mai special, aportului interacțiunii lor în realizarea fenotipică a caracterelor cantitative, manifestă o importanță sporită în procesul de ameliorare. Analiza varianței dispersionale trifactoriale a relevat diferențe foarte semnificative între genotip x radiație x generație, dar și interacțiunea lor

în exprimarea fenotipică a caracterelor cantitative studiate (tabelul 5.2), indicând prezența unei diversități genetice largi.

Astfel, pentru genotipurile de susan (*Zaltsadovski*, *Kadet* și *Adaptovanii 2*, iradiate cu dozele de 200 – 500 Gy), cea mai mare contribuție a fost atribuită factorului *generație* (anii de cultivare 2018 - 2021), care a avut un impact pozitiv asupra caracterului *înălțimea plantei* (57,04 %), urmat de *genotip* și *radiație* (35,57 % și 2,06 %). În ceea ce privește *numărul de capsule per plantă*, *generația* a avut o contribuție de 70,10 %, urmată de *genotip* și *radiație* (18,97 % și 3,18 %), iar pentru *productivitatea per plantă*, factorul *generație* a avut o contribuție de 83,93 %, urmat de *genotip* și interacțiunea *genotip x radiație* (11,28 % și 1.73 %), cu un nivel de confidență maxim (99,9 %).

Mutageneza indusă a avut o contribuție importantă asupra *numărului de semințe per capsulă* (26,03 %), urmată de *generație* (20,54 %) și *genotip* (17,65 %), cu nivelul de confidență maxim (99,9 %).

Însă, *genotipul* a manifestat o contribuție mai mare la parametrul *lungimii internodului* (48,25 %), urmat de *generație* și *radiație* (32,02 %; 1,71 %) cu intervalul de confidență de 99,5 - 99,9 %, dar și *lungimea capsulei* (36,51 %) urmată de *radiație* (23,91 %) și *generație* (1,78 %). Aceeași tendință de împărțire a contribuției factorilor a fost atestată și în cadrul lucrărilor altor autori [78; 195; 203].

Tabelul 5.2. Analiza variației dispersive trifactoriale a caracterelor cantitative din generațiile $M_1 - M_4$

Caractere	Genotip (A)	Radiație (B)	Generație (C)	Interac- țiunea AB	Interac- țiunea AC	Interac- țiunea BC	Interac- țiunea ABC
ÎP	35,57***	2,06***	57,04***	1,48***	2,48***	0,30***	0,95***
LI	48,25***	1,71*	32,02***	5,41***	8,52***	1,21*	2,80***
LC	36,51***	23,91***	1,78	10,71***	5,57***	10,05***	10,24***
NCP	18,97***	3,18***	70,10***	3,79***	2,07***	0,60*	0,98***
NSC	17,65***	26,03***	20,54***	15,40***	5,08***	10,47***	3,56***
PP	11,28***	0,40	83,93***	1,73***	1,01**	0,18	1,01***

*, **, *** - semnificație pentru $P \leq 0,05$; 0,01; 0,001

În cazul interacțiunii factorilor nominalizați, efectul combinat „genotip x radiație” a avut o contribuție mai mare la următoarele caractere: *lungimea capsulei* (10,71 %), urmată de combinația genotip x radiație x generație (10,24%), radiație x generație (10,05 %) și genotip x generație (5,57 %), cu un nivel de confidență maxim de 99,9 %. În cazul *numărului de capsule per plantă*, contribuția a fost de 3,79%, urmată de combinația *genotip x generație* (2,07 %), *genotip x radiație x generație* (0,98 %) și *radiație x generație* (0,60 %), cu un nivel de confidență de 99,5 - 99,9 %. Pentru *numărul de semințe per capsulă*, contribuția a fost de 15,40 %, urmată de combinația *radiație x generație* (10,47 %), *genotip x generație* (5,08 %) și *genotip x radiație x generație* (3,56 %), cu nivelul de confidență maxim de 99,9 %. În ceea ce privește

productivitatea per plantă, contribuția a fost de 1,73 %, urmată de combinația *genotip x generație* și *genotip x radiație x generație* (1,01 %), cu un nivel de confidență de 99,5 - 99,9 %.

În ceea ce privește interacțiunea *genotip x generație*, caracterele cu cea mai mare contribuție au fost: *înălțimea plantei* (2,48 %), urmată de combinația *genotip x radiație* (1,48 %), *genotip x radiație x generație* (0,94 %) și *genotip x radiație* (0,30 %), cu nivelul de semnificație maxim de 99,9 %. Pentru *lungimea internodului*, contribuția a fost de 8,52 %, urmată de combinațiile *genotip x radiație* (5,41 %), *genotip x radiație x generație* (2,80 %) și *radiație x generație* (1,21 %), cu un nivel de confidență de 99,5 - 99,9 % (tabelul 5.2).

5.4. Evaluarea variabilității genetice a caracterelor cantitative la formele mutante de susan din generațiile M₁ – M₄

Succesul oricărui program de ameliorare varietală depinde în mare măsură de gradul de variabilitate genetică prezent în materialul parental. Totuși, fără capacitatea de a genera un grup genetic divers, inducerea de noi variații prin mutageneză nu poate oferi o soluție eficientă. Mutageneza a fost utilizată cu succes în cultura susanului [38; 111; 174]. Conform literaturii de specialitate, este necesară o analiză suplimentară și detaliată a divergenței genetice pentru a verifica și identifica formele mutante promițătoare, ce ar putea contribui la dezvoltarea unor soiuri cu productivitate superioară.

Având în vedere că randamentul și componentele constitutive ale acestuia sunt trăsături cantitative și poligenice, variația lor fenotipică este influențată de variabilitatea genetică, factorii de mediu și interacțiunile genotip-mediu [76]. Astfel, informațiile privind amploarea și moștenirea variabilității induse sunt esențiale pentru ameliorarea soiurilor. Conform cercetărilor lui Wacal și colab. [215], estimarea varianței trăsăturilor și a eredității este crucială în programele de reproducere, deoarece acești parametri determină componenta moștenită a trăsăturilor cantitative. Drept urmare, caracterizarea genetică și estimarea parametrilor genetici trebuie să implice material genetic divers evaluat în diverse condiții de mediu. În plus, estimarea eritabilității în sens larg, combinată cu un avans genetic ridicat, este mai eficientă în prezicerea selecției trăsăturilor dorite decât analiza eredității simple [159].

Coeficientul de variație genotipică (VG), coeficientul de variație fenotipică (VF), eritabilitatea (H) și avantajul genetic (AG) sunt instrumente biometrice esențiale pentru măsurarea variabilității genetice și au fost utilizate în analiza diferitelor germoplasme de susan obținute prin mutageneză indusă [111; 127]. În acest context, este important să înțelegem impactul mutațiilor induse asupra variabilității genetice, eritabilității și progresului genetic al trăsăturilor de productivitate la susan.

Rezultatele obținute au evidențiat valori mai mari ale variației fenotipice comparativ cu cele genotipice, subliniind rolul semnificativ al variației genotipului asupra varianței totale

pentru toate caracterele analizate (tabelul 5.3). Aceste rezultate sunt reflectate, de exemplu, la *înălțimea plantei* ($V_g = 33,20$; $V_{ph} = 33,48$) cu o valoare de 98,71 cm, la *numărul de capsule per plantă* ($V_g = 6,94$ $V_{ph} = 7,17$) cu 43,84 capsule, și la *numărul de semințe per capsulă* ($V_g = 0,90$; $V_{ph} = 1,00$), unde s-au obținut 63,24 semințe. De asemenea, cele mai mici valori ale variației au fost înregistrate la *lungimea internodului* ($V_g = 0,01$; $V_{ph} = 0,01$) cu 2,77 cm și la *lungimea capsulei* ($V_g = 0,001$; $V_{ph} = 0,001$) cu 2,61 cm.

Tabelul 5.3. Estimarea varianței și parametrilor genetici la caracterele de productivitate la descendenții M_1 - M_4 de susan

Caractere	Valoarea medie	V_g	V_{ph}	VG, %	VF, %	H^2	AG, %
ÎP	98,712±0,576	33,200	33,477	5,837	5,861	0,992	12,024
LI	2,769±0,016	0,013	0,013	4,057	4,094	0,982	8,361
LC	2,606±0,007	0,001	0,001	1,247	1,276	0,955	2,573
NCP	43,845±0,483	6,944	7,166	6,010	6,105	0,969	12,382
NSC	63,242±0,312	0,904	1,000	1,504	1,581	0,904	3,100
PP	7,577±0,090	0,158	0,166	5,255	5,383	0,953	10,831

De menționat este faptul că coeficientul de variație genotipică a prezentat valori apropiate cu o ușoară descreștere față de coeficientul de variație fenotipică, ceea ce sugerează o relație strânsă între acești doi coeficienți pentru toate caracterele studiate, fapt confirmat și de alți autori [23; 97] la diferite genotipuri de susan și grâu. Astfel, coeficientul de variație genotipică și coeficientul de variație fenotipică au înregistrat cele mai mari valori la următoarele caractere: *înălțimea plantei* ($VG = 5,84$ %; $VF = 5,86$ %), *lungimea internodului* ($VG = 4,06$ %; $VF = 4,09$ %), *numărul de capsule per plantă* ($VG = 6,01$ %; $VF = 6,10$ %) și *productivitatea per plantă* ($VG = 5,25$ %; $VF = 5,38$ %). Productivitatea per plantă este o trăsătură cantitativă, care este puternic influențată de condițiile de mediu, în corelație cu celelalte caractere studiate, luând în considerare perioada lungă de maturitate fiziologică. Aceasta poate fi afectată de factorii biotici și abiotici ce influențează formarea și coacerea completă a capsulelor, ceea ce poate avea o influență negativă asupra acestui indice.

Coeficientul de heritabilitate în sens larg este un parametru genetic care se exprimă ca raportul dintre variația genetică și variația fenotipică. De asemenea, relația dintre heritabilitate și răspunsul la selecție se exprimă ca contribuție genetică.

Analiza datelor obținute a demonstrat că genotipurile mutagene studiate sunt caracterizate de o variabilitate înaltă a valorilor, care au variat între 0,90 și 0,99 (heritabilitatea) (tabelul 5.3), indicând faptul că aceste caractere sunt, în principal, controlate de factori genetici. Heritabilitatea înaltă pentru diferite caractere la susan a fost, de asemenea, raportată de diferiți autori [172; 177].

Evaluarea formelor mutante de susan obținute prin mutagenză indusă a evidențiat heritabilitatea asociată cu contribuția genetică pentru următoarele trăsături *înălțimea plantei* ($H^2=0,99$; AG=12,02 %), *lungimea internodului* ($H^2=0,98$; AG=8,36 %), *numărul de capsule per plantă* ($H^2=0,97$; AG=12,38%) și *productivitatea per plantă* ($H^2=0,95$; AG=10,83 %), marcând importanța acestor caractere. Prin urmare, aceste trăsături ar putea fi reglate de gene additive și non-aditive, ceea ce sugerează că selecția directă ar fi eficientă în cazul genotipurilor prezente.

Heritabilitatea ridicată, combinată cu un avans genetic semnificativ pentru *înălțimea plantei*, *numărul de capsule per plantă* și *productivitatea per plantă*, sugerează că acțiunea aditivă a genelor de mare amploare și selecția fenotipică ar putea fi eficiente pentru îmbunătățirea acestor caractere [194].

Rezultate similare au fost obținute și de alți autori în ceea ce privește numărul de capsule per plantă, numărul de semințe per capsulă și productivitatea per plantă, având ca scop crearea de noi mutații care pot îmbunătăți aceste trăsături la susan [127; 186].

5.5. Concluzii la capitolul 5

1. Au fost descrise formele mutante de susan în funcție de efectul dozelor asupra fazei de vegetație, comparativ cu martorul. În generațiile $M_1 - M_4$ s-a înregistrat o diminuare a perioadei de vegetație, cu excepția genotipurilor *Zaltsadovski* și *Adaptovanii 2* în generația M_3 unde dozele de 400 Gy, 500 Gy și respectiv 300 Gy, 400 Gy, 500 Gy au stimulat semnificativ creșterea.
2. Rezultatele obținute demonstrează o variabilitate semnificativă a caracterelor cantitative la formele mutante de susan, pe parcursul generațiilor $M_1 - M_4$. O creștere stabilă comparativ cu martorul a fost observată doar la soiul *Kadet*, pentru dozele de 300 Gy și 500 Gy, la caracterele *înălțimea plantei*, *numărul de capsule per plantă* și *productivitatea per plantă* în toate generațiile $M_1 - M_4$. Celelalte genotipuri, în schimb, au manifestat instabilitate în exprimarea acestor trăsături pe parcursul diferitelor generații.
3. Evaluarea contribuției factorilor mutagenezei induse la genotipurile *Zaltsadovski*, *Kadet* și *Adaptovanii 2* în generațiile $M_1 - M_4$ a relevat că genotipul a avut cea mai mare contribuție la caracteristicile studiate, cu valori între 36,62 % și 91,78 %. Totuși, în anumite cazuri, cum ar fi *înălțimea plantei* (42,94 %), *lungimea internodului* (35,65 %), *numărul de capsule per plantă* (44,00 %) în generația M_4 , *lungimea capsulei* (70,59 %) în M_1 și *numărul de semințe per capsulă* în M_1 și M_2 (53,17 % și 57,69 %), factorii determinanți au fost radiația și interacțiunea genotip x radiație. Aceste rezultate subliniază impactul semnificativ al radiațiilor și interacțiunii acestora cu genotipul asupra variației caracterelor studiate în susan.

4. Analiza variației dispersionale trifactoriale genotip x radiație x generație a evidențiat că, pentru caracterele *lungimea internodului* și *lungimea capsulei*, factorul cu cea mai mare contribuție a fost genotipul. Pentru *numărul de semințe per capsulă*, factorul determinant a fost radiația, iar pentru *înălțimea plantei*, *numărul de capsule per plantă* și *productivitatea per plantă*, factorul principal a fost generația, cu un nivel de confidență maxim de 99,99 %. Aceste rezultate subliniază influența semnificativă a factorilor genetici și de mediu asupra caracterelor studiate.
5. Analiza variației și a parametrilor genetici pentru caracterele de productivitate în descendenții de susan M₁-M₄ a evidențiat coeficientul de variație genotipică și coeficientul de variație fenotipică cu valori semnificative, indicând rolul important al genotipurilor iradiate în formarea caracterelor la descendenți. Cele mai mari valori ale coeficientului de variație fenotipică (VF) au fost înregistrate pentru *înălțimea plantei* (VF = 5,86 %), *lungimea internodului* (VF = 4,09 %), *numărul de capsule per plantă* (VF = 6,10 %) și *productivitatea per plantă* (VF = 5,38 %), iar valorile coeficientului de variație genotipică (VG) au fost apropiate, ceea ce subliniază impactul semnificativ al genotipurilor asupra expresiei acestor trăsături.
6. Rezultatele obținute din analiza heritabilității asociate cu avantajul genetic au arătat că trăsăturile precum *înălțimea plantei*, *lungimea internodului*, *numărul de capsule per plantă* și *productivitatea per plantă* sunt în mare parte reglate de gene aditive. Acest lucru sugerează că selecția fenotipică și selecția directă pot fi metode eficiente pentru îmbunătățirea acestor trăsături.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Concluzii generale:

1. Sursele de germoplasmă ale speciei *Sesamum indicum* L. incluse în colecția IGFP, cu origini din diferite zone geografice (40 de genotipuri), s-au caracterizat prin variabilitate largă a caracterelor cantitative și calitative cu o medie pe trei ani a perioadei de vegetație cuprinsă între 95 zile pentru soiul *N162/0781* (Rusia) și 151 zile pentru soiul *Dulce* (SUA). Cultivarele au fost clasificate în grupe de maturitate: precoce - până la 113 zile, mediu precoce - 118-127 zile, mediu tardivă - 129-134 zile și tardivă - peste 140 de zile.
2. Evaluarea caracterelor și însușurilor agronomice valoroase a constatat o majorare sistematică a înălțimii plantei, de la 91,8 cm în grupa precoce până la 103,2 cm la cultivarele cu maturitate tardivă. Producția de semințe la o plantă a manifestat valori medii de 6,36 g în grupa precoce, 6,31 g la sursele mediu precoce, 6,96 g la grupa mediu tardivă și 7,73 g în grupa tardivă. Cu cele mai stabile producții de semințe, ca indicator al adaptării ecologice, s-au evidențiat sursele *L₁*, *k-1555*, *VNIIMC-889*, *L₂*, *Margo*, *Serebristii*, *Zalt Sadovzri*, *Oro Shot*, *Liano* și *Dulce*. Lungimea internodului și a capsulei au fost mai puțin influențate de perioada de vegetație care a semnalat cifre mai pronunțate la numărul de capsule cu valori de circa 40 bucăți la genotipurile precoce, mediu precoce și 45,7-47,4 bucăți în grupele mediu tardivă și tardivă. Genotipurile din clasele precoce (*Djerelo*, *Natașa*, *Cumhuriyet 99*), mediu precoce (*Kubanets 57*, *k-1621*), mediu tardivă (*Kadet*, *Manjurski ulucișennii*, *Zalt Sadovzri*) și tardivă (*Liano*, *k-1257*) au acumulat un conținut ridicat de ulei – 55 ... 57%.
3. Analiza contribuției genotipului, anului de cultivare și interacțiunea acestora a stabilit o influență semnificativă, cu o pondere de circa 94 % a factorului de an. Variabilitatea fenotipică semnificativă pentru populațiile de susan din diferite grupe de precocitate, evaluată prin analiza factorială, a evidențiat impactul major al anului de cultivare asupra trăsăturilor morfologice și de productivitate ale susanului. Corelațiile puternice dintre contribuțiile factorului anul de cultivare pentru caracterele înălțimea plantei (90,28 - 96,90 %), lungimea internodului (78,59 – 99,99 %), numărul de capsule per plantă (89,37 – 97,06 %) și productivitatea per plantă (91,22 – 95,97 %) au confirmat dependența acestora, dar și influența condițiilor de an asupra productivității pentru toate grupurile de precocitate. Coeficientul de variație genotipică, moderat sau ridicat, cât și eritabilitatea moderată asociată cu avantajul genetic pentru caracterele înălțimea plantei, numărul de capsule per plantă, numărul de semințe per capsulă și productivitatea per plantă, prezic un progres generic în procesul de ameliorare a susanului.

4. Studiile realizate asupra germoplasmei de susan au evidențiat o diversitate semnificativă în răspunsul plantelor la factorii abiotici, precum stresul termic și stresul hidric. Modelarea în condiții de laborator controlate a acțiunii temperaturilor de 15°C și stresului hidric în faza de germinare a semințelor a permis diferențierea mostrelor de la variantele martor după cota germinației, lungimea rădăcinii și a tulpinii, ca indicatori ai toleranței genetice. Inocularea artificială a semințelor cu filtrat de cultură a patogenilor din genurile *Alternaria* și *Fusarium* a stabilit o variabilitate esențială a genotipurilor după toleranța acestora, comparativ cu variantele martor. Rezultatele cercetărilor au permis distribuirea mostrelor de susan în grupe de rezistență la factorii abiotici și patogeni fungici. Investigațiile moleculare au confirmat prezența / absența agenților patogeni din speciile *A. alternata*, *A. solani*, *F. oxysporum*, *F. equiseti*, *F. avenaceum*, *F. nivale*, *F. culmorum*, *F. sporotrichioides* și *Myrothecium roridum* în semințele și frunzele de susan.
5. Rezultatele cercetărilor referitoare la efectele dozelor 200-500 Gy asupra variabilității a 6 caractere la soiurile precoce – *Zaltsadovski*, *Adaptivanîi 2* și *Kadet* cu maturitate mediu tardivă, au confirmat prezența în generația de reproducere M₄ a unei cote semnificative de plante mutante cu perioada de vegetație mai scurtă, comparativ cu varianta martor. Analiza contribuției factorilor *genotip*, *radiație* și interacțiunea acestora a stabilit în generația M₄ o influență de 58 % a *genotipului*, 14,9 % a *dozelor de radiație* și 20,7 % a interacțiunii *genotip x radiație* asupra *producției de semințe per plantă*.
6. Studiile privind formele mutante de susan au evidențiat faptul că factorul genetic a avut o contribuție semnificativă în variabilitatea caracterelor studiate cu valori cuprinse între 36,62 % și 91,78 %. Radiația și interacțiunea *genotip x radiație* a prezentat o influență determinantă asupra trăsăturilor precum *înălțimea plantei*, *lungimea internodului*, *numărul de capsule per plantă* și *lungimea capsulei*. Analiza trifactorială a varianței a semnalat că pentru unele caractere factorul principal a constituit generația.
7. Analiza statistică a parametrilor genetici în generațiile M₁-M₄ a evidențiat coeficientul de variație genotipică cu valori apropiate de coeficientul de variație fenotipică, ceea ce a marcat rolul important al genotipurilor iradiate în formarea caracterelor *înălțimea plantei* (VG = 5,84 %; VF = 5,86 %), *lungimea internodului* (VG = 4,06 %; VF = 4,09 %), *numărul de capsule per plantă* (VG = 6,01 %; VF = 6,10 %) și *productivitatea per plantă* (VG = 5,25 %; VF = 5,38 %). Valorile înalte ale coeficientului de heritabilitate în sens larg (0,90 ... 0,99), asociate cu valorile semnificative ale avantajului genetic (8,36 ... 12,38%) denotă implicarea factorilor aditivi în formarea acestor caractere, sugerând că selecția fenotipică directă poate fi metodă eficientă pentru evidențierea genotipurilor valoroase de susan.

Recomandări practice:

1. Pentru cultivarea speciei de susan în Republica Moldova prezintă interes practic soiurile cu perioada de la răsărit până la maturitatea tehnică, încadrate calendaristic până la finele lunii septembrie, cu o producție stabilă de semințe, precum cultivarele *L₁*, *k-1555*, *VNIIMC-889*, *L₂*, *Margo*, *Serebristii*, *Zalt Sadovzri*, *Oro Shot*, *Liano*, *Dulce* și formele mutante provenite de la soiul *Kadet* iradiat cu dozele de 300 și 500 Gy.
2. Sursele de germoplasmă precoce - *L₁*, *Donskoi Belosemianii*, *Cumhuriyet 99*, mediu precoce - *Kubanets 55*, mediu tardive - *Manjurski ulucişennii*, *Iubileinii*, *Zalt Sadovzri* și tardive *Liano*, *k-1257*, sunt recomandate pentru includerea în programele de ameliorare ca donatori de gene favorabile la precocitate și producție.
3. În scopul creșterii eficienței procesului ameliorativ al culturii de susan, se recomandă utilizarea formelor mutante, obținute din genotipul *Kadet*, care se caracterizează printr-o perioadă de vegetație redusă semnificativ și heritabilitate înaltă a caracterelor cantitative.
4. Metoda moleculară bazată pe tehnica PCR se propune pentru diagnosticarea eficientă a patogenilor fungici în materialul semincer de susan în scopul eliminării partidelor de semințe contaminate.

În urma cercetărilor efectuate, se sugerează ca investigațiile să avanseze în următoarele direcții:

1. Continuarea studiilor pentru a identifica noi genotipuri de susan cu trăsături superioare, precum productivitatea crescută și rezistența la factorii de stres abiotic și biotic.
2. Extinderea investigațiilor asupra genotipurilor de susan care pot rezista la temperaturi scăzute, secetă și patogeni specifici, pentru a sprijini dezvoltarea unor soiuri mai rezistente la schimbările climatice.
3. Continuarea studiilor privind diversificarea surselor de gene utile prin mutageneză pentru reducerea perioadei de vegetație și stabilizarea trăsăturilor dorite, cum ar fi rezistența la stresuri și îmbunătățirea randamentului.
4. Se recomandă aprofundarea studiilor genetico-moleculare, aplicând tehnologii de analiza ADN și markerilor genetici pentru a optimiza selecția genotipurilor și a înțelege mai bine factorii care influențează performanțele culturii de susan.
5. Este necesar să se creeze un sistem robust pentru evaluarea performanței genotipurilor în condiții variabile de mediu, pentru a sprijini selecția și cultivarea în mod sustenabil.

BIBLIOGRAFIE

1. ABDOU, R. I. Y. et. al. Variability study in sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars based on agro-morphological characters. In: *International Journal of Agriculture and Fisheries*. 2015, vol. 3, nr. 6, pp. 237–242. ISSN: 2381-4373.
2. AKHILA, H., BEEVY, S. Quantification of seed oil and evaluation of antioxidant properties in the wild and cultivated species of *Sesamum* L. (*Pedaliaceae*), In: *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 2015, vol. 7, nr. 9, pp. 136-142. ISSN- 0975-1491.
3. AKPERTEY, A. et. al. Genetic variability for vigor and yield of robusta coffee (*Coffea canephora*) clones in Ghana. In: *Heliyon*. 2022, vol. 8, nr. 8, pp. 1-10. DOI:10.1016/j.Heliyon. 2022.e10192.
4. ALIPOOR, Z., MAHMODI, S. Effect of different temperature on germination properties of fennel (*Foeniculum vulgare*), cannabis (*Cannabis sativa*) and sesame (*Sesamum indicum* L.). In: *Iranian Journal of Seed Research*. 2015, vol. 2, nr. 1, pp. 37-52. ISSN 2383-1251.
5. AL-KHAYRI, J. M., JAIN, S. M., JOHNSON, D. V. Advances in plant breeding strategies: Industrial and food crops. In: *Springer*. 2019, Ed. 1, pp. 123-145. DOI:10.1007/978-3-030-23265-8.
6. ALSOHAILI, S. A., BANI-HASAN, B. M. Morphological and molecular identification of fungi isolated from different environmental sources in the northern eastern desert of Jordan. In: *Jordan Journal of Biological Sciences*. 2018, vol. 11, nr. 3, pp. 329-337. ISSN 1995-6673.
7. ALY, A. et al. Effect of addition sesame seeds powder with different ratio on micro structural and some properties of low fat Labneh. In: *Arabian Journal of Chemistry*. 2020, vol. 13, nr. 10, pp. 7572-7582. DOI:10.1016/j.arabjc.2020.08.032.
8. ANYANGA, O. W. et. al. Towards the selection of superior sesame lines based on genetic and phenotypic characterisation for Uganda. In: *Journal of Agricultural Science*. 2017, vol. 9, nr. 9, pp. 13-35. ISSN 1916-9752.
9. ARA, A. et. al. Histopathological studies of sesame (*Sesamum indicum*) seedlings infected with *Fusarium oxysporum*. In: *Plant Pathology & Quarantine*. 2017, vol. 7, nr. 1, pp. 82–90. ISSN 2229-2217.
10. ARIHARASUTHARSAN, G. et. al. Isolation of high yielding early mutants of sesame (*Sesamum indicum* L.) based on the relationship between traits governing yield and earliness. In: *Journal of Current Crop Science and Technology*. 2022, vol. 109, pp. 5-11. DOI.org/10.29321/MAJ.10.000626.

11. ARISTYA, V. E., TARYONO & WULANDARI, R. A. Yield components of some sesame mutant populations induced by gamma irradiation. In: *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*. 2018, vol. 10, nr. 2, pp. 55–62. ISSN: 2085-6717.
12. ARUN, A. T., SINGH, M. Management of alternaria leaf spot of sesame (*Sesamum indicum* L.) in in vitro using different biocontrol agents. In: *Biological Forum – An International Journal*. 2023, vol. 15, nr. 11, pp. 59-62. ISSN: 0975-1130.
13. ATAYEE, A. R., NOORI, M. S. Alleviation of cold stress in vegetable crops. In: *Journal of Scientific Agriculture*. 2020, vol. 4, pp. 38-44. ISSN: 2184-0261.
14. AYE, M., KHAING, T. T., HOM, N. H. Morphological characterization and genetic divergence in Myanmar sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm. In: *International Journal of Current Advanced Research*. 2018, vol. 6, nr. 4, pp. 297–307. ISSN: 2320-5407.
15. BAATH, G. S. et al. Guar responses to temperature: Estimation of cardinal temperatures and photosynthetic parameters. In: *Industrial Crops and Products*. 2020, vol. 145, pp. 1-38. ISSN: 0926-6690.
16. BAATOUT, S. Radiobiology textbook. Institute of Nuclear Medical Applications. In: *Springer Nature*, 2023, 667 p. ISBN 978-3-031-18809-1.
17. BAKHSHANDEH, E., GHOLAMHOSSIENI, M. Modelling the effects of water stress and temperature on seed germination of radish and cantaloupe. In *Journal of Plant Growth Regulation*. 2019, vol. 38. nr. 4, pp. 1402–1411. DOI.org/10.1007/s00344-019-09942-9.
18. BALDI, P., LA PORTA, N. Molecular approaches for low-cost point-of-care pathogen detection in agriculture and forestry. In: *Frontiers in Plant Science*. 2020, vol. 11, pp. 1-16. DOI:10.3389/fpls.2020.570862.
19. BARAKI, F. et al. In-situ characterization of wild sesame species for agro-morphological traits in northern Ethiopia. In: *Discover Sustainability*. 2024, vol. 5, nr. 369, pp 1-15. ISSN 2662-9984.
20. BARAKI, F., TSEHAYE, Y., ABAY, F. Assessing inter-relationship of sesame genotypes and their traits using cluster analysis and principal component analysis methods. In: *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 2015, vol. 9, nr. 4, pp. 228-237. ISSN 1819-3595.

21. BARAKI, F. Multivariate analysis for yield and yield-related traits of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. In: *Heliyon*. 2020, vol. 6, nr. 10, pp. 1-8. DOI.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05295.
22. BAREKE, T. Biology of seed development and germination physiology. In: *Advances in Plants and Agricultural Research*. 2018, vol. 8, nr.4, pp. 336–346. ISSN: 2373-6402.
23. BAYE, A. et. al. Genotypic and phenotypic correlation and path coefficient analysis for yield and yield-related traits in advanced bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. In: *Cogent Food & Agriculture*. 2020, vol. 6, nr. 1, pp. 1-17. ISSN: 2331-1932.
24. BEDAWY, I. M., MOHAMED, N. E. Phenotypic and genotypic variability in a set of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. In: *Egyptian Journal of Agronomy*. 2018, vol. 40, nr. 3, pp. 193 – 205. ISSN: 0379-3575.
25. BEDAWY, I. M. A., MOHARAM M. H. A. Performance of some sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes for resistance to wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Sesami*. In: *Journal of Plant Production, Mansoura University*. 2018, vol. 9, nr. 12, pp. 1063 – 1068. DOI: 10.21608/jpp.2018.36627.
26. BEDIGIAN, D. Systematics and evolution in *Sesamum* L. (*Pedaliaceae*), part 1: Evidence regarding the origin of sesame and its closest relatives. In: *Webbia*. 2015, vol. 70, nr. 1, pp. 1-42. ISSN: 0083-7792.
27. BEGNA, T. Role and economic importance of crop genetic diversity in food security. In: *Journal of Agricultural Science and Food Technology*. 2021, vol. 7, pp. 164–169. ISSN: 2455-815X.
28. BEGNA, T. Role of plant genetic diversity conservation and utilization. In: *International Journal of Novel Research in Life Sciences*. 2022, vol. 9, nr. 1, pp.1-11. ISSN 2394-966X.
29. BEGUM, T., DASGUPTA, T. A comparison of the effects of physical and chemical mutagens in sesame (*Sesamum indicum* L.). In: *Genetics and Molecular Biology*. 2010, vol. 33, nr. 4, pp. 761-766. DOI: 10.1590/S1415-47572010005000090.
30. BELOUSOVA, G., **MOGÎLDA, A.** Molecular identification of *Fusarium* spp. pathogens in sesame seeds. In: *Advanced Biotechnologies – Achievements and Prospects*. Ed.6. 2022, pp. 10-11. ISBN 978-9975-159-81-4.
31. BHARATH, R. A. et. al. Induced Mutagenesis using gamma rays: biological features and applications in crop improvement. In: *OBM Genetics*. 2024, vol. 8, nr. 2, pp. 1-15. ISSN 2577-5790.

32. BHARDWAJ, A. R. et al. Global insights into high temperature and drought stress regulated genes by RNA-Seq in economically important oilseed crop *Brassica juncea*. In: *BMC Plant Biology*. 2015, vol. 15, nr. 9, pp. 1-15. ISSN: 1471-2229.
33. BHATT, A. et. al. Germination of *Cenchrus ciliaris*, *Pennisetum divisum*, and *Panicum turgidum* are seasonally dependent. In: *Botany*. 2020, vol. 98, nr. 8. pp. 449–458. ISBN: 1916-2790.
34. BHATT, A. et al. Germination asynchrony is increased by dual seed bank presence in two desert perennial halophytes. In: *Botany*, 2019, vol. 97, pp. 639–649. ISSN:1916-2790.
35. BHOGIREDDY, S. et al. Genome-wide transcriptome and physiological analyses provide new insights into peanut drought response mechanisms. In: *Scientific Reports*. 2020, vol. 10, pp. 1-16. ISSN 2045-2322.
36. BISWAS, S. et. al. Til (*Sesamum indicum* L.) - An underexploited but promising oilseed with multifarious applications: A Review. In: *International Journal of Bioresource Science Citation*. 2018, vol. 5, nr. 2, pp. 127-139. DOI: 10.30954/2347-9655.02.2018.8.
37. BOUREIMA, S. et. al. Screening for sources of tolerance to drought in sesame induced mutants: Assessment of indirect selection criteria for seed yield. In: *International Journal of Pure and Applied Biosciences*. 2016, vol. 4, nr. 1, pp. 45–60. ISSN: 2320 – 7051.
38. BOUREIMA, S. et. al. Sensitivity of seed germination and seedling radicle growth to drought stress in sesame (*Sesamum indicum* L). In: *Research Journal of Environmental Sciences*. 2011, vol. 5, nr. 6, pp. 557-564. ISSN1819-3412.
39. BOUREIMA, S., YAOU, A. Genotype by yield trait combination biplot approach to evaluate sesame genotypes on multiple traits basis", In: *Turkish Journal of Field Crops*. 2019, vol. 24, nr. 2, pp. 237-244. DOI:10.17557/tjfc.655165.
40. BOUSBA, R. et. al. Effects of osmotic stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000 and mannitol on seed germination and seedling growth of durum wheat. In: *Journal of Bio Resource Management*. 2021, vol. 8, nr. 3, pp. 57-66. DOI:10.35691/JBM.1202.0195.
41. BREIMA SAAEED DEHIASH, A. E., SHARIEF, T. M. White and black sesame seed oil and their natural active compounds presenting antifungal properties. In: *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2022, vol. 11, nr. 2, pp. 361-369. ISSN: 2319-7706.
42. BUHLER, T. et. al. Genetic variability of oil content in sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. In: *Field Crops Research*. 2017, vol. 204, nr. 1, pp. 10-15. ISSN: 0378-4290.

43. CAGIRGAN, I. Selection and morphological characterization of induced determinate mutants in sesame. In: *Field Crops Research*. 2006, vol. 96, nr. 1, pp. 19-24. DOI:10.1016/j.fcr.2005.06.010.
44. CELIK, O., ATAK C. Applications of ionizing radiation in mutation breeding. In: *Intech Open*. 2017, pp. 111-132. ISBN 978-953-51-3161-8.
45. CHANDRIKA, S., PANDE, A. K., NABERIA, S. Socio-economic, psychological and communicational attributes of the sesame growers of Jabalpur district of M.P. In: *International Journal of Agriculture Sciences*. 2016, vol. 8, nr. 50, pp.-2173-2174. ISSN: 0975-3710.
46. CHAUHAN, A., BHATT, M., LOHANI, P. The enormous world of diverse molecular markers. In: *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2021, vol. 10, nr. 4, pp. 757-772. ISSN: 2319-7706.
47. CHEN, W. et. al. Identification and comparative analysis of differential gene expression in soybean leaf tissue under drought and flooding stress revealed by RNA-Seq. In: *Frontiers in Plant Science*. 2016, vol. 7, nr. 244, pp. 1-19. DOI: 10.3389/fpls.2016.01044.
48. CHISNICEAN, L, ZHELEZNYAK, T., VORNIKU, Z. The selection and evaluation of promising forms of *Sesamum indicum* L. In: *Symposium of Agriculture and Food engineering*. 2022, vol. 65, nr. 2, pp. 44-45. ISSN 1454-7414.
49. CHOWDHURY, S., BASU, A., KUNDU, S. Overexpression of a new osmotin-like protein gene (Sind OLP) confers tolerance against biotic and abiotic stresses in sesame. In: *Frontiers in Plant Science*. 2017, vol. 8, nr. 410, pp. 1-16. DOI: 10.3389/fpls.2017.00410.
50. CHUNG M. Y. et. al. Neutral and adaptive genetic diversity in plants: An overview. In: *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2023, vol. 11, nr. 14, pp. 1-14. ISSN2296-701X.
51. CIMINO, C. et. al. Essential oils: Pharmaceutical applications and encapsulation strategies into lipid-based delivery systems. In: *Pharmaceutics*. 2021, vol. 13, nr. 3, pp. 1-35. DOI:10.3390/pharmaceutics13030327.
52. DALIBALTA, S., MAJDALAWIEH, A. F., MANJIKIAN, H. Health benefits of sesamin on cardiovascular disease and its associated risk factors. In: *Saudi Pharmaceutical Journal*. 2020, vol. 28, nr. 10, pp. 1276-1289. DOI: 10.1016/j.jsps.2020.08.018.
53. DANUSEVIČIUS, D. et al. Stronger genetic differentiation among within-population genetic groups than among populations in Scots pine provides new insights into within-

- population genetic structuring. In: *Scientific Reports*. 2024, vol. 14, pp. 1-13. DOI:10.1038/s41598-024-52769-y.
54. DAS, P. et. al. A comprehensive review on genomic resources in medicinally and industrially important major spices for future breeding programs: Status, utility and challenges. In: *Current Research in Food Science*. 2023, vol. 7, pp. 1-15. DOI: 10.1016/j.crfs.2023.100579.
 55. DE RON, A. M. et. al. Seedling emergence and phenotypic response of common bean germplasm to different temperatures under controlled conditions and in open field. In: *Frontiers in Plant Science*. 2016, vol. 7, pp. 1-12. DOI: 10.3389/fpls.2016.01087.
 56. DESCHEPPER, P. et. al. Analysis of spatial genetic variation reveals genetic divergence among populations of *Primula veris* associated to contrasting habitats. In: *Scientific Reports*. 2017, vol. 7, nr. 1, pp. 1-12. ISSN: 2045-2322.
 57. DIASD, A. S. et. al. Emergence, growth and production of sesame under salt stress and proportions of nitrate and ammonium. In: *Revista Caatinga*. 2017, vol. 30, nr. 2, pp. 458 – 467. ISSN 0100-316X.
 58. DING, Y. et. al. Spatial and temporal effects of drought on Chinese vegetation under different coverage levels. In: *Science of The Total Environment*. 2020, vol. 716, pp. 137-166. DOI: 10.3390/atmos13111743.
 59. DIVYA, K. et. al. Assessment of genetic variability, heritability and genetic gain in advanced mutant breeding lines of sesame (*Sesamum indicum* L.). In: *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018, vol. 7, nr. 6, pp. 1565–1574. ISSN: 2319-7692.
 60. DOSSA, K. et al. Analysis of genetic diversity and population structure of sesame accessions from Africa and Asia as major centers of its cultivation. In: *Genes*. 2016, vol. 7, nr. 4, pp. 1-13. DOI: 10.3390/genes7040014.
 61. DOSSA, K. et. al. Enhancing sesame production in west Africa's Sahel: A comprehensive insight into the cultivation of this untapped crop in Senegal and Mali. In: *Agriculture & Food Security*. 2017, vol. 6, nr. 68, pp. 1-15. ISSN: 2048-7010.
 62. DOSSA, K. et al. The emerging oilseed crop *sesamum indicum* enters the “Omics” Era. In: *Frontiers in Plant Science*. 2017, vol. 8, pp. 1-16. DOI: 10.3389/fpls.2017.01154.
 63. DOSSA, K. et al. The genetic basis of drought tolerance in the high oil crop *Sesamum indicum*. In: *Plant Biotechnology Journal*. 2019, vol. 17, nr. 9, pp. 1788–1803. DOI:10.1111/pbi.13100.
 64. DOSSA, K., DIOUF, D., CISSÉ, N. Genome-wide investigation of Hsf genes in sesame reveals their segmental duplication expansion and their active role in drought stress

- response. In: *Frontiers in Plant Science*. 2016, vol. 7, nr. 190, pp. 1-16. DOI: 10.3389/fpls.2016.01522.
65. DRAGOV, R., UHR, Z., DIMITROV, E. Genetic variability, heritability and genetic advance for important quantitative traits of durum wheat: Part I. In: *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2022, vol. 28, nr. 4, pp. 691–698.
 66. DUAN, H. et. al. Effects of drought on growth and development of wheat seedlings. In: *International Journal of Agriculture & Biology*. 2017, vol. 19, nr. 5, pp. 1119-1124. ISSN: 1560–8530.
 67. DUAN, Y. et al. Identification of pathogenicity groups and pathogenic molecular characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. sesami in China. In: *Phytopathology*. 2020, vol. 110, nr. 5, pp. 1093-1104. DOI: 10.1094/PHYTO-09-19-0366-R.
 68. DULLOO, M. E. Plant genetic resources: A review of current research and future needs, In: *Burleigh Dodds Science Publishing*. 2021, p. 352. ISBN: 978 1 78676 451 5.
 69. DUTTA, P., BORUA, P. K. Morphological traits as selection indices in rice: A statistical view. In: *Universal Journal of Agricultural Research*. 2013, vol. 1, nr. 3, pp. 85-96.
 70. EL HARFI, M. et. al. Effect of drought and salt stresses on germination and early seedling growth of different color-seeds of sesame (*Sesamum indicum*). In: *International Journal of Agriculture and Biology*. 2016, vol. 18, nr. 6, pp. 1089-1094. ISSN: 1560 – 8530.
 71. EL HARFI, M. et. al. Proximate composition and fatty acid composition, phytochemical content of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds landrace from Morocco. In: *Advances in Crop Science and Technology*. 2019, vol. 7, nr. 3, pp.1-8. ISSN: 2329-8863.
 72. FALCONER, D. S. Introduction to quantitative genetics (3rd Ed). Longman Scientific and Technical. Burnt Mill, Harlow, Essex, England. 1989, p. 438. ISBN 0470211628.
 73. FALLAHI, H. R. et. al. Determination of germination cardinal temperatures in two basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars using non-linear regression models. In: *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2015, vol. 2, nr. 4, pp.140-145. ISSN: 2214-7861.
 74. FLOREA, A., PUIA, C. Alternaria genus and the diseases caused to agricultural and horticultural plants. In: *Bulletin UASVM*. 2020, vol. 77, nr. 2, pp. 53-63. ISSN 1843-5246.
 75. FRARY, A. et. al. Morphological and molecular diversity in Turkish sesame germplasm and selection of a core set for inclusion in the national collection. In: *Crop Science*. 2014, vol. 55, nr. 2, pp. 702–711. ISSN: 0011-183X.

76. GADRI, Y., WILLIAMS, L. E., PELEG, Z. Tradeoffs between yield components promote crop stability in sesame. In: *Plant Science*. 2020, vol. 295, pp. 105-110. ISSN: 0168-9452.
77. GHARBY, S. et. al. Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. In: *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2017, vol. 16, nr. 2, pp. 105-111. ISSN: 1658-077X.
78. GIDEY, Y. T., KEBEDE, S. A., GASHAWBEZA, G. T. Assessment of genetic variability, genetic advance, correlation and path analysis for morphological traits in sesame genotypes. In: *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 2013, vol. 7, nr. 1, pp. 21-34. ISSN: 1819-3595.
79. GORMLEY, I. C., BEDIGIAN, D., OLMSTEAD, R. G. Phylogeny of Pedaliaceae and Martyniaceae and the placement of *Trapella* in Plantaginaceae s. l. In: *Systematic Botany*. 2015, vol. 40, nr. 1, pp. 259–268. DOI 10.1600/036364415X686558.
80. GOYAL, S. et. al. Phenotypic diversity in mutagenized population of urdbean (*Vigna mungo* (L.) Hepper). In: *Heliyon*, 2021, vol. 7, nr. 5, pp. 1-8. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.
81. GRIVIELLO-FLORES, M. de la L. et. al. Use of gamma radiation for the genetic improvement of underutilized plant varieties. In: *Plants*. 2022, vol. 11, nr. 9, pp. 1-19. DOI: 10.3390/plants11091161.
82. GRZESIAK, S. et al. Variation among wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in response to the drought stress: I–Selection approaches. In: *Journal of Plant Interactions*. 2019, vol. 14, nr. 1, pp. 30–44. ISSN: 1742-9145.
83. GUO, Y. et al. Genetic effects and genotype × environment interactions govern seed oil content in *Brassica napus* L. In: *BMC Genetics*, 2017, vol. 18, nr. 1, pp. 1-11. DOI.org/10.1186/s12863-016-0468-0
84. GUZMÁN, M. G. et. al. New approaches to improve crop tolerance to biotic and abiotic stresses. In: *Physiologia Plantarum*. 2022, vol. 174, nr. 1, pp. 1-18, ISSN: 0031-9317.
85. GYAMFI, R. A., PREMPEH, R., ZAKARIA, I. Diversity assessment of some sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes cultivated in northern Ghana using morphological and simple sequence repeat (SSR) markers. In: *Advances in Agriculture*. 2019, vol. 3, pp. 1-10. DOI: 10.1155/2019/6067891.
86. HAMMER, K., TEKLU, Y. Plant genetic resources: Selected issues from genetic erosion to genetic engineering. In: *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*. 2008, vol. 109, pp. 15–50. p. ISSN:1612-9830.

87. HARFI, M. E. et. al. Genetic diversity assessment of Moroccan sesame (*Sesamum indicum* L.) populations using agro-morphological traits. In: *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2018, vol. 8, nr.5, pp. 296–305. ISSN: 1680-7073.
88. HASSAN, M. A. Studies on Egyptian sesame seeds (*Sesamum indicum* L) and its products. 2. Effect of roasting conditions on peroxide value, free acidity, iodine value and antioxidant activity of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.). In: *World Journal of Dairy & Food Sciences*. 2013, vol. 8, nr. 1, pp. 11-17. ISSN 1817-308X.
89. HASAN, M., ABDULLAH H. M. Plant genetic resources and indigenous knowledge: Emerging needs for conservation. In: *Plant Genetic Resources and Traditional Knowledge for Food Security*, edited by Springer. 2015, pp. 105-120. ISBN 9789811000584.
90. HASAN N. et. al. Recent advancements in molecular marker-assisted selection and applications in plant breeding programmes. In: *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2021, vol. 19, nr. 1, pp. 1-26. DOI: 10.1186/s43141-021-00231-1.
91. HATFIELDN, J. L., PRUEGER, J. H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. In: *Weather and Climate Extremes*. 2015, vol. 10, pp. 4-10. DOI: org/10.1016/j.wace.2015.08.001.
92. HERNÁNDEZ-MUÑOZ, S. et. al. Mutagenesis in the improvement of ornamental plants. In: *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 2019, vol. 25, nr. 3, pp. 151-167. ISSN 1027-152X.
93. HIKA, G., GELETA, N., JALETA, Z. Genetic variability, heritability and genetic advance for the phenotypic traits in sesame (*Sesamum indicum* L.) populations from Ethiopia. In: *Science, Technology and Arts Research Journal*. 2015, vol. 4, nr.1, pp. 20–26. ISSN: 2226-7522.
94. HSU, E., PARTHASARATHY, S. Anti-inflammatory and antioxidant effects of sesame oil on atherosclerosis: A descriptive literature review. In: *Cureus*. 2017, vol. 9, nr. 7, pp. 1-16. DOI: 10.7759/cureus.1438.
95. HSU, N. C. et al. Enhanced deep blue aerosol retrieval algorithm: The second generation. In: *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2013, vol. 118, nr. 16, pp. 9296-9315. DOI:10.1002/jgrd.50712, 2013.
96. IPGRI, and NBPGR. Descriptors for Sesame (*Sesamum* spp.). 2004, 63 p. ISBN 92-9043-632-8.
97. IQBAL, A. et. al. Genetic estimates and diversity study in Sesame (*Sesamum indicum* L.). In: *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*. 2016, vol. 9, nr. 8, pp. 01-05. ISSN: 2319-2372.

98. IQUEBAL, M. A. et. al. Centenary of soil and air borne wheat Karnal bunt disease research: A review. In: *Biology (Basel)*. 2021, vol. 10, nr. 11, pp. 1-19. DOI: 10.3390/biology10111152.
99. IRSHAD, Z. Nutritional profiling and sensory attributes of sesame seed-enriched bars. In: *International journal of food properties*. 2023, vol. 26, nr. 2, pp 2978–2994. ISSN: 1094-2912.
100. JANDONG, E. A., UGURU, M. I., OKECHUKWU, E. C. Estimates of genetic variability, heritability, and genetic advance for agronomic and yield traits in soybean (*Glycine max L.*). In: *African Journal of Biotechnology*. 2020, vol. 19, nr. 4, pp. 201-206. ISSN 1684-5315.
101. JAYAPRADHA, C., RAJA, I. Y. A review of eco-friendly management of *Alternaria* species. In: *Indian Journal of Hill Farming*. 2016, vol. 29, nr. 2, pp. 106-119. ISSN: 0970-6429.
102. JUURAKKO, C, L. et. al. Cold acclimation and prospects for cold-resilient crops. In: *Plant Stress Journal*. 2021, vol. 2, nr. 1, pp. 1-21. ISSN 2667-064X.
103. JYOTHSNA, V. et. al. Morphological and cultural characterization of isolates of *Alternaria sesami* causing sesame leaf blight. In: *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018, vol. 7, nr. 11, pp. 1937-1946. ISSN: 2319-7692.
104. KAMKAR, B. et. al. Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum L.*) seeds to germinate using non-linear regression models. In: *Industrial Crops and Products*. 2012, vol. 35, nr. 1, pp. 192-198. ISSN: 0926-6690.
105. KAPOOR, S. et. al. Sesame (*Sesamum indicum L.*). In: *Methods in Molecular Biology*. 2015, pp. 37-45. DOI: 10.1007/978-1-4939-1658-0_4.
106. KARYAWATI, A. S., SARI, G. N., WALUYO, B. Genetic variability, heritability, and genetic progress of several quantitative characters of F₃ soybean lines resulting from crosses. In: *Journal of Agro*. 2019, vol. 6, nr. 2, pp. 134-143. ISSN: 2407-7933.
107. KEHIE, T. et. al. Variability, correlation and path analysis studies in sesame (*Sesamum indicum L.*) genotypes under foothill condition of Nagaland. In: *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020, vol. 9, nr. 5, pp. 2917-2926. ISSN: 2319-7692.
108. KHAYAMBASHI, S., ASADI-GHARNEH, H. A. Evaluation of morphological and fatty acid composition of different sesame cultivars. In: *Journal of Medicinal Plants and By-products*. 2020, vol 1, pp. 87-96. ISSN: 2322-1399.

109. KIRTIL, E., OZTOP, M. H. Nuclear magnetic resonance relaxometry and magnetic resonance imaging and applications in food science and processing. In: *Food Engineering. Reviews*. 2015, vol. 8, nr. 1, pp. 1-22, DOI: 10.1007/s12393-015-9118-y.
110. KOIRALA, P. S., NEFF, M. M. Improving seed size, seed weight and seedling emergence in *Camelina sativa* by over expressing the Atsob3-6 gene variant. In: *Transgenic Research*. 2020, vol. 29, nr. 4, pp. 409–418. DOI:10.1007/s11248-020-00208-9.
111. KOUIGHAT, M. et. al. Assessment of novel genetic diversity induced by mutagenesis and estimation of genetic parameters in sesame M₄ mutant lines. In: *International Journal of Plant Biology*. 2022, vol. 13, nr. 4, pp. 644–662. ISSN: 2037-0164.
112. KOUIGHAT, M. et. al. First report of sesame mutants tolerant to severe drought stress during germination and early seedling growth stages. In: *Plants*. 2021, vol. 10, nr. 6, pp. 1-15. DOI: 10.3390/plants10061166.
113. KUMAR, C. P., SHIVAGANESHINDIRAJITH, C. K. and THIRUGNANAKUMAR, S. Studies on induced micro-mutations in sesame (*Sesamum indicum* L.). In: *Plant Archives*. 2019, vol. 19, nr. 1, pp. 131-134. ISSN: 2581-6063.
114. KUMARI, V. V. et. al. Plant nutrition: an effective way to alleviate abiotic stress in agricultural crops. In: *International Journal of Molecular Sciences*. 2022, vol. 23, nr. 15, pp. 1-30. Doi:10.3390/ijms23158519.
115. LAKSHMI PRAVALLIKA, P. et al. Efficacy of fungicides, biocontrol agents and botanicals against alternaria leaf blight (*Alternaria sesami*) in sesame crop. In: *Journal of Research ANGRAU*. 2023, vol. 51, nr. 3, pp. 36-44. DOI: 10.58537/jorangrau.2023.51.3.05.
116. LEON, N. et. al. Introduction to a special issue on genotype by environment interaction. In: *Crop Science*. 2016, vol. 56, nr. 5, pp. 2081–2089. DOI.org/10.2135/cropsci2016.07.0002in.
117. LI, M. W. et. al. Construction of SNP genetic maps based on targeted next-generation sequencing and QTL mapping of vital agronomic traits in faba bean (*Vicia faba* L.). In: *Journal of Integrative Agriculture*. 2023, vol. 22, nr. 9, pp. 2648-2659. DOI: 10.1016/j.jia.2023.01.003.
118. LI, D. et. al. GWAS uncovers differential genetic bases for drought and salt tolerances in sesame at the germination stage. In: *Journal Genes*. 2018, vol. 9, nr. 2, p. 1-19. Doi: 10.3390/genes9020087.

119. LI, X. et al. Application of NMR relaxometry to study oil content and distribution in sesame seeds. In: *Journal of Food Science and Technology*, 2020, vol. 57, nr. 7, pp. 2767–2773. DOI.org/10.1007/s11483-020-03037-7
120. LIANG, C. et al. Identification of differentially expressed genes in sunflower (*H. annuus*) leaves and roots under drought stress by RNA. In: *Botanical Studies*. 2017, vol. 58, nr. 42, pp. 1-11. DOI: 10.1186/s40529-017-0197-3.
121. LUKURUGU, G. A. et. al. Sesame production constraints, variety traits preference in the southeastern Tanzania: Implication for genetic improvement. In: *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023, vol. 14, pp. 1-13. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100665
122. LUPASCU, G., et. al. Genetic control of resistance and productivity characteristics of the common wheat. Chisinau: Tipografia ASM. 2015, 174 p.
123. LUPAȘCU, G., **MOGÎLDA**, A., GANEA, A. Variability of *Sesamum indicum* L. germplasm in the reaction to alternaria alternata fungus. In: *Romanian Journal of Biology-Plant Biology*. 2019, vol. 64, nr. 1–2, pp. 1-12. ISSN 1843-3782.
124. MAHANTESH, S. et. al. Identification of drought tolerant genotypes based on physiological, biomass and yield response in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). In: *Indian Journal of Agricultural Research*. 2018, vol. 52, nr. 3, pp. 221-227. ISSN: 0367-8245.
125. MAHDY, R. E. et. al Improving sesame (*Sesamum indicum* L.) seed yield through selection under infection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *sesami*. In: *Plants*. 2022, vol. 11, nr. 12, pp. 1-15. DOI: 10.3390/plants11121538.
126. MAIA, R., CAMPOS, A. M. Genetic variation. In: *Intech Open*. 2021, 296 p. ISBN 978-1-83881-101-3.
127. MAIBAM, U., MACWANA, S., DOLOI, N. Induced mutagenesis in sesame (*Sesamum indicum* L.). In: *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018; vol. 7, nr. 1, pp. 2321-2325. ISSN: 2349-8234.
128. MANDAL, S. et. al. Vegetation duration and growth pattern in sesame genotypes. In: *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2019, vol. 205, nr. 1, pp. 24-33. ISSN: 1439-037X.
129. MANNING, J. C., MAGEE, A. R. Additional new combinations in *Sesamum* L. (*Pedaliaceae*: *Sesame*). In: *Bothalia*. 2018, vol. 48, nr. 1, pp. 1-2, ISSN: 0006-8241.
130. MARAGHNI, M. et. al. Differential responses to drought stress in leaves and roots of wild jujube, *Ziziphus lotus*. In: *Acta Physiologiae Plantarum*. 2014, vol. 36, nr. 4, pp. 945-953. ISSN: 0137-5881.

131. MEHER, B. R. et. al. Effect of PEG-6000 imposed drought stress on RNA content, relative water content (RWC), and chlorophyll content in peanut leaves and roots. In: *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2018, vol. 25, nr. 2, pp. 285–289. ISSN 1319-562X.
132. MEI, H. et. al. High-density genetic map construction and gene mapping of basal branching habit and flowers per leaf axil in sesame plant materials and trait investigation. In: *Frontiers in Plant Science*. 2017, vol. 8, pp. 1-10. DOI: 10.3389/fpls.2017.00636.
133. MIHNEA, N., LUPAȘCU, G., ZAMORZAEVA, I. The reaction of tomato genotypes to fungal pathogens under controlled conditions. In: *International Conference Agriculture for Life, Life for Agriculture. Horticulture*. 2017, vol. 1, nr. 9, pp. 277–285. ISSN: 2285-5653.
134. **MOGÎLDA A.** Variabilitatea germoplasmei de *Sesamum indicum* L. după reacția la temperatura suboptimală și valoarea ei agronomică. Genetică, Biologie moleculară și Ameliorare. In: *Buletinul AȘM. Științele vieții*. 2022, vol. 3, nr. 347, pp. 32-40 ISSN 1857-064X.
135. **MOGÎLDA A.** Toleranța genotipurilor de susan (*Sesamum indicum* L.) la stresul hidric în condițiile modelării lui artificiale. In: *Studia Universitatis Moldaviae. (Seria: Științe Reale și ale Naturii)*. 2020, vol. 6, nr. 136, pp. 64-68. ISSN 1814-3237.
136. **MOGÎLDA, A.,** GANEA, A. Aprecieria rezistenței genotipurilor de *Sesamum indicum* L. la *Fusarium oxysporum* prin testarea pe filtratul de cultură al patogenului. In: *Life sciences in the dialogue of generations: connections between universities, academia and business community*. 2019, Ed. 1, pp. 151-152. ISBN 978-9975-108-83-6.
137. **MOGÎLDA, A.,** GANEA, A. Evaluarea comparativă a unor parametri ai productivității în generațiile M₂ – M₄ la susan (*Sesamum indicum* L.). In: *Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective*. 2023, vol. 7, pp. 101-104. ISBN 978-9975-81-128-6.
138. **MOGÎLDA, A.,** LUPAȘCU G. Evaluarea rezistenței genotipurilor de *Sesamum indicum* L. la *Fusarium solani* prin testarea pe filtrat de cultură al patogenului. In: *Studia Universitatis Moldaviae. (Seria: Științe Reale și ale Naturii)*. 2022, vol. 1, nr.151, pp. 29-34. ISSN 1814-3237.
139. MOHANTY, T. A. et. al. Study of genetic variability, heritability and genetic advance in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. In: *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020, vol. 9, nr. 2, pp. 347-356. ISSN: 2319-7692.

140. MOHSEN, G. et. al. Gamma-rays induced mutations increase soybean oil and protein contents. In: *Peer J*. 2023, vol. 11, nr. 1, pp. 1-24. DOI:10.7717/peerj.16395.
141. MORAH, E. J. A Comparative study of the proximate compositions and oil characterization of sesame (*Sesamum indicum L.*), groundnut (*Arachis hypogaea*) and bambara (*Vigna subterranean*) seeds harvested in Nigeria. In: *World Scientific News*. 2024, vol. 188, pp. 160-185. ISSN 2392-2192.
142. MORRIS, C. E. et. al. Frontiers for research on the ecology of plant-pathogenic bacteria: fundamentals for sustainability. In: *Molecular Plant Pathology*. 2017, vol. 18, nr. 2, pp. 308–319. ISSN: 1464-6722.
143. MUHAMMAD, M. L. et. al. Preliminary studies on effects of gamma ray on seed retention indices of three Nigerian sesame (*Sesamum indicum L.*) varieties. In: *Journal of Plant Development*. 2017, vol. 24, pp. 67-72.
144. MUHAMMAD, M. L. et. al. Spectrum and frequency of mutations induced by gamma radiations in three varieties of Nigerian sesame (*Sesamum indicum L.*). In: *Notulae Scientia Biologicae*. 2018, vol. 10, nr. 1, pp. 87-91. ISSN 2067-3205.
145. MULUNEH, M. G. Impact of climate change on biodiversity and food security: a – global perspective—a review article. In: *Agriculture and Food Security*. 2021, vol. 10, nr. 1, pp. 1-25. DOI:10.1186/s40066-021-00318-5.
146. MYINT, D. et. al. Sustainable sesame (*Sesamum indicum L.*) production through improved technology: an overview of production, challenges, and opportunities in Myanmar. In: *Sustainability*. 2020, vol. 12, nr. 9, pp. 1-21. DOI: 10.3390/su12093515.
147. NAJAFABADI, M. Y., EHSANZADEH, P. Photosynthetic and antioxidative upregulation in drought-stressed sesame (*Sesamum indicum L.*) subjected to foliar-applied salicylic acid. In: *Photosynthetica*. 2017, vol. 55, nr. 4, pp. 611-622. DOI: 10.1007/s11099-017-0673-8.
148. NAUMANN, G. et al. Global changes in drought conditions under different levels of warming. In: *Geophysical Research Letters*. 2018. vol. 45, nr. 7, pp. 3285–3296. ISSN: 0094-8276.
149. NAWAZ, M. A review of plants strategies to resist biotic and abiotic environmental stressors. In: *Science of The Total Environment*. 2023, vol. 900, pp. 1-11. ISSN: 0048-9697.
150. NAYAR, N. M., MEHRA, K. L. Sesame: Its uses, botany, cytogenetics, and origin. In: *Economic Botany*, 1970, vol. 24, nr.1, pp. 20-31. ISSN: 0013-0001.

151. NAYYAR, B. G. et. al. The incidence of alternaria species associated with infected *Sesamum indicum* L. seeds from fields of the Punjab, Pakistan. In: *Plant Pathology Journal*. 2017, vol. 33, nr. 6, pp. 543-553. ISSN: 2093-9280.
152. NAYYAR, B. G. et. al. Identification and pathogenicity of fusarium species associated with sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds from the Punjab, Pakistan, In: *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2018, vol. 102, pp. 128-135. DOI: 10.1016/j.pmpp.2018.02.001.
153. NIJABAT, A., et. al. Variation in seed germination and amylase activity of diverse carrot [*Daucus carota* (L.)] germplasm under simulated drought stress. In: *HortScience*. 2023, vol. 58, nr. 2, pp. 205-214. ISSN: 0018-5345.
154. OBOULBIGA, E. B. et. al. Physicochemical, potential nutritional, antioxidant and health properties of sesame seed oil: a review. In: *Frontiers in Nutrition*. 2023, vol. 10, pp. 1-13. DOI:10.3389/fnut.2023.1127926.
155. PANDEY, S. K. et. al. Morphological and genetic diversity assessment of sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions differing in origin. In: *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2015, vol. 21, nr. 4, pp. 519–529. DOI 10.1007/s12298-015-0322-2.
156. PARK, J. H. et al. Development and evaluation of core collection using qualitative and quantitative trait descriptor is sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm. In: *Korean Journal of Crop Science*. 2015, vol. 60, nr. 1, pp. 75-84. ISSN 0252-9777.
157. PATIDAR, M., SHARMA, H., HARITWAL, S. Genetic variability studies in Blackgram (*Vigna mungo* (L.) Hepper). In: *International Journal of Chemical Studies*. 2018, vol. 6, nr. 2, pp. 1501-1503. ISSN: 2349–8528.
158. 157.PATIL, A. B., KAMBLE, S. S. Biocontrol of sesamum blight by using *Trichoderma* Spp. In: *International Journal of Research in BioSciences and Agriculture Technology*. 2017, vol. 5, nr. 3, pp. 1-3. ISSN 2347 – 517X.
159. PATIL, M. K., LOKESHA, R. Estimation of genetic variability, heritability, genetic advance, correlations and path analysis in advanced mutant breeding lines of sesame (*Sesamum indicum* L.). In: *Journal of Pharmacognosy and Natural Products*. 2018, vol. 4, nr. 1, pp. 257-260. ISSN 0974-0775.
160. PESSOA, H. P., et. al. Multi-trait selection of tomato introgression lines under drought-induced conditions at germination and seedling stages. In: *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2022, vol. 44, nr.1, pp. 1-12. ISSN: 1679-9275.
161. PETROVIC, G. et al. Comparative study of drought and salt stress effects on germination and seedling growth of pea. In: *Genetika*. 2016, vol. 48, nr. 1, pp. 373–381. DOI: 10.2298/GENSR1601373P.

162. PICHA, K., NAVRATIL, J., SVEC, R. Preference to local food vs. Preference to “national” and regional food. In: *Journal of Food Products Marketing*. 2018, vol. 24, pp. 125–145. DOI: 10.1080/10454446.2016.1266549
163. POUPON, V. Genotype x environment interaction and climate sensitivity in growth and wood density of European larch. In: *Forest Ecology and Management*. 2023, vol. 545, nr. 1, pp. 1-9. DOI: 10.1016/j.foreco.2023.121259.
164. PUSHPAVALLI, R. et al. Cross-tolerance for drought, heat and salinity stresses in chickpea (*Cicer arietinum L.*). In: *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2020, vol. 206, nr. 3, pp. 405–419. ISSN: 0931-2250.
165. RACHEL, B. et. al. Detection of seed associated mycoflora of sesame. In: *The Pharma Innovation Journal*. 2022, vol. 11, nr. 10, pp. 1707-1713. ISSN: 2349-8242.
166. RAHMAN, M. Z. Effect of bee pollination on yield of sesame. In: *Ecology Journal*. 2022, vol. 4, nr.1, pp. 1-7. ISSN: 2957-4471.
167. RAJITHA, D. et. el. Genetic divergence analysis of sesame genotypes (*Sesamum indicum L.*). In: *The Bioscan: An International Quarterly Journal of Life Sciences*. 2020, vol. 15, nr. 3, pp. 375-379. ISSN: 0973-7049.
168. RANJITHKUMAR, G., BISEN, R., KUMAR, V. Genetic variability studies for yield and its attributing traits in dark brown sesame (*Sesamum indicum L.*). In: *International Journal of Plant & Soil Science*. 2022, vol. 34, nr. 8, pp. 43-49. ISSN: 2320-7035.
169. RASHEED, A. et. al. Study of genetic variability, heritability, and genetic advance for yield-related traits in tomato (*Solanum lycopersicon MILL.*). In: *Frontiers in Genetics*. 2023, vol. 13, pp. 1-13. DOI:10.3389/fgene.2022.1030309.
170. REDDY, K. R. et al. Morpho-physiological characterization of diverse rice genotypes for seedling stage high- and low-temperature tolerance. In: *Agronomy*. 2021, vol. 11, nr.1, pp. 1-19. ISSN: 2073-4395.
171. RESHMA, M. V. et al. Extraction, separation and characterisation of sesame oil lignan for nutraceutical applications. In: *Food Chemistry*. 2010, vol. 120, nr. 4, pp. 1041-1046. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.11.047.
172. ROY, B., PAL, A. K., BASU, A. K. The estimation of genetic variability and genetic divergence of some advance lines of sesame based on morphological traits. In: *Plant Science Today*. 2022, vol. 9, pp. 281–287. ISSN 2348-1900.
173. SAATKAMP, A. et al. A research agenda for seed-trait functional ecology. In: *New Phytologist*. 2019, vol. 221, pp.1764–1775. ISSN: 0028-646X.
174. SAHA, A. EMS induced polygenic mutation in tilottama cultivar of *Sesamum indicum*. In: *Plant Archives*. 2019, vol. 19, pp. 630–632. ISSN: 0972-5210.

175. SALGOTRA, R. K., CHAUHAN, B. S. Genetic diversity, conservation, and utilization of plant genetic resources. In: *Genes (Basel)*. 2023, vol. 14, nr. 1, pp. 1-20. DOI: 10.3390/genes14010174.
176. SALVAMANI, S., NAWAWI. N. M. Macroscopic and microscopic approaches for identification of fungi from plant soil of Cameron highlands. In: *Bioremediation Science and Technology Research*. 2014, vol. 2, nr. 1, pp.14-18. DOI:10.54987/bstrv2i1.68.
177. SARANG, D. H. et. al. Estimation of heritability and genetic advance in mutant populations of sesame (*Sesamum indicum* L.). In: *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. 2024, vol. 8, nr. 5, pp. 819-823. ISSN: 2617-4693.
178. SATAM, H. et al. Next-generation sequencing technology: current trends and advancements. In: *Biology*. 2023, vol. 12, nr. 7, pp. 1-4. DOI:10.3390/biology12070997.
179. SHAH, W. et al. Effect of exogenous alpha-tocopherol on physio-biochemical attributes and agronomic performance of lentil (*Lens culinaris Medik.*) under drought stress. In: *PLOS ONE*. 2021, vol. 16, nr. 8, pp. 1-20. DOI: 10.1371/journal.pone.0248200.
180. SHARABY, N., BUTOVCHENKO, A. Cultivation technology of sesame seeds and its production in the world and in Egypt. In: *International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry*. 2019, vol. 403, pp. 1-9. DOI:10.1088/1755-1315/403/1/012093.
181. SHARMA, P. Assessment of the genetic diversity and population structure in *Moringa oleifera* accessions using DNA markers and phenotypic descriptors. In: *Plant Gene*. 2024, vol. 39, nr. 12, pp. 1-16. ISSN: 2352-4073.
182. SHASMITHA, R. Health benefits of *sesamum indicum*: a short review. In: *Asian journals of Pharmaceutical and Clinical Research*. 2015, vol. 8, nr. 6, pp. 1-3. ISSN - 0974-2441.
183. SINGH, A., BISEN, R., TIWARI, A. Genetic variability and character association in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. In: *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018, vol. 7, nr. 11, pp. 2407-2415. ISSN: 2319-7692.
184. SINGH, R. K., CHAUDHARY, B. D. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. In: *Kalyani Publishers*, New Delhi, Ludhiana, India. 1985, pp. 54-57.

185. SINGH, V., SHARMA, R., & KUMAR, A. Influence of gamma radiation on the growth and vegetative traits of sesame (*Sesamum indicum* L.). In: *International Journal of Radiation Biology*. 2018, vol. 94, nr. 7, pp. 683-692. ISSN: 0955-3002.
186. SIRISHA, A. B. M., HASEENA BANU, S. K., SARITHA, R. Assessment of genetic variability, heritability in sesame (*Sesamum indicum* L.). In: *International Journal of Chemical Studies*. 2020, vol. 8, nr. 4, pp. 2262-2264. ISSN: 2349–8528.
187. SOLTANI, E. et. al. Problems with using mean germination time to calculate rate of seed germination. In: *Australian Journal of Botany*. 2015, vol. 63, nr. 8, pp. 631-635. DOI: 10.1071/BT15133.
188. SRINIVAS, C. et al. *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity– A review. In: *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2019, vol. 26, nr. 7, pp. 1315-1324. ISSN 1319-562X.
189. SRUBA, S., AMITAVA, P. Gamma irradiation effect on yield and yield attributing traits of sesame (*Sesamum indicum* L.) In M₁ generation. In: *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2017, vol. 6, nr. 5, pp. 1311-1315. ISSN: 2349-8234.
190. STAMATOV, S., VELCHEVA, N., DESHEV, M. Introduced sesame accessions as donors of useful qualities for breeding of introduced sesame accessions as donors of useful qualities for breeding of mechanized harvesting cultivars. In: *Bulgaria Journal of Agricultural Sciences*. 2018, vol. 24, nr. 5, pp. 820–824. ISSN: 1310-0351.
191. STAVRIDOU, E. et. al. Characterization of the genetic diversity present in a diverse sesame landrace collection based on phenotypic traits and EST-SSR markers coupled with an HRM analysis. In: *Plants*. 2021, vol. 10, nr. 4, pp. 1-15. DOI: 10.3390/plants10040656.
192. SWARUP, S. et. al. Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. In: *Crop Science*. 2021, vol. 6, nr. 2, pp. 839–852. ISSN 0011-183X.
193. TABATABAEI, I., et. al. Genetic variation among Iranian sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions vis-à-vis exotic genotypes on the basis of morpho-physiological traits and RAPD markers. In: *Australian Journal of Crop Science*. 2011, vol. 5, pp. 1396–1407. ISSN:1835-2707.
194. TEILEP, WAEL M. A. K., ABD EL-KHALEK, RASHA Y. S., ABD EL-SATAR, M. A. Morphological and molecular variability for some sesame genotypes. In: *Zagazig Journal of Agricultural Research*. 2018, vol. 45, nr. 5, pp. 1571-1580. ISSN: 1110-0338.
195. TEKLU, D. H., KEBEDE, S. A., GEBREMICHAEL, D. E. Assessment of genetic variability, genetic advance, correlation and path analysis for morphological traits in

- sesame genotypes. In: *Asian Journal of Agriculture Research*. 2014, vol. 8, nr. 4, pp. 181-194. DOI:10.3923/ajar.2014.181.194.
196. TEKLU, D. H. et. al. Appraisal of the sesame production opportunities and constraints, and farmer-preferred varieties and traits, in eastern and southwestern Ethiopia. In: *Sustainability*. 2021, vol. 13, nr. 20, pp. 1-17. DOI: 10.3390/su132011202.
 197. TEKLU, D. H., SHIMELIS, H., ABADY, S. Genetic improvement in sesame (*Sesamum indicum* L.): progress and outlook: A Review. In: *Agronomy*. 2022, vol. 12, nr. 9, pp. 1-23. DOI: 10.3390/agronomy12092144.
 198. TEKLU, D. H. et. al. Genetic diversity and association of yield-related traits in sesame. In: *Plant Breeding*. 2021, vol. 140, nr. 2, pp. 331–341. DOI: 10.3390/agronomy12092144.
 199. TEKLU, D. H. et. al. Genetic variability and population structure of Ethiopian sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm assessed through phenotypic traits and simple sequence repeats markers. In: *Plants*. 2021, vol. 10, nr. 6, pp. 1-18. ISSN: 2223-7747.
 200. TEKLU, D. H. et. al. Analyses of genetic diversity and population structure of sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm collections through seed oil and fatty acid compositions and SSR markers. In: *Journal of Food Composition and Analysis*. 2022, vol. 110, pp.1-12. DOI: 10.1016/j.jfca.2022.104545.
 201. THAKUR, A., SINGH, R., SHARMA, M. Effect of gamma radiation on growth, morphological traits, and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). In: *Radiation Research Journal*. 2019, vol. 7, nr. 1, pp. 105-112. ISSN: 2311-3796.
 202. THAKUR, V., PAROHA, S., MISHRA, R. P. Free fatty acid profile of seven sesame varieties (*Sesamum indicum* L.). In: *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018, vol. 7, nr. 7, pp. 3439-3453. ISSN: 2319-7706.
 203. TRIPATHY, S. K. et al. Assessment of genetic variability in sesamum (*Sesamum indicum* L.). In: *Asian Journal of Science and Technology*. 2016, vol. 7, nr. 2, pp. 2482-2485. ISSN: 0976-3376.
 204. TUIITE, J. Plant pathological methods. Burgess Publishing Company, 1969, 239 p.
 205. UNCUCU, A. O. et. al. Genomic simple sequence repeat markers reveal patterns of genetic relatedness and diversity in sesame. In: *Plant Genome*. 2015, vol. 8, nr. 2, pp. 1–12. DOI: 10.3835/plantgenome2014.11.0087.
 206. UTTARDE ROHINI, B. et. al. Induced mutations in sesame (*Sesamum indicum* L.). In: *International Journal of Current Research and Technology*. 2020, vol. 8. nr. 3, pp. 3171-3176. ISSN: 2320-2882.

207. VADEZ, V., RATNAKUMAR, P. High transpiration efficiency increases pod yield under intermittent drought in dry and hot atmospheric conditions but less so under wetter and cooler conditions in groundnut (*A. hypogaea* L.). In: *Field Crops Research*. 2016, vol. 193, pp. 16–23. DOI:10.1016/j.fcr.2016.03.001.
208. VANISHREE, V., PARMESHWARAPPA, S. G. et. al. Morphological characterization of sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm accessions with DUS descriptors. In: *The Pharma Innovation Journal*. 2022, vol. 11, nr. 12, pp. 938-945. ISSN: 2349-8242.
209. VASHISHT, V. et. al. Genomics for emerging pathogen identification and monitoring: Prospects and obstacles. In: *Bio Med Informatics*. 2023, vol. 3, nr. 4, pp. 1145–1177. DOI: 10.3390/biomedinformatics3040069.
210. VAUGHAN, M. M. et. al. The effects of climate change associated abiotic stresses on maize phytochemical defenses. In: *Phytochemistry Reviews*. 2018, vol. 17, nr. 1, pp. 37–49. DOI:10.1007/s11101-017-9508-2.
211. VAVILOV, N. I. Studies on the origin of cultivated plants (in Russian, English summary). In: *Bulletin of Applied Botany*. 1926, vol. 16, pp. 1-248.
212. VIANA, J. S. et. al. Agronomic performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes under phytostimulant application. In: *Biological Sciences Journal Uberlandia*, 2018, vol. 34, nr 4, pp. 848-857. DOI: 10.14393/BJ-v34n1a2018-39373.
213. WACAL, C. Analysis of sesame seed production and export trends; challenges and strategies towards increasing production in Uganda. In: *Agronomy. OCL*. 2021, vol. 28, nr. 4, pp. 1-14. DOI: 10.1051/ocl/2020073.
214. WACAL, C. et. al. Fatty acid composition of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds in relation to yield and soil chemical properties on continuously monocropped upland fields converted from paddy fields. In: *Agronomy*. 2019, vol. 9, nr. 12, pp. 1-19. DOI: 10.3390/agronomy9120801.
215. WACAL, C. et. al. Seed yield, crude protein and mineral nutrient contents of sesame during a two-year continuous cropping on upland field converted from a paddy. In: *Field Crops Research*. 2019, vol. 240, pp. 125–133. DOI:10.1016/j.fcr.2019.06.004.
216. WACAL, C. et. al. Unravelling the potential benefits of sesame (*Sesamum indicum* L.) in cropping systems, nutritional, health, and industrial uses of its seeds – a review. In: *Cogent Food & Agriculture*. 2024, vol. 10, nr. 1, pp. 1-19. DOI:10.1080/23311932.2024.2360766.
217. WAN, Y. et. al. Byproducts of sesame oil extraction: composition, function, and comprehensive utilization. In: *Foods*. 2023, vol. 12, nr. 12, pp. 1-18. DOI: 10.3390/foods12122383.

218. WANG, J. et. al. Ionizing radiation: effective physical agents for economic crop seed priming and the underlying physiological mechanisms. In: *International Journal of Molecular Sciences*. 2022, vol. 23, nr. 23, pp. 1-21. DOI:10.3390/ijms232315212.
219. WANG, L. et al. Updated sesame genome assembly and fine mapping of plant height and seed coat color QTLs using a new high-density genetic map. In: *BMC Genomics*. 2016, vol. 17, pp. 1-13. DOI: 10.3732/ajb.1200081.
220. WARRA, A. A. Sesame (*Sesamum indicum* L.) seed oil methods of extraction and its prospects in cosmetic industry: A review. In: *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 2011, vol. 4, nr. 2, pp. 164 – 168. ISSN 2006 – 6996.
221. WEI, P. et. al. Sesame (*Sesamum indicum* L.): A comprehensive review of nutritional value, phytochemical composition, health benefits, development of food, and industrial applications. In: *Nutrients*. 2022, vol. 14, nr. 19, pp. 1-26. DOI: 10.3390/nu14194079.
222. WEI, X. et al. Genetic discovery for oil production and quality in sesame. In: *Nature Communications*. 2015, vol. 6, pp 1-11. DOI:10.1038/ncomms9609.
223. WEI, X. et. al. Identification of sesame genomic variations from genome comparison of landrace and variety. In: *Frontiers in Plant Science*. 2016, vol. 7, pp. 1-12. ISSN: 1664-462X.
224. WELDEMICHAEL, M. Y, et. al. Improving desirable agronomic traits of M₂ lines on fourteen Ethiopian Sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes using Ethyl Methane Sulphonate (EMS). In: *PLOS ONE*. 2023, vol. 18, nr. 9, pp. 1-14. DOI: 10.1371/journal.pone.0287246.
225. WOLDESENBET, D. T., TESFAYE, K., BEKELE, E. Genetic diversity of sesame germplasm collection (*Sesamum indicum* L.): Implication for conservation, improvement and use. In: *International Journal of Biotechnology and Molecular Biology Research*. 2015, vol. 2, nr. 6, pp. 7–18. ISSN 2141-2154.
226. YADAV, R. et al. Current research trends and prospects for yield and quality improvement in sesame, an important oilseed crop. In: *Frontiers in Plant Science*. 2022, vol. 13, pp. 1-22. DOI: 10.3389/fpls.2022.863521.
227. YADAV, R. et al. Germination and seedling growth in sesame genotypes under different temperatures. In: *Field Crops Research*, 2021, vol. 258, pp. 1-7. ISSN: 0378-4290.
228. YADAV, R. et. al. A Review on overview role of mutation in plant breeding. In: *Reviews in Food and Agriculture (RFNA)*. 2021, vol. 2, nr.1, pp. 39-42 ISSN: 2735-0312.

229. YAN, W. et. al. The mechanism of sesame resistance against *Macrophomina phaseolina* was revealed via a comparison of transcriptomes of resistant and susceptible sesame genotypes. In: *BMC Plant Biology*. 2021, vol. 21, nr. 1, pp.1-21. ISSN 1471-2229.
230. YU, J. et al. Insight into the evolution and functional characteristics of the pan-genome assembly from sesame landraces and modern cultivars. In: *Plant Biotechnology Journal*. 2019, vol. 17, nr. 5, pp. 881–892. DOI:10.1111/pbi.13022.
231. ZAID, A. N. et. al. Impact of sesame oil source: a quality assessment for cosmeceutical and pharmaceutical use. In: *FABAD Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2019, vol. 44, nr. 3, pp. 189-196. ISSN: 1304-2690.
232. ZAKIR, M. Review on genotype x environment interaction in plant breeding and agronomic stability of crops. In: *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2018, vol. 8, nr. 12, pp. 14-21. ISSN 2224-3208.
233. ZEROUAL, A., BAIDANI, A., IDRISSE, O. Drought stress in lentil (*Lens culinaris*, Medik) and approaches for its management. In: *Horticulturae*. 2023, vol. 9, nr. 1, pp.1-25. ISSN 2311-7524.
234. ZHANG, H. et al. Identification of a SiCL1 gene controlling leaf curling and capsule indehiscence in sesame via cross-population association mapping and genomic variants screening. In: *BMC Plant Biology*. 2018, vol. 18, nr. 1, pp. 1-12. ISSN: 1471-2229.
235. ZHANG, H. et al. Ultra-dense SNP genetic map construction and identification of SiDt gene controlling the determinate growth habit in *Sesamum indicum* L. In: *Scientific Reports*. 2016, vol. 6, pp. 1-13. ISSN: 2045-2322.
236. ZHANG, M. J. et. al. *Alternaria alternata*, the causal agent of a new needle blight disease on *Poinus bungeana*. In: *Journal of Fungi (Basel)*. 2023, vol. 9, nr. 1, pp.1-12. ISSN: 2309-608X.
237. ZHANG, X. et. al. QTL-Seq and sequence assembly rapidly mapped the gene BrMYBL2.1 for the purple trait in Brassica rapa. In: *Scientific Reports*, 2020, vol. 10, nr. 1, pp. 1-9. DOI: 10.1038/s41598-020-58916-5.
238. ZUFFO, A. M. et al. How does water and salt stress affect the germination and initial growth of Brazilian soya bean cultivars. In: *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2020, vol. 206, nr. 6, pp. 837–850. DOI:10.1111/jac.12434.
239. БЕЛОУСОВА, Г., **МОГЫЛДА**, А. Молекулярно-генетическое определение патогенных грибов в семенах кунжута *Sesamum indicum* L. In: *Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective*. 2022, vol. 6, pp. 23-26. ISBN 978-9975-3465-5-9.

240. БЕЛОУСОВА, Г., **МОГЫЛДА**, А. Молекулярно-генетическое определение заражения листьев кунжута (*Sesamum indicum* L.) патогенами G. Fusarium. In: *Агрофизический институт: 90 лет на службе земледелия и растениеводства*. Санкт-Петербург, Россия, 2022, с. 482-487, ISBN 978-5- 905200-48-9.
241. БЕЛОУСОВА, Г. Г., ШУБИНА, В. Э. Молекулярно-генетическое определение патогенного заражения семян томата сорта Tomis. In: *Международная научно-практическая конференция: Биологический метод защиты растений: достижения и перспективы*. Одесса, 2018, с. 49-55. ISBN: 978-5-94621-927-3
242. ДОСПЕХОВ, Б. А. Методика полевого опыта. Москва, *Агропромиздат*, 1985. 351 с.
243. КОЖУШКО, Н. И. Оценка засухоустойчивости полевых культур // сб. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство) Л.: *ВАС. ХНИЛ. Ю*, 1988, с. 10-25.
244. **МОГЫЛДА**, А. А. Влияние физических мутагенных факторов на некоторые количественные признаки в поколении M₂ *Sesamum indicum* L. В: *Проблемы изучения растительного покрова Сибири*. 2020, с.78-80. ISBN 978-5-94621-927-3.
245. **МОГЫЛДА**, А., ГАНЯ, А. Оценка генотипов из коллекций кунжута (*Sesamum indicum* L.) по параметрам продуктивности. В: *Вклад агрофизики в решение фундаментальных задач сельскохозяйственной науки*, Санкт-Петербург, Россия, 2020, pp. 196-202. ISBN 978-5-905200-43-4.
246. ПАНОВ, П., ХАРЧУК, О. Модернизированный ямр-релаксометр для изучения состояния воды в растениях и определения содержания масла в семенах. In: *Genetica, Fiziologia și Ameliorarea Plantelor*. Ed. 5, 2014, pp. 144-146. ISBN: 978-9975-56-194-5.
247. <https://www.iaea.org/publications/8930/radiation-protection-and-safety-of-radiation-sources-international-basic-safety-standards> (citat 16.03.2022).
248. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (citat 21.05.2024).
249. <https://www.iaea.org/resources/nucleus-information-resources> (citat 14.05.2023).

ANEXE

Anexa 1. Variabilitatea înălțimii plantelor la genotipurile de susan, cm

Nr. ord.	Genotip	2019	2020	2021	Media
		$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$
Precoce					
1	<i>L₁</i>	103,5±3,8	74,7±1,4	118,7±2,4	99,0±2.8
2	<i>Djerelo</i>	88,7±2,4	67,7±1,1	113,2±2.7	89,9±2.7
3	<i>Zaltsadovski</i>	95,2±1,3	71,5±0,8	109,2±1.8	92,0±2.1
4	<i>Gusar</i>	82,5±1,9	63,7±1,0	126,7±2.1	91.0±3.5
5	<i>Nataşa</i>	89,7±3,8	60,2±0,9	116,5±1.0	88.8±3.2
6	<i>Donskoi belosemianîi</i>	106,7±3,4	63,0±0,8	86,5±2.0	85.4±2.6
7	<i>Cumhuriyet 99</i>	106,5±4,7	74,0±1,0	99,7±2.0	93.4±2.5
8	<i>Adaptovanîi 2</i>	100,5±2,2	74,2±0,8	107,5±2.6	94.0±2.2
9	<i>N162/0781</i>	93,7±2,3	75,0±1,2	108,7±1.9	92.5±2.0
10	<i>Boiarin</i>	93,5±2,1	72,0±1,4	108,5±1.6	91.3±2.1
Mediu precoce					
1	<i>Kubanets 57</i>	77,0±3,1	65,2±1,3	111.5±2.3	84.5±2.8
2	<i>BiolSadovski</i>	83,7±2,7	60,7±0,9	108.2±1.7	84.2±2.7
3	<i>k - 1265</i>	103,0±3,6	57,5±1,1	134.0±1.9	98.1±4.3
4	<i>Bliscucii</i>	89,8±3,5	62,0±1,2	115.7±1.6	89.2±3.1
5	<i>Kubanets 93</i>	98,0±3,3	70,0±1,2	112.2±2.0	93.4±2.6
6	<i>k 1621</i>	91,0±3,2	72,0±0,5	109.5±2.1	90.8±2.3
7	<i>k 1555</i>	85,7±3,4	76,2±1,3	124.5±1.6	95.5±3.0
8	<i>Solnecinîi</i>	102,7±3,5	78,7±1,5	118.5±2.2	100.0±2.5
9	<i>Lider</i>	101,2±1,4	75,0±1,0	109.0±1.8	95.0±2.0
10	<i>Kubanets 55</i>	114,0±2,9	88,2± 1,3	128.2±2.9	110.1±2.5
11	<i>Taşkentskii 122</i>	97,2±3,7	83,0± 0,9	113.5±2.2	97.9±2.1
12	<i>VNIIMK-889</i>	87,5±2,6	77,5± 1,1	106.2±1.9	90.4±1.9
13	<i>VNIIMK-1</i>	91,2±2,6	76,2±1,0	112.2±1.9	93.2±2.2
Mediu tardive					
1	<i>L₂</i>	90,2±2,3	80,0±1,3	107.7±2.1	92.6±1.8
2	<i>Konditerski 2058</i>	100,2±2,7	92,7±1,2	118.0±3.0	103.6±1.9
3	<i>Belosemeannîi177</i>	106,5±2,5	73,0±0,8	110.2±1.4	96.5±2.4
4	<i>Manjurski ulucisennîi</i>	116,7±2,7	82.2±0,9	100.0±1.9	99.6±2.1
5	<i>Margo</i>	90,2±2,0	80,2±0,9	120.5±2.4	97.0±2.4
6	<i>Serebristîi</i>	107,2±2,9	88,7± 1,0	124.5±1.4	106.8±2.2
7	<i>Iubileinnîi</i>	116,7±2,8	89,5± 0,9	112.5±2.2	106.2±1.9
8	<i>Zalt Sadovzri</i>	121,7±2,5	84,2± 1,4	115.5±2.2	107.1±2.4
9	<i>UCR/82 n 209-SUAT</i>	105,7±2,8	85,0± 0,9	116.7±1.8	102.5±2.0
10	<i>Oro Shot</i>	102,0±1,5	70,0± 1,0	106.2±2.3	92,7±2,3
11	<i>Kadet</i>	103,5±2,4	78,2±0,8	110.7±2.1	97.5±2.1
Tardive					
1	<i>k 1257</i>	110,0±4,6	71,2±0,7	118.5±1.9	99.9±3.1
2	<i>Liano</i>	134,5±2,6	87,5±0,9	144.2±1.9	122.0±3.4
3	<i>Delco</i>	104,0±3,2	82,0± 0,5	123.5±1.8	103.1±2.5
4	<i>Dulce</i>	105,2±3,5	83,7± 1,1	121.2±1.7	103.4±2.4
5	<i>Margo Tall</i>	97,5±3,0	76,7± 1,1	112.7±1.8	95.6±2.2
6	<i>Oro 9/71</i>	102,0±1,9	68,0± 1,1	115.0±2.2	95.0±2.7

Anexa 2. Variabilitatea lungimii internodului la genotipurile de susan, cm

Nr. ord.	Genotip	2019	2020	2021	Media
		$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$
Precoce					
1	<i>L₁</i>	3,12±0,08	2,70±0,08	3,40±0,09	3,07±0,06
2	<i>Djerelo</i>	3,19±0,12	2,62±0,09	3,40±0,14	3,07±0,07
3	<i>Zaltsadovski</i>	3,07±0,07	2,72±0,10	3,22±0,09	3,00±0,06
4	<i>Gusar</i>	2,80±0,06	2,62±0,09	3,60±0,12	3,00±0,08
5	<i>Nataşa</i>	2,90±0,11	2,50±0,10	3,20±0,09	2,86±0,07
6	<i>Donskoi belosemianîi</i>	3,02±0,08	2,52±0,07	2,92±0,06	2,82±0,05
7	<i>Cumhuriyet 99</i>	3,10±0,09	2,72±0,06	3,10±0,09	2,97±0,05
8	<i>Adaptovanîi 2</i>	3,05±0,09	2,80±0,08	3,20±0,08	2,96±0,05
9	<i>N162/0781</i>	2,90±0,10	2,82±0,09	3,20±0,10	3,02±0,06
10	<i>Boiarin</i>	2,90±0,11	2,80±0,08	3,20±0,09	2,97±0,06
Mediu precoce					
1	<i>Kubanets 57</i>	2,70±0,07	2,60±0,08	3,32±0,11	2,87±0,06
2	<i>BiolSadovski</i>	2,80±0,07	2,42±0,07	3,22±0,13	2,82±0,06
3	<i>k -1265</i>	3,10±0,08	2,40±0,08	3,70±0,08	3,07±0,08
4	<i>Bliscucii</i>	2,90±0,08	2,52±0,06	3,32±0,12	2,92±0,07
5	<i>Kubanets 93</i>	3,15±0,10	2,72±0,08	3,20±0,10	3,02±0,06
6	<i>k 1621</i>	2,90±0,08	2,70±0,09	3,10±0,11	2,90±0,06
7	<i>k 1555</i>	2,80±0,10	2,80±0,10	3,50±0,09	3,03±0,07
8	<i>Solnecinîi</i>	3,02±0,08	2,82±0,10	3,20±0,08	3,02±0,05
9	<i>Lider</i>	3,02±0,12	2,80±0,09	3,30±0,10	3,04±0,06
10	<i>Kubanets 55</i>	3,20±0,07	2,90±0,08	3,40±0,08	3,17±0,05
11	<i>Taşkentskii 122</i>	3,05±0,08	2,82±0,12	3,10±0,08	2,99±0,06
12	<i>VNIIMK-889</i>	2,82±0,10	2,80±0,08	3,20±0,10	2,94±0,06
13	<i>VNIIMK-1</i>	2,90±0,10	2,80±0,08	3,22±0,07	2,97±0,06
Mediu tardive					
1	<i>L₂</i>	3,00±0,08	2,82±0,14	3,20±0,11	3,00±0,07
2	<i>Konditerski 2058</i>	3,00±0,11	2,92±0,07	3,22±0,10	3,05±0,06
3	<i>Belosemeannîi177</i>	3,12±0,11	2,72±0,08	3,22±0,10	3,02±0,06
4	<i>Manjurski ulucisennîi</i>	3,20±0,10	2,80±0,09	3,10±0,10	3,03±0,06
5	<i>Margo</i>	2,80±0,11	2,80±0,10	3,30±0,11	2,97±0,07
6	<i>Serebristîi</i>	3,10±0,10	2,90±0,08	3,32±0,10	3,11±0,06
7	<i>Iubileinnîi</i>	3,20±0,08	2,90±0,09	3,20±0,08	3,10±0,05
8	<i>Zalt Sadovzri</i>	3,30±0,06	2,92±0,09	3,20±0,06	3,14±0,04
9	<i>UCR/82 n 209-SUAT</i>	3,10±0,08	2,90±0,10	3,10±0,08	3,03±0,05
10	<i>Oro Shot</i>	3,07±0,10	2,82±0,10	3,10±0,10	3,00±0,06
11	<i>Kadet</i>	3,10±0,16	2,80±0,08	3,20±0,15	3,03±0,08
Tardive					
1	<i>k 1257</i>	3,10±0,08	2,72±0,07	3,30±0,10	3,04±0,05
2	<i>Liano</i>	3,70±0,10	2,90±0,09	3,92±0,10	3,51±0,08
3	<i>Delco</i>	3,15±0,09	2,90±0,11	3,30±0,10	3,12±0,06
4	<i>Dulce</i>	3,10±0,11	2,82±0,11	3,32±0,10	3,08±0,07
5	<i>Margo Tall</i>	3,00±0,08	2,82±0,08	3,20±0,08	3,01±0,05
6	<i>Oro 9/71</i>	3,10±0,07	2,70±0,10	3,22±0,08	3,01±0,06

Anea 3. Variabilitatea lungimii capsulei la genotipurile de susan, cm

Nr. ord.	Genotip	2019	2020	2021	Media
		$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$
Precoce					
1	<i>L₁</i>	2,86±0,07	2,75±0,05	2,81±0,07	2,81±0,03
2	<i>Djerelo</i>	2,57±0,04	2,69±0,05	2,90±0,06	2,72±0,03
3	<i>Zaltsadovski</i>	2,43±0,05	2,45±0,03	2,55±0,05	2,48±0,03
4	<i>Gusar</i>	2,82±0,05	2,77±0,04	2,83±0,04	2,81±0,02
5	<i>Nataşa</i>	2,52±0,05	2,66±0,03	2,73±0,05	2,64±0,03
6	<i>Donskoi belosemianîi</i>	2,47±0,05	2,85±0,03	2,83±0,04	2,72±0,03
7	<i>Cumhuriyet 99</i>	2,74±0,08	2,50±0,03	2,88±0,05	2,71±0,04
8	<i>Adaptovanîi 2</i>	2,70±0,06	2,32±0,06	2,70±0,06	2,57±0,04
9	<i>N162/0781</i>	2,49±0,08	2,66±0,03	2,56±0,05	2,57±0,03
10	<i>Boiarin</i>	2,88±0,07	2,71±0,03	2,90±0,07	2,83±0,03
Mediu precoce					
1	<i>Kubanets 57</i>	2,77±0,05	2,97±0,04	2,94±0,04	2,89±0,03
2	<i>BiolSadovski</i>	2,59±0,04	2,58±0,04	2,64±0,04	2,60±0,02
3	<i>k -1265</i>	2,44±0,05	2,53±0,04	2,66±0,04	2,54±0,03
4	<i>Bliscucii</i>	2,76±0,05	2,59±0,03	2,85±0,04	2,73±0,03
5	<i>Kubanets 93</i>	2,82±0,05	2,76±0,04	2,90±0,05	2,83±0,03
6	<i>k 1621</i>	2,98±0,04	2,77±0,04	3,01±0,05	2,92±0,03
7	<i>k 1555</i>	2,53±0,06	2,62±0,06	2,77±0,04	2,64±0,03
8	<i>Solnecinîi</i>	2,85±0,07	2,74±0,05	2,91±0,06	2,83±0,04
9	<i>Lider</i>	2,85±0,04	2,71±0,07	2,92±0,04	2,83±0,03
10	<i>Kubanets 55</i>	2,56±0,08	2,68±0,04	2,74±0,08	2,66±0,04
11	<i>Taşkentskii 122</i>	2,55±0,06	2,60±0,05	2,61±0,05	2,59±0,03
12	<i>VNIIMK-889</i>	2,51±0,05	2,47±0,04	2,80±0,03	2,59±0,03
13	<i>VNIIMK-1</i>	2,40±0,05	2,52±0,06	2,45±0,05	2,46±0,03
Mediu tardive					
1	<i>L₂</i>	2,85±0,04	2,72±0,04	2,80±0,04	2,79±0,02
2	<i>Konditerski 2058</i>	2,74±0,04	2,72±0,04	2,78±0,04	2,75±0,02
3	<i>Belosemeannîi177</i>	2,61±0,04	2,54±0,05	2,70±0,03	2,62±0,02
4	<i>Manjurski ulucisennîi</i>	2,60±0,05	2,73±0,05	2,60±0,05	2,64±0,03
5	<i>Margo</i>	2,37±0,06	2,47±0,03	2,40±0,05	2,41±0,03
6	<i>Serebristîi</i>	2,39±0,08	2,58±0,03	2,55±0,05	2,51±0,03
7	<i>Iubileinnîi</i>	2,91±0,04	2,86±0,02	2,90±0,04	2,89±0,02
8	<i>Zalt Sadovzri</i>	2,84±0,05	2,83±0,03	2,80±0,04	2,82±0,02
9	<i>UCR/82 n 209-SUAT</i>	2,65±0,07	2,61±0,03	2,75±0,07	2,67±0,04
10	<i>Oro Shot</i>	2,57±0,04	2,65±0,05	2,65±0,04	2,62±0,03
11	<i>Kadet</i>	2,52±0,06	2,59±0,04	2,95±0,04	2,69±0,04
Tardive					
1	<i>k 1257</i>	2,47±0,04	2,55±0,06	2,67±0,03	2,56±0,03
2	<i>Liano</i>	2,64±0,05	2,73±0,05	2,65±0,05	2,67±0,03
3	<i>Delco</i>	2,47±0,05	2,63±0,07	2,45±0,05	2,52±0,03
4	<i>Dulce</i>	2,35±0,06	2,52±0,06	2,30±0,04	2,39±0,03
5	<i>Margo Tall</i>	2,47±0,04	2,74±0,04	2,45±0,04	2,55±0,03
6	<i>Oro 9/71</i>	2,70±0,06	2,58±0,05	2,60±0,05	2,62±0,03

Anexa 4. Variabilitatea caracterului numărul de capsule per plantă la genotipurile de susan

Nr. ord.	Genotip	2019	2020	2021	Media
		$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$
Precoce					
1	<i>L₁</i>	53,8±2,6	33,7±1,8	51,2±1,8	46,2±1,6
2	<i>Djerelo</i>	50,4±3,5	24,7±1,6	52,0±2,1	42,4±2,1
3	<i>Zaltsadovski</i>	53,6±5,0	24,0±1,6	52,0±1,8	43,2±2,5
4	<i>Gusar</i>	43,6±4,8	18,6±1,1	45,7±2,2	36,0±2,3
5	<i>Nataşa</i>	56,5±3,6	15,1±0,6	53,1±1,6	41,6±2,7
6	<i>Donskoi belosemianîi</i>	43,3±2,7	16,7±0,5	40,0±1,5	33,3±1,8
7	<i>Cumhuriyet 99</i>	54,5±3,6	18,7±0,8	51,3±1,6	41,5±2,4
8	<i>Adaptovanîi 2</i>	50,3±2,9	22,3±1,0	53,3±2,0	41,9±2,1
9	<i>N162/0781</i>	32,9±2,9	22,6±0,9	63,0±2,0	39,5±2,5
10	<i>Boiarin</i>	40,8±3,4	23,1±1,0	46,1±1,9	36,6±1,8
Mediu precoce					
1	<i>Kubanets 57</i>	36,6±2,9	25,2±1,7	52,0±2,0	37,9±1,9
2	<i>BiolSadovski</i>	37,7±2,2	15,7±0,8	38,7±2,2	30,7±1,7
3	<i>k -1265</i>	43,7±3,7	16,0±0,7	44,8±2,0	34,8±2,2
4	<i>Bliscucii</i>	48,7±4,5	20,4±1,1	51,3±1,9	40,1±2,4
5	<i>Kubanets 93</i>	42,9±4,0	17,1±0,8	52,6±2,1	37,5±2,4
6	<i>k 1621</i>	37,9±2,5	18,0±0,9	46,2±1,9	34,0±1,8
7	<i>k 1555</i>	41,9±4,1	30,2±1,4	47,5±1,6	39,9±1,8
8	<i>Solnecinîi</i>	50,5±4,1	22,5±1,2	49,0±1,8	40,7±2,2
9	<i>Lider</i>	45,1±3,8	26,5±1,2	61,0±1,5	44,2±2,3
10	<i>Kubanets 55</i>	50,8±4,1	27,6±1,1	58,1±2,4	45,5±2,3
11	<i>Taşkentskii 122</i>	38,2±2,6	25,6±0,8	55,2±2,4	39,6±1,9
12	<i>VNIIMK-889</i>	39,1±3,0	28,8±0,9	56,9±2,8	41,6±2,0
13	<i>VNIIMK-1</i>	33,1±2,7	28,6±0,9	62,6±2,7	41,4±2,3
Mediu tardive					
1	<i>L₂</i>	47,3±2,7	26,2±0,8	52,1±2,5	41,8±1,9
2	<i>Konditerski 2058</i>	39,7±3,0	29,8±1,5	49,8±1,7	39,8±1,6
3	<i>Belosemeannîi177</i>	49,6±3,4	33,3±1,2	58,4±2,2	47,1±1,9
4	<i>Manjurski ulucisennîi</i>	45,0±2,8	29,1±1,2	70,7±2,6	48,2±2,6
5	<i>Margo</i>	36,0±2,6	32,3±0,9	57,8±2,1	42,0±1,8
6	<i>Serebristîi</i>	53,4±3,8	38,9±1,3	78,6±2,1	57,0±2,6
7	<i>Iubileinnîi</i>	57,0±3,9	31,6±0,7	73,2±2,6	53,9±2,7
8	<i>Zalt Sadovzri</i>	45,0±4,6	29,6±1,1	58,5±2,9	44,4±2,3
9	<i>UCR/82 n 209-SUAT</i>	35,9±2,5	33,9±1,3	54,7±2,6	41,5±1,7
10	<i>Oro Shot</i>	45,1±3,6	34,2±1,1	46,7±1,8	42,0±1,5
11	<i>Kadet</i>	48,4±2,6	26,0±1,1	60,2±2,5	44,9±2,2
Tardive					
1	<i>k 1257</i>	51,7±4,4	18,1±0,8	60,6±1,7	43,5±2,8
2	<i>Liano</i>	53,0±5,0	45,4±1,4	65,2±3,2	54,5±2,2
3	<i>Delco</i>	39,4±3,6	28,8±1,2	75,2±3,4	47,8±3,0
4	<i>Dulce</i>	50,7±4,5	35,6±1,1	79,6±3,5	55,3±3,0
5	<i>Margo Tall</i>	39,3±2,9	31,0±1,0	53,4±2,2	41,2±1,7
6	<i>Oro 9/71</i>	49,1±3,2	27,5±0,7	50,4±2,0	42,3±1,8

Anexa 5. Variabilitatea caracterului numărul de semințe per capsulă la genotipurile de susan

Nr. ord.	Genotip	2019	2020	2021	Media
		$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$
Precoce					
1	<i>L₁</i>	68.1±1.3	64,6±2,0	63,7±1,0	65,5±0,9
2	<i>Djerelo</i>	55.9±1.9	64,7±1,8	52,5±1,2	57,7±1,1
3	<i>Zaltsadovski</i>	62.1±1.7	58,1±1,0	65,2±1,3	61,8±0,9
4	<i>Gusar</i>	59.5±2.3	58,3±1,6	53,2±0,8	57,0±1,0
5	<i>Natașa</i>	58.4±2.2	60,7±1,9	58,5±0,8	59,2±1,0
6	<i>Donskoi belosemianîi</i>	63.6±2.1	62,1±1,6	60,6±1,1	62,1±0,9
7	<i>Cumhuriyet 99</i>	53.6±3.2	61,4±1,8	61,6±1,1	58,8±1,3
8	<i>Adaptovanîi 2</i>	61.7±2.6	61,5±1,9	59,0±1,1	60,7±1,1
9	<i>N162/0781</i>	43.2±3.5	61,0±2,1	59,9±1,3	54,7±1,7
10	<i>Boiarin</i>	63.1±2.2	63,0±1,3	66,3±1,7	64,1±1,0
Mediu precoce					
1	<i>Kubanets 57</i>	62,6±1,8	64,8±1,7	59,2±1,3	62,2±0,9
2	<i>BiolSadovski</i>	60,3±1,9	57,9±1,6	59,0±0,6	59,0±0,8
3	<i>k - 1265</i>	59,7±1,8	60,8±1,5	54,1±1,1	58,2±0,9
4	<i>Bliscucii</i>	52,2±3,3	59,3±1,4	62,6±1,7	58,0±0,4
5	<i>Kubanets 93</i>	62,1±2,4	66,4±1,5	62,9±0,9	63,8±1,0
6	<i>k 1621</i>	65,7±2,3	67,9±2,0	60,4±1,3	64,6±1,1
7	<i>k 1555</i>	52,6±3,2	62,8±1,2	58,1±1,7	57,8±1,3
8	<i>Solnecinîi</i>	65,4±2,4	63,4±1,7	63,4±1,3	64,0±1,0
9	<i>Lider</i>	62,2±1,5	64,3±1,6	58,5±1,2	61,7±0,8
10	<i>Kubanets 55</i>	58,8±3,3	64,5±1,7	63,7±1,1	62,3±1,3
11	<i>Taşkentskii 122</i>	48,2±2,8	62,4±1,9	56,2±1,8	55,6±1,4
12	<i>VNIIMK-889</i>	50,5±3,5	69,6±0,7	57,5±2,4	59,2±1,7
13	<i>VNIIMK-1</i>	38,2±2,9	52,1±1,4	50,7±2,0	47,0±1,5
Mediu tardive					
1	<i>L₂</i>	58,5±2,8	64,9±1,6	62,7±1,3	62,0±1,2
2	<i>Konditerski 2058</i>	39,7±3,7	57,7±2,0	50,5±1,7	49,3±1,7
3	<i>Belosemeannîi177</i>	58,5±3,3	60,0±1,2	59,9±1,8	59,4±1,3
4	<i>Manjurski ulucisennîi</i>	47,4±4,3	65,5±1,4	53,5±1,4	55,6±1,8
5	<i>Margo</i>	50,4±3,0	64,2±1,3	52,8±1,6	55,8±1,4
6	<i>Serebristîi</i>	54,1±2,7	64,4±1,0	61,1±1,5	59,9±1,2
7	<i>Iubileinnîi</i>	65,2±3,1	60,2±1,4	58,8±0,7	61,4±1,2
8	<i>Zalt Sadovzri</i>	66,9±3,0	64,4±1,7	64,3±1,2	65,2±1,2
9	<i>UCR/82 n 209-SUAT</i>	51,3±4,9	54,4±1,9	42,8±1,5	49,5±1,9
10	<i>Oro Shot</i>	50,8±3,1	62,3±1,7	58,4±1,1	57,2±1,3
11	<i>Kadet</i>	58,7±1,7	61,4±1,8	60,7±1,4	60,3±0,9
Tardive					
1	<i>k 1257</i>	61,8±2,1	64,6±1,6	62,9±1,7	63,1±1,0
2	<i>Liano</i>	56,7±2,9	57,5±1,3	58,7±1,2	57,6±1,1
3	<i>Delco</i>	57,8±4,6	60,3±1,9	60,9±1,3	59,6±1,7
4	<i>Dulce</i>	53,6±2,4	53,8±2,1	63,9±1,0	57,1±1,2
5	<i>Margo Tall</i>	51,0±2,8	54,5±1,8	58,8±1,3	54,7±1,2
6	<i>Oro 9/71</i>	49,8±4,3	54,7±1,6	61,3±1,1	55,3±1,6

Anexa 6. Variabilitatea caracterului *masa a 1000 semințe* la genotipurile de susan

Nr. ord.	Genotip	2019	2020	2021	Media
		$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$
Precoce					
1	<i>L₁</i>	2,76±0,03	2,48±0,05	2,61±0,02	2,61±0,04
2	<i>Djerelo</i>	2,55±0,02	2,48±0,04	2,83±0,02	2,62±0,05
3	<i>Zaltsadovski</i>	2,25±0,03	2,30±0,02	2,67±0,04	2,41±0,07
4	<i>Gusar</i>	2,65±0,03	2,57±0,03	3,09±0,04	2,77±0,08
5	<i>Nataşa</i>	2,80±0,03	2,40±0,03	3,02±0,04	2,74±0,09
6	<i>Donskoi belosemianîi</i>	2,51±0,03	2,61±0,02	3,05±0,03	2,72±0,08
7	<i>Cumhuriyet 99</i>	2,70±0,03	2,49±0,01	2,98±0,03	2,72±0,07
8	<i>Adaptovanîi 2</i>	2,55±0,03	2,17±0,04	2,42±0,02	2,38±0,06
9	<i>N162/0781</i>	2,51±0,05	2,50±0,03	2,82±0,03	2,61±0,06
10	<i>Boiarin</i>	2,59±0,02	2,51±0,03	2,72±0,03	2,60±0,03
Mediu precoce					
1	<i>Kubanets 57</i>	2,79±0,02	2,66±0,01	3,31±0,02	2,92±0,10
2	<i>BiolSadovski</i>	2,65±0,03	2,57±0,05	3,16±0,03	2,79±0,09
3	<i>k - 1265</i>	2,70±0,03	2,56±0,04	2,60±0,01	2,62±0,02
4	<i>Bliscucii</i>	2,64±0,03	2,34±0,02	2,90±0,02	2,63±0,08
5	<i>Kubanets 93</i>	2,75±0,03	2,92±0,02	3,01±0,03	2,89±0,04
6	<i>k 1621</i>	2,67±0,02	2,51±0,03	2,50±0,02	2,56±0,04
7	<i>k 1555</i>	2,65±0,03	2,91±0,02	3,29±0,02	2,95±0,09
8	<i>Solnecinîi</i>	2,71±0,03	2,67±0,02	2,84±0,02	2,74±0,02
9	<i>Lider</i>	2,70±0,03	2,45±0,03	2,64±0,02	2,59±0,04
10	<i>Kubanets 55</i>	2,64±0,02	2,52±0,03	2,88±0,01	2,68±0,05
11	<i>Taşkentskii 122</i>	2,60±0,03	2,60±0,03	2,91±0,03	2,70±0,05
12	<i>VNIIMK-889</i>	2,81±0,02	2,49±0,02	2,45±0,03	2,58±0,06
13	<i>VNIIMK-1</i>	2,63±0,04	2,52±0,02	3,02±0,02	2,72±0,08
Mediu tardive					
1	<i>L₂</i>	2,56±0,02	2,40±0,03	2,64±0,03	2,53±0,04
2	<i>Konditerski 2058</i>	2,92±0,04	2,55±0,03	2,87±0,05	2,78±0,06
3	<i>Belosemeannîi177</i>	2,22±0,05	2,41±0,02	3,03±0,03	2,55±0,12
4	<i>Manjurski ulucisennîi</i>	2,86±0,03	2,72±0,03	2,96±0,03	2,85±0,04
5	<i>Margo</i>	2,82±0,03	2,64±0,02	3,01±0,03	2,82±0,05
6	<i>Serebristîi</i>	2,33±0,03	2,58±0,02	3,02±0,05	2,64±0,10
7	<i>Iubileinnîi</i>	2,41±0,02	2,45±0,04	2,79±0,02	2,55±0,06
8	<i>Zalt Sadovzri</i>	2,62±0,02	2,62±0,03	2,92±0,02	2,72±0,05
9	<i>UCR/82 n 209-SUAT</i>	2,46±0,03	2,67±0,04	2,80±0,03	2,64±0,06
10	<i>Oro Shot</i>	2,60±0,03	2,43±0,03	2,83±0,02	2,62±0,06
11	<i>Kadet</i>	2,49±0,03	2,67±0,04	2,71±0,02	2,62±0,04
Tardive					
1	<i>k 1257</i>	2,69±0,03	2,40±0,03	3,19±0,01	2,76±0,11
2	<i>Liano</i>	3,02±0,07	3,05±0,04	3,09±0,02	3,05±0,03
3	<i>Delco</i>	2,61±0,03	2,62±0,02	3,05±0,04	2,76±0,07
4	<i>Dulce</i>	3,06±0,05	2,97±0,04	3,15±0,02	3,06±0,03
5	<i>Margo Tall</i>	2,73±0,02	2,67±0,03	3,28±0,05	2,89±0,10
6	<i>Oro 9/71</i>	2,61±0,02	2,63±0,04	3,32±0,02	2,85±0,12

Anexa 7. Variabilitatea caracterului *productivitatea per plantă* la genotipurile de susan, g

Nr. ord.	Genotip	2019	2020	2021	Media
		$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$
Precoce					
1	<i>L₁</i>	10,1±0,5	5,0±0,2	8,6±0,3	7,9±0,2
2	<i>Djerelo</i>	7,4±0,4	3,9±0,2	7,7±0,2	6,3±0,3
3	<i>Zaltsadovski</i>	7,4±0,2	3,1±0,2	9,0±0,2	6,5±0,3
4	<i>Gusar</i>	6,6±0,3	2,7±0,2	7,5±0,3	5,6±0,3
5	<i>Nataşa</i>	9,2±0,5	2,1±0,1	9,3±0,3	6,9±0,4
6	<i>Donskoi belosemianîi</i>	6,6±0,4	2,7±0,1	7,2±0,3	5,5±0,3
7	<i>Cumhuriyet 99</i>	8,2±0,6	2,8±0,1	9,3±0,3	6,8±0,4
8	<i>Adaptovanîi 2</i>	7,6±0,5	2,8±0,1	7,5±0,3	6,0±0,3
9	<i>N162/0781</i>	3,5±0,3	3,5±0,1	9,8±0,3	5,6±0,4
10	<i>Boiarin</i>	6,6±0,6	3,7±0,1	7,9±0,3	6,1±0,2
Mediu precoce					
1	<i>Kubanets 57</i>	6,5±0,3	4,2±0,2	10,2±0,4	7,0±0,3
2	<i>BiolSadovski</i>	5,7±0,3	2,3±0,1	7,2±0,4	5,0±0,3
3	<i>k - 1265</i>	7,1±0,4	2,4±0,1	6,2±0,3	5,2±0,3
4	<i>Bliscucii</i>	6,6±0,4	2,7±0,1	9,3±0,2	6,2±0,3
5	<i>Kubanets 93</i>	7,8±0,4	3,3±0,1	9,9±0,3	7,0±0,4
6	<i>k 1621</i>	6,9±0,4	3,1±0,1	6,7±0,2	5,5±0,2
7	<i>k 1555</i>	6,0±0,4	5,5±0,2	9,1±0,3	6,9±0,2
8	<i>Solnecinîi</i>	8,0±0,3	3,8±0,2	8,8±0,2	6,9±0,3
9	<i>Lider</i>	7,5±0,3	4,0±0,2	9,4±0,1	7,0±0,3
10	<i>Kubanets 55</i>	7,6±0,3	4,4±0,1	10,1±0,3	7,4±0,3
11	<i>Taşkentskii 122</i>	4,6±0,2	4,2±0,2	7,9±0,3	5,5±0,2
12	<i>VNIIMK-889</i>	5,7±0,4	5,0±0,1	7,5±0,2	6,1±0,2
13	<i>VNIIMK-1</i>	3,9±0,3	3,7±0,1	9,4±0,3	5,7±0,3
Mediu tardive					
1	<i>L₂</i>	6,8±0,4	4,1±0,1	8,3±0,3	6,4±0,2
2	<i>Konditerski 2058</i>	4,3±0,3	4,4±0,2	7,0±0,1	5,2±0,2
3	<i>Belosemeannîi177</i>	6,0±0,3	4,8±0,1	10,0±0,3	6,9±0,3
4	<i>Manjurski ulucisennîi</i>	6,2±0,3	5,1±0,2	10,6±0,4	7,3±0,3
5	<i>Margo</i>	5,0±0,3	5,7±0,2	9,1±0,2	6,6±0,2
6	<i>Serebristîi</i>	6,9±0,4	6,5±0,2	13,3±0,4	8,9±0,4
7	<i>Iubileinnîi</i>	8,8±0,6	4,6±0,1	11,6±0,2	8,3±0,4
8	<i>Zalt Sadovzri</i>	7,7±0,4	5,0±0,2	10,6±0,3	7,8±0,3
9	<i>UCR/82 n 209-SUAT</i>	4,4±0,4	4,9±0,2	6,7±0,2	5,3±0,2
10	<i>Oro Shot</i>	6,2±0,4	5,2±0,1	7,3±0,2	6,2±0,2
11	<i>Kadet</i>	7,1±0,3	4,1±0,2	9,7±0,3	7,0±0,3
Tardive					
1	<i>k 1257</i>	8,4±0,4	2,8±0,1	10,4±0,3	7,2±0,4
2	<i>Liano</i>	9,2±0,5	8,0±0,3	11,3±0,4	9,5±0,3
3	<i>Delco</i>	5,4±0,4	4,6±0,2	12,5±0,3	7,5±0,5
4	<i>Dulce</i>	8,2±0,5	5,6±0,2	11,0±0,4	8,2±0,3
5	<i>Margo Tall</i>	5,6±0,3	4,4±0,2	10,1±0,2	6,7±0,3
6	<i>Oro 9/71</i>	7,0±0,3	4,0±0,1	9,7±0,2	6,9±0,3

Anexa 8. Contribuția factorilor în variabilitatea caracterelor cantitative la genotipurile de susan precoce în anii 2019-2021

Înălțimea plantei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	5051021	1	5051021	50949,22	0,000000
A:Genotip	6853	9	761	7,68	0,000000
B:An. de cultivare	165021	2	82510	832,28	0,000000
Interacțiunea AB	31923	18	1774	17,89	0,000000
Error	56509	570	99		
Lungimea internodului					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	5327,048	1	5327,048	31105,10	0,000000
A:Genotip	3,489	9	0,388	2,26	0,017063
B:An. de cultivare	31,618	2	15,809	92,31	0,000000
Interacțiunea AB	7,667	18	0,426	2,49	0,000638
Error	97,618	570	0,171		
Lungimea capsule					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	4327,146	1	4327,146	77235,38	0,000000
A:Genotip	7,443	9	0,827	14,76	0,000000
B:An de cultivare	2,131	2	1,066	19,02	0,000000
Interacțiunea AB	5,675	18	0,315	5,63	0,000000
Error	31,935	570	0,056		
Numărul de capsule per plantă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	972279,0	1	972279,0	7999,426	0,000000
A:Genotip	8108,9	9	901,0	7,413	0,000000
B:An. de cultivare	100979,5	2	50489,7	415,404	0,000000
Interacțiunea AB	13613,7	18	756,3	6,223	0,000000
Error	69279,9	570	121,5		
Numărul de semințe per capsulă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	2174424	1	2174424	30414,73	0,000000
A:Genotip	5955	9	662	9,25	0,000000
B:An. de cultivare	686	2	343	4,80	0,008568
Interacțiunea AB	7272	18	404	5,65	0,000000
Error	40751	570	71		
Productivitatea per plantă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	24276,25	1	24276,25	11612,41	0,000000
A:Genotip	300,54	9	33,39	15,97	0,000000
B:An. de cultivare	2960,12	2	1480,06	707,98	0,000000
Interacțiunea AB	544,21	18	30,23	14,46	0,000000
Error	1191,61	570	2,09		

Anexa 9. Contribuția factorilor în variabilitatea caracterelor cantitative la genotipurile de susan mediu precoce în anii 2019-2021

Înălțimea plantei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	6900919	1	6900919	66629,89	0,000000
A:Genotip	33839	12	2820	27,23	0,000000
B:An de cultivare	242094	2	121047	1168,73	0,000000
Interacțiunea AB	26481	24	1103	10,65	0,000000
Error	76746	741	104		
Lungimea internodului					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	6936,251	1	6936,251	42111,94	0,000000
A:Genotip	6,124	12	0,510	3,10	0,000267
B:Anul de cultivare	45,666	2	23,833	138,63	0,000000
Interacțiunea AB	12,409	24	0,517	3,14	0,000001
Error	122,050	741	0,365		
Lungimea capsule					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	5697,005	1	5697,005	102915,3	0,000000
A:Genotip	15,499	12	1,292	23,3	0,000000
B:Anul de cultivare	2,633	2	1,317	23,8	0,000000
Interacțiunea AB	2,984	24	0,124	2,2	0,000616
Error	41,019	741	0,055		
Numărul de capsule per planta					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	1192941	1	1192941	9753,940	0,000000
A:Genotip	12072	12	1006	8,225	0,000000
B:Anul de cultivare	110754	2	55377	452,785	0,000000
Interacțiunea AB	13154	24	548	4,481	0,000000
Error	90627	741	122		
Numărul de semințe per capsulă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	2764014	1	2764014	34356,37	0,000000
A:Genotip	15837	12	1320	16,40	0,000000
B:Anul de cultivare	4769	2	2385	29,64	0,000000
Interacțiunea AB	7990	24	333	4,14	0,000000
Error	59614	741	80		
Productivitatea per planta					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	31049,24	1	31049,24	15116,98	0,000000
A:Genotip	450,22	12	37,52	18,27	0,000000
B:Anul de cultivare	3070,21	2	1535,10	747,40	0,000000
Interacțiunea AB	596,96	24	24,87	12,11	0,000000
Error	1521,96	741	2,05		

Anexa 10. Contribuția factorilor în variabilitatea caracterelor cantitative la genotipurile de susan mediu tardive în anii 2019-2021

Înălțimea plantei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	6631036	1	6631036	80285,01	0,000000
A:Genotip	17375	10	1737	21,04	0,000000
B:Anul de cultivare	113626	2	56813	687,86	0,000000
Interacțiunea AB	22551	20	1128	13,65	0,000000
Error	51786	627	83		
Lungimea internodului					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	6121,364	1	6121,364	29967,56	0,000000
A:Genotip	1,603	10	0,160	0,78	0,643616
B:Anul de cultivare	14,157	2	7,078	34,65	0,000000
Interacțiunea AB	3,802	20	0,190	0,93	0,547843
Error	128,075	627	0,204		
Lungimea capsule					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	4725,923	1	4725,923	105193,9	0,000000
A:Genotip	11,482	10	1,148	25,6	0,000000
B:Anul de cultivare	0,595	2	0,297	6,6	0,001431
Interacțiunea AB	3,021	20	0,151	3,4	0,000001
Error	28,169	627	0,045		
Numărul de capsule per planta					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	1379775	1	1379775	11375,46	0,000000
A:Genotip	18017	10	1802	14,85	0,000000
B:Anul de cultivare	90577	2	45289	373,38	0,000000
Interacțiunea AB	13923	20	696	5,74	0,000000
Error	76051	627	121		
Numărul de semințe per capsulă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	2205301	1	2205301	20469,01	0,000000
A:Genotip	14956	10	1496	13,88	0,000000
B:Anul de cultivare	5847	2	2924	27,14	0,000000
Interacțiunea AB	8147	20	407	3,78	0,000000
Error	67552	627	108		
Productivitatea per planta					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	31977,30	1	31977,30	14136,64	0,000000
A:Genotip	760,73	10	76,07	33,63	0,000000
B:Anul de cultivare	2399,05	2	1199,52	530,29	0,000000
Interacțiunea AB	540,13	20	27,01	11,94	0,000000
Error	1418,28	627	2,26		

Anexa 11. Contribuția factorilor în variabilitatea caracterelor cantitative la genotipurile de susan tardive în anii 2019-2021

Înălțimea plantei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	3834706	1	3834706	37203,48	0,000000
A:Genotip	29484	5	5897	57,21	0,000000
B:Anul de cultivare	123707	2	61853	600,09	0,000000
Interacțiunea AB	6528	10	653	6,33	0,000000
Error	35251	342	103		
Lungimea internodului					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	3521,878	1	3521,878	20389,03	0,000000
A:Genotip	10,972	5	2,194	12,70	0,000000
B:Anul de cultivare	20,001	2	10,001	57,90	0,000000
Interacțiunea AB	3,574	10	0,357	2,07	0,026367
Error	59,075	342	0,173		
Lungimea capsule					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	2350,600	1	2350,600	43119,87	0,000000
A:Genotip	2,834	5	0,567	10,40	0,000000
B:Anul de cultivare	0,917	2	0,459	8,41	0,000271
Interacțiunea AB	1,715	10	0,171	3,15	0,000726
Error	18,643	342	0,055		
Numărul de capsule per planta					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	811015,5	1	811015,5	4752,056	0,000000
A:Genotip	11512,1	5	2302,4	13,491	0,000000
B:Anul de cultivare	65350,3	2	32675,1	191,456	0,000000
Interacțiunea AB	14141,3	10	1414,1	8,286	0,000000
Error	58367,8	342	170,7		
Numărul de semințe per capsulă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	1208721	1	1208721	11140,29	0,000000
A:Genotip	2850	5	570	5,25	0,000116
B:Anul de cultivare	2157	2	1079	9,94	0,000064
Interacțiunea AB	1412	10	141	1,30	0,228076
Error	37107	342	109		
Productivitatea per planta					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Intercept	21446,62	1	21446,62	8223,519	0,000000
A:Genotip	328,73	5	65,75	25,210	0,000000
B:Anul de cultivare	2125,50	2	1062,75	407,502	0,000000
Interacțiunea AB	327,17	10	32,72	12,545	0,000000
Error	891,92	342	2,61		

Anexa 12. Variabilitatea caracterului înălțimea plantelor la formele mutante de susan în generațiile M₁ – M₄, cm

Nume mostră	Doze (Gy)	M ₁ (2018)	M ₂ (2019)	M ₃ (2020)	M ₄ (2021)
Zaltsadovski	200 Gy	86,0±1,7	82,2±1,4	62,2±2,5	114,0±1,8
	300 Gy	83,2±1,4	77,7±1,9	61,5±2,0	121,5±2,9
	400 Gy	92,6±2,3	91,6±2,6	60,7±1,9	105,7±1,8
	500 Gy	96,7±3,3	96,7±3,3	74,7±2,2	102,5±1,9
	Martor	100,0±2,1	97,2±2,7	71,7±2,5	101,2±2,3
Kadet	200 Gy	110,5±2,8	108,0±2,8	86,0±2,5	110,5±2,5
	300 Gy	127,5±2,7	125,0±2,8	90,7±3,0	125,7±2,5
	400 Gy	111,7±2,0	110,7±2,0	85,5±2,1	100,7±2,6
	500 Gy	131,7±2,7	131,2±2,4	90,7±2,0	124,5±3,4
	Martor	110,0±1,7	109,0±1,9	80,0±1,9	110,5±2,8
Adaptovanîi 2	200 Gy	104,5±1,8	103,7±1,6	84,7±2,3	98,2±2,3
	300 Gy	103,0±2,6	99,2±2,4	82,0±1,6	101,7±2,4
	400 Gy	107,7±2,2	104,7±2,4	75,7±2,1	108,5±2,3
	500 Gy	104,2±1,3	99,2±2,3	75,7±2,0	123,7±2,2
	Martor	97,2±2,1	94,7±2,3	77,5±1,8	115,5±2,7

Anexa 13. Variabilitatea caracterului *lungimea internodului* la formele mutante de susan în generațiile M₁ – M₄, cm

Nume mostră	Doze (Gy)	M ₁ (2018)	M ₂ (2019)	M ₃ (2020)	M ₄ (2021)
Zaltsadovski	200 Gy	3,27±0,12	3,17±0,14	2,47±0,10	2,92±0,10
	300 Gy	3,07±0,11	2,95±0,13	2,75±0,08	3,10±0,14
	400 Gy	2,77±0,07	2,60±0,11	2,57±0,07	2,72±0,15
	500 Gy	3,07±0,10	2,97±0,08	2,80±0,10	2,80±0,11
	Martor	3,50±0,11	3,47±0,11	2,62±0,08	2,77±0,08
Kadet	200 Gy	2,72±0,07	2,62±0,10	2,37±0,09	2,85±0,08
	300 Gy	2,55±0,08	2,35±0,08	2,02±0,06	2,70±0,8
	400 Gy	2,72±0,10	2,65±0,10	2,05±0,05	2,82±0,16
	500 Gy	2,42±0,07	2,30±0,08	2,20±0,06	2,80±0,12
	Martor	2,60±0,09	2,50±0,09	2,20±0,07	2,97±0,09
Adaptovanîi 2	200 Gy	2,80±0,08	2,70±0,09	2,62±0,08	2,70±0,12
	300 Gy	2,67±0,08	2,52±0,10	2,80±0,06	2,77±0,11
	400 Gy	3,27±0,11	3,20±0,11	2,72±0,08	2,82±0,12
	500 Gy	3,12±0,10	3,05±0,12	2,50±0,09	3,12±0,14
	Martor	2,87±0,12	2,72±0,15	2,82±0,07	2,92±0,13

Anexa 14. Variabilitatea caracterului *lungimea capsulei* la formele mutante de susan în generațiile $M_1 - M_4$, cm

Nume mostră	Doze (Gy)	$M_1(2018)$	$M_2(2019)$	$M_3(2020)$	$M_4(2021)$
Zaltsadovski	200 Gy	2,64±0,03	2,37±0,03	2,39±0,03	2,45±0,04
	300 Gy	2,62±0,03	2,51±0,03	2,50±0,04	2,45±0,02
	400 Gy	2,58±0,06	2,71±0,03	2,52±0,05	2,82±0,06
	500 Gy	2,51±0,03	2,50±0,03	2,64±0,03	2,32±0,03
	Martor	2,79±0,06	2,55±0,04	2,42±0,03	2,57±0,04
Kadet	200 Gy	2,82±0,05	2,77±0,06	2,70±0,07	2,75±0,03
	300 Gy	2,48±0,06	2,52±0,06	2,48±0,05	2,54±0,03
	400 Gy	2,86±0,03	2,92±0,04	2,53±0,05	2,68±0,04
	500 Gy	2,50±0,06	2,48±0,07	2,69±0,03	2,54±0,02
	Martor	2,63±0,05	2,57±0,05	2,76±0,04	2,90±0,04
Adaptovanîi 2	200 Gy	2,73±0,05	2,53±0,03	2,76±0,04	2,65±0,05
	300 Gy	2,45±0,03	2,69±0,07	2,75±0,04	2,61±0,05
	400 Gy	2,60±0,06	2,61±0,05	2,74±0,05	2,39±0,03
	500 Gy	2,33±0,07	2,59±0,04	2,56±0,03	2,66±0,04
	Martor	2,87±0,05	2,67±0,05	2,45±0,04	2,63±0,05

Anexa 15. Variabilitatea caracterului *numărul de capsule per plantă* la formele mutante de susan în generațiile M₁ – M₄

Nume mostră	Doze (Gy)	M ₁ (2018)	M ₂ (2019)	M ₃ (2020)	M ₄ (2021)
Zaltsadovski	200 Gy	37,9±2,3	37,2±2,5	24,7±1,1	59,4±1,4
	300 Gy	41,2±3,3	40,0±3,6	20,9±1,0	50,1±2,4
	400 Gy	44,1±3,2	43,6±3,3	21,4±1,0	56,8±1,8
	500 Gy	52,2±3,0	52,0±3,1	23,0±1,2	49,6±1,7
	Martor	45,6±2,6	44,7±2,9	23,6±1,3	51,5±2,1
Kadet	200 Gy	50,1±4,1	49,2±4,4	25,1±1,0	46,2±1,9
	300 Gy	61,8±4,5	62,6±5,5	36,7±1,7	64,5±1,6
	400 Gy	48,9±3,0	47,9±3,3	32,1±1,6	45,4±2,1
	500 Gy	67,1±3,4	66,5±4,4	40,8±2,0	66,4±1,1
	Martor	44,1±4,0	43,2±4,2	31,7±1,5	59,5±1,6
Adaptovanîi 2	200 Gy	45,4±3,1	46,0±3,5	34,6±1,4	41,7±1,7
	300 Gy	45,6±4,0	44,0±4,4	30,3±1,8	48,9±1,7
	400 Gy	40,4±2,7	39,2±3,1	30,1±1,5	54,8±1,7
	500 Gy	41,1±3,0	40,1±3,2	25,1±0,9	48,9±1,8
	Martor	45,2±3,9	43,8±4,3	29,3±1,3	51,9±1,6

Anexa 16. Variabilitatea caracterului *numărul de semițe per capsulă* la formele mutante de susan în generațiile M₁ – M₄

Nume mostră	Doze (Gy)	M ₁ (2018)	M ₂ (2019)	M ₃ (2020)	M ₄ (2021)
Zaltsadovski	200 Gy	62,0±2,3	61,0±0,5	60,8±1,2	61,7±2,0
	300 Gy	58,2±1,7	56,7±0,5	65,5±1,5	66,6±1,0
	400 Gy	64,6±1,8	63,5±0,5	61,0±1,0	61,0±1,0
	500 Gy	63,1±2,1	61,6±0,5	61,9±1,2	64,8±1,5
	Martor	62,8±1,9	63,2±2,6	59,9±1,4	62,4±1,3
Kadet	200 Gy	65,8±2,7	64,7±0,5	65,6±1,5	66,2±1,3
	300 Gy	52,8±3,9	50,6±0,5	60,8±1,1	56,1±0,7
	400 Gy	68,6±1,3	67,7±0,5	62,3±0,9	64,7±1,0
	500 Gy	42,8±2,7	41,5±0,5	65,6±0,9	57,2±0,9
	Martor	68,3±1,5	70,5±0,5	60,7±1,1	61,1±0,7
Adaptovanîi 2	200 Gy	69,8±1,4	70,7±0,5	70,9±1,1	70,9±1,8
	300 Gy	56,9±3,5	53,3±0,5	66,0±1,4	66,0±1,7
	400 Gy	66,0±3,0	64,3±0,5	65,3±1,4	65,4±1,5
	500 Gy	63,8±1,7	63,0±0,5	65,2±1,1	69,4±1,5
	Martor	65,7±1,9	64,9±0,5	65,0±1,0	62,0±1,8

Anexa 17. Variabilitatea caracterului *masa a 1000 semințe* la formele mutante de susan în generațiile M₁ – M₄, g

Nume mostră	Doze (Gy)	M ₁ (2018)	M ₂ (2019)	M ₃ (2020)	M ₄ (2021)
Zaltsadovski	200 Gy	2,50±0,03	2,38±0,01	2,25±0,03	2,77±0,02
	300 Gy	3,06±0,04	2,41±0,02	2,30±0,02	2,68±0,01
	400 Gy	2,94±0,02	2,48±0,05	2,48±0,05	3,01±0,05
	500 Gy	2,79±0,03	2,39±0,02	2,45±0,05	2,95±0,03
	Martor	2,82±0,02	2,55±0,01	2,31±0,02	3,00±0,02
Kadet	200 Gy	2,78±0,02	2,82±0,02	2,71±0,02	3,20±0,04
	300 Gy	2,95±0,05	3,08±0,01	2,71±0,02	3,19±0,02
	400 Gy	3,09±0,02	2,82±0,02	2,41±0,03	2,90±0,03
	500 Gy	2,96±0,05	3,25±0,03	2,71±0,03	3,15±0,03
	Martor	3,04±0,03	2,77±0,02	2,46±0,04	2,99±0,03
Adaptovanîi 2	200 Gy	3,02±0,03	2,55±0,03	2,22±0,02	2,75±0,03
	300 Gy	2,82±0,02	2,60±0,03	2,39±0,04	2,77±0,05
	400 Gy	2,95±0,02	2,56±0,03	2,41±0,02	2,73±0,02
	500 Gy	2,74±0,02	2,47±0,01	2,29±0,03	2,94±0,01
	Martor	2,99±0,04	2,69±0,01	2,45±0,03	2,86±0,02

Anexa 18. Variabilitatea caracterului *productivitatea per plantă* la formele mutante de susan în generațiile M₁ – M₄, g

Nume mostră	Doze (Gy)	M ₁ (2018)	M ₂ (2019)	M ₃ (2020)	M ₄ (2021)
Zaltsadovski	200 Gy	5,8±0,3	5,5±0,2	3,4±0,1	10,2±0,4
	300 Gy	7,3±0,5	7,0±0,5	3,2±0,1	9,0±0,4
	400 Gy	8,4±0,6	8,3±0,4	3,2±0,2	10,4±0,4
	500 Gy	9,1±0,7	9,0±0,4	3,5±0,2	9,5±0,4
	Martor	7,9±0,4	6,9±0,3	3,3±0,2	9,5±0,3
Kadet	200 Gy	9,2±1,0	9,0±0,7	4,5±0,2	9,7±1,3
	300 Gy	9,8±0,9	9,7±0,6	6,0±0,3	12,7±0,7
	400 Gy	10,0±0,5	9,5±0,4	4,7±0,2	8,5±1,2
	500 Gy	8,4±0,3	8,1±0,8	6,6±0,2	13,1±0,8
	Martor	9,0±0,3	7,3±0,5	4,7±0,2	9,8±0,8
Adaptovanîi 2	200 Gy	9,5±0,2	8,5±0,5	5,3±0,2	8,2±0,4
	300 Gy	7,2±0,5	7,6±0,4	4,7±0,2	8,7±0,3
	400 Gy	7,6±0,6	7,0±0,4	4,7±0,2	9,8±0,4
	500 Gy	7,0±0,4	6,8±0,4	3,7±0,2	9,9±0,4
	Martor	8,6±0,6	8,2±0,4	4,5±0,2	8,7±0,4

Anexa 19. Contribuția sursei de variație în generația M₁ asupra variabilității unor caractere cantitative la susan (%)

Înălțimea plantei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	36106,2	2	18053,1	165,76	0,0000
B:Radiație	3189,34	4	797,335	7,32	0,0000
Interacțiunea AxB	8773,05	8	1096,63	10,07	0,0000
Error	31039,5	285	108,911		
Lungimea internodului					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	14,6507	2	7,32536	38,42	0,0000
B:Radiație	1,61745	4	0,404363	2,12	0,0783
Interacțiunea AxB	10,4852	8	1,31065	6,87	0,0000
Error	54,3349	285	0,190649		
Lungimea capsulei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	0,225205	2	0,112602	2,12	0,1220
B:Radiație	4,4464	4	1,1116	20,92	0,0000
Interacțiunea AxB	2,37847	8	0,297309	5,60	0,0000
Error	16,1426	285	0,053132		
Numărul de capsule per planta					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	7714,89	2	3857,44	16,68	0,0000
B:Radiație	4045,83	4	1011,46	4,37	0,0019
Interacțiunea AxB	6255,79	8	781,974	3,38	0,0010
Error	65890,6	285	231,195		
Numărul de semințe per capsulă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	1236,26	2	618,13	5,33	0,0053
B:Radiație	6337,13	4	1584,28	13,67	0,0000
Interacțiunea AxB	5291,11	8	661,388	5,71	0,0000
Error	33031,6	285	116,9		
Productivitatea per planta					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	139,788	2	69,8942	10,95	0,0000
B:Radiație	8,25412	4	2,06353	0,32	0,8622
Interacțiunea AxB	241,622	8	30,2028	4,73	0,0000
Error	1818,92	285	6,38216		

Anexa 20. Contribuția sursei de variație în generația M₂ asupra variabilității unor caractere cantitative la susan (%)

Înălțimea plantei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	39319,5	2	19659,7	157,70	0,0000
B:Radiație	3601,0	4	900,251	7,22	0,0000
Interacțiunea AxB	10615,7	8	1326,97	10,64	0,0000
Error	88508,6	285	124,662		
Lungimea internodului					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	15,4653	2	7,73264	31,20	0,0000
B:Radiație	2,88594	4	0,721485	2,91	0,0219
Interacțiunea AxB	13,2649	8	1,65811	6,69	0,0000
Error	70,6441	285	0,247874		
Lungimea capsulei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	0,854113	2	0,427056	8,66	0,0002
B:Radiație	1,57924	4	0,39481	8,01	0,0000
Interacțiunea AxB	2,36096	8	0,29512	5,99	0,0000
Error	14,0489	285	0,04992944		
Numărul de capsule per planta					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	8157,18	2	4078,59	14,65	0,0000
B:Radiație	4149,25	4	1037,31	3,73	0,0057
Interacțiunea AxB	7157,84	8	894,73	3,21	0,0016
Error	79359,9	285	278,456		
Numărul de semințe per capsulă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	1111,24	2	555,622	3,49	0.0317
B:Radiație	8686,25	4	2171,56	13,66	0.0000
Interacțiunea AxB	7023,84	8	877,98	5,52	0.0000
Error	45320,2	285	159,018		
Productivitatea per planta					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	105,168	2	52,5838	5,19	0,0061
B:Radiație	20,4244	4	5,10611	0,50	0,7327
Interacțiunea AxB	271,402	8	33,9253	3,35	0,0011
Error	2886,0	285	10,1263		

Anexa 21. Contribuția sursei de variație în generația M₃ asupra variabilității unor caractere cantitative la susan (%)

Înălțimea plantei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	21401,2	2	10700,6	109,43	0,0000
B:Radiație	905,335	4	226,334	2,31	0,0576
Interacțiunea AxB	5079,89	8	634,986	6,49	0,0000
Error	27867,6	285	97,7808		
Lungimea internodului					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	16,6865	2	8,34326	68,42	0,0000
B:Radiație	0,545497	4	0,136374	1,12	0,3480
Interacțiunea AxB	3,90568	8	0,48821	4,00	0,0002
Error	34,7538	285	0,121943		
Lungimea capsulei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	1,42592	2	0,712962	19,29	0,0000
B:Radiație	0,275103	4	0,0687757	1,86	0,1174
Interacțiunea AxB	3,4109	8	0,426362	11,54	0,0000
Error	10,5317	285	0,0369533		
Numărul de capsule per planta					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	5916,77	2	2958,39	75,26	0,0000
B:Radiație	95,0244	4	23,7561	0,60	0,6598
Interacțiunea AxB	3737,7	8	467,212	11,89	0,0000
Error	11202,9	285	39,3086		
Numărul de semințe per capsulă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	1155,51	2	96,3316	18,62	0,0000
B:Radiație	385,326	4	577,757	3,10	0,0160
Interacțiunea AxB	615,813	8	76,9766	2,48	0,0129
Error	8845,13	285	31,0355		
Productivitatea per planta					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	208,04	2	104,02	114,17	0,0000
B:Radiație	9,40466	4	2,35116	2,58	0,0376
Interacțiunea AxB	95,3449	8	10,6681	11,71	0,0000
Error	259,674	285	0,911136		

Anexa 22. Contribuția sursei de variație în generația M₄ asupra variabilității unor caractere cantitative la susan (%)

Înălțimea plantei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	1837,92	2	918,959	7,12	0,0010
B:Radiație	5972,98	4	1493,25	11,57	0,0000
Interacțiunea AxB	15297,4	8	1912,17	14,81	0,0000
Error	36798,4	285	129,117		
Lungimea internodului					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	0,265337	2	0,132669	0,43	0,6516
B:Radiație	1,76593	4	0,441483	4,16	0,0024
Interacțiunea AxB	2,84015	8	0,355019	2,52	0,0151
Error	88,1414	285	0,309268		
Lungimea capsulei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	1,30039	2	0,650197	18,30	0,0000
B:Radiație	1,43161	4	0,357902	10,07	0,0000
Interacțiunea AxB	3,70377	8	0,462846	13,03	0,0000
Error	10,1245	285	0,0355247		
Numărul de capsule per plantă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	1852,57	2	926,286	11,42	0,0000
B:Radiație	1041,02	4	260,256	3,21	0,0134
Interacțiunea AxB	7968,34	8	996,042	12,28	0,0000
Error	23109,9	285	81,0874		
Numărul de semințe per capsulă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	1143,25	2	571,627	11,97	0,0000
B:Radiație	812,521	4	203,13	4,25	0,0023
Interacțiunea AxB	1811,42	8	226,427	4,74	0,0000
Error	13615,1	285	47,7724		
Productivitatea per plantă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	56,2878	2	28,1439	9,16	0,0001
B:Radiație	28,8072	4	7,20179	2,34	0,0551
Interacțiunea AxB	80,2424	8	10,0303	3,26	0,0014
Error	876,037	285	3,07381		

Anexa 23. Analiza variației disperse trifactoriale a unor caractere cantitative la formele mutante de susan din generația M₁ – M₄

Înălțimea plantei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	81592,8	2	40796,4	354,39	0,0000
B:Radiația	9453,15	4	2363,29	20,53	0,0000
C:Generația	196212,0	3	65403,9	568,15	0,0000
AB	13592,7	8	1699,09	14,76	0,0000
AC	17071,9	6	2845,32	24,72	0,0000
BC	4215,51	12	351,293	3,05	0,0003
ABC	26173,3	24	1090,55	9,47	0,0000
Error	131234,0	1140	115,118		
Lungimea internodului					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	30,7711	2	15,3855	70,76	0,0000
B:Radiația	2,17969	4	0,544923	2,51	0,0406
C:Generația	30,6323	3	10,2108	46,96	0,0000
AB	13,8111	8	1,72639	7,94	0,0000
AC	16,2968	6	2,71613	12,49	0,0000
BC	4,63513	12	0,386261	1,78	0,0473
ABC	16,6848	24	0,695201	3,20	0,0000
Error	247,874	1140	0,217434		
Lungimea capsulei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	2,61061	2	1,3053	29,85	0,0000
B:Radiația	3,42008	4	0,855019	19,55	0,0000
C:Generația	0,190491	3	0,0634969	1,45	0,2261
AB	3,06217	8	0,382771	8,75	0,0000
AC	1,19503	6	0,199171	4,55	0,0001
BC	4,31228	12	0,359367	8,22	0,0000
ABC	8,79093	24	0,366289	8,38	0,0000
Error	49,8477	1140	0,0437261		
Numărul de capsule per plantă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	17805,3	2	8902,67	56,52	0,0000
B:Radiația	5963,78	4	1490,94	9,47	0,0000
C:Generația	98689,2	3	32896,4	208,85	0,0000
AB	14221,7	8	1777,71	11,29	0,0000
AC	5836,07	6	972,678	6,18	0,0000
BC	3367,36	12	280,613	1,79	0,0465
ABC	10898,0	24	454,082	2,88	0,0000
Error	179563,0	1140	157,512		
Numărul de semințe per capsulă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	2491,82	2	1245,91	14,09	0,0000
B:Radiația	7381,25	4	1837,81	20,78	0,0000
C:Generația	4351,88	3	1450,63	16,40	0,0000
AB	3701,79	8	1087,72	12,30	0,0000
AC	2154,45	6	359,075	4,06	0,0005

BC	8869,97	12	739,164	8,36	0,0000
ABC	6040,39	24	251,683	2,85	0,0000
Error	100812,0	1140	88,4315		
Productivitatea per plantă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
A:Genotip	401,185	2	200,593	39,15	0,0000
B:Radiația	28,1774	4	7,04435	1,37	0,2405
C:Generația	4487,14	3	1495,71	291,94	0,0000
AB	245,757	8	30,7196	6,00	0,0000
AC	108,099	6	18,0165	3,52	0,0019
BC	38,7129	12	3,22608	0,63	0,8182
ABC	432,855	24	18,0356	3,52	0,0000
Error	11587,5	1140	5,12336		

Anexa 24. Estimarea varianței și parametrilor genetici la caracterele de productivitate la descendenții M₁-M₄ de susan

Înălțimea plantei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Genotip	80344,5	2	40172,3	120,97	0,0000
Error	397502,0	1197	332,082		
Lungimea internodului					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Genotip	30,8429	2	15,4215	55,56	0,0000
Error	332,216	1197	0,277541		
Lungimea capsulei					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Genotip	2,65335	2	1,32668	22,41	0,0000
Error	70,8584	1197	0,0591967		
Numărul de capsule per plantă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Genotip	17198,0	2	8599,0	32,33	0,0000
Error	318383,0	1197	265,984		
Numărul de semințe per capsulă					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Genotip	2400,36	2	1200,18	10,42	0,0000
Error	137882,0	1197	115,189		
Productivitatea per planta					
Effect	SS	Df	MS	F	P
Genotip	399,29	2	199,645	21,36	0,0000
Error	11188,2	1197	9,34688		

Anexa 25. Analiza clusteriană (k-medii) a repartiției genotipurilor de susan în clase în baza caracterelor de creștere și dezvoltare a plantulelor la temperatura minimă (15 °C)

Clus-ter	Caracter	X media	S	Numărul genoti-purilor	Membrii clusterelor
Martor					
1	Germinație, %	93,2	4	13	1 – L ₁ , 3 – Zaltsadovski, 5 – Gusar, 7 – k-1265, 11 – Donskoi belosemiannîi, 14 – k- 1257, 17 – Boiarin, 18 – Adaptovanîi 2, 20 – Kubanets 55, 22 – L ₂ , 24 – Taşkentskii 122, 31 – Liano, 35 – Iubileinîi
	Lungimea rădăcinii, mm	26,6	3,7		
	Lungimea tulpinii, mm	22,2	6,5		
2	Germinație, %	97,2	2,7	17	2 – Djerelo, 6 – BiolSadovski, 8 – Bliscucii, 13 – Cumhuriyet 99, 15 – k-1555, 23 – N162/0781, 25 – Conditorskii 2058, 26 – Belosemeannîi 177, 28 – VNIIMK-1, 29 – Manjurski uluçşennîi, 30 – Margo, 33 – Dulce, 34 – Serebristîi, , 36 – Zalt Sadovzri, 37 – UCR/82 n 209-SUAT, 38 – Margo Tall, 40 – Oro 9/71
	Lungimea rădăcinii, mm	30,3	1,2		
	Lungimea tulpinii, mm	29,5	1,5		
3	Germinație, %	97	1,4	10	4 – Kubanets 57, 9 – Natașa, 10 – Kubanets 93, 12 – k-1621, 16 – Solnecinîi, 19 – Lider, 21 – Kadet, 27 – VNIIMK-889, 32 – Delco, 39 – Oro Shot
	Lungimea rădăcinii, mm	26,1	1,1		
	Lungimea tulpinii, mm	28,6	2,4		
Temperatura minimă (15 °C)					
1	Germinație, %	75,1	8,2	23	1 – L ₁ , 2 – Djerelo, 3 – Zaltsadovski, 4 – Kubanets 57, 5 – Gusar, 6 – BiolSadovski, 8 – Bliscucii, 9 – Natașa, 10 – Kubanets 93, 11 – Donskoi belosemianîi, 13 – Cumhuriyet 99, 15 – k-1555, 16 – Solnecinîi, 17 – Boiarin, 18 – Adaptovanîi 2, 19 – Lider, 20 – Kubanets 55, 21 – Kadet, 22 – L ₂ , 25 – Conditorskii 2058, 27 – VNIIMK-889, 32 – Delco, 35 – Iubileinîi.
	Lungimea rădăcinii, mm	5,4	1,6		
	Lungimea tulpinii, mm	11,3	1,6		
2	Germinație, %	37,6	6,0	11	7 – k-1265. 14 – k- 1257, 23 – N162/0781, 24 – Taşkentskii 122, 28 – VNIIMK-1, 30 – Margo, 33 – Dulce, 34 – Serebristîi, 37 – UCR/82 n 209-SUAT, 38 – Margo Tall, 40 – Oro 9/71.
	Lungimea rădăcinii, mm	3,1	0,6		
	Lungimea tulpinii, mm	8,1	1,6		
3	Germinație, %	53	2,4	6	12 – k-1621, 26 – Belosemeannîi 177, 29 – Manjurski uluçşennîi, 31 – Liano, 36 – Zalt Sadovzri, 39 – Oro Shot.
	Lungimea rădăcinii, mm	3,8	1,8		
	Lungimea tulpinii, mm	8,8	1,4		

Anexa 26. Analiza clusteriană (k-medii) a repartiției genotipurilor de susan în clase în baza caracterelor de creștere și dezvoltare a plantulelor la tratarea boabelor cu FC Alternaria Alternata

Clus-ter	Caracter	X media	S	Numărul genoti-purilor	Membrii clusterelor
Martor					
1	Germinație, %	94,8	17,8	12	1 – L ₁ , 21 – Kadet, 23 – N162/0781, 24 – Taşkentskii 122, 25 – Conditerskii 2058, 29 – Manjurskii ulucişennîi, 31 – Liano, 32 – Delco, 33 – Dulce, 34 – Serebristîi, 35 – Iubileinîi, 40 – Oro 9/71.
	Lungimea rădăcinii, mm	30,7	16,8		
	Lungimea tulpinii, mm	24,7	3,5		
2	Germinație, %	94,1	14,5	20	2 – Djerelo, 3 – Zaltsadovski, 5 – Gusar, 6 – BiolSadovski, 7 – k – 1265, 8 – Bliscucii, 9 – Nataşa, 10 – Kubanets 93, 12 – k-1621, 13 – Cumhuriyet 99, 14 – k-1257, 15 – k-1555, 17 – Boiarin, 18 – Adaptovanîi 2, 27 – VNIIMK-889, 30 – Margo, 36 – Zalt Sadovzri, 37 – UCR/82 n 209-SUAT, 38 – Margo Tall, 39 – Oro Shot.
	Lungimea rădăcinii, mm	22,9	30,6		
	Lungimea tulpinii, mm	14,6	11,4		
3	Germinație, %	85,8	13,1	8	4 – Kubanets 57, 11 – Donskoi belosemiannîi, 16 – Solnecinîi, 19 – Lider, 20 – Kubanets 55, 22 – L ₂ , 26 – Belosemiannîi 177, 28 – VNIIMK-1.
	Lungimea rădăcinii, mm	24,4	17,1		
	Lungimea tulpinii, mm	20,7	5,9		
FC A. Alternata					
1	Germinație, %	87,6	41,2	16	8 – Bliscucii, 9 – Nataşa, 12 – k-1621, 13 – Cumhuriyet 99, 14 – k-1257, 16 – Solnecinîi, 18 – Adaptovanîi 2, 21 – Kadet, 24 – Taşkentskii 122, 29 – Manjurski ulucişennîi, 33 – Dulce, 35 – Iubileinîi, 37 – UCR/82 n 209-SUAT, 38 – Margo Tall, 39 – Oro Shot, 40 – Oro 9/71.
	Lungimea rădăcinii, mm	16,3	17,3		
	Lungimea tulpinii, mm	12,3	13,7		
2	Germinație, %	62,3	24,3	4	2 – Djerelo, 7 – k – 1265, 11 – Donskoi belosemiannîi, 27 – VNIIMK-889.
	Lungimea rădăcinii,mm	21,2	17,5		
	Lungimea tulpinii, mm	17,2	18,6		
3	Germinație, %	90,8	29,2	20	1 – L ₁ , 3 – Zaltsadovski, 4 – Kubanets 57, 5 – Gusar, 6 – BiolSadovski, 10 – Kubanets 93, 15 – k-1555, 17 – Boiarin, 19 – Lider, 20 – Kubanets 55, 22 – L ₂ , 23 – N162/0781, 25 – Conditerskii 2058, 26 – Belosemiannîi 177, 28 – VNIIMK 1, 30 – Margo, 31 – Liano, 32 – Delco, 34 – Serebristîi, 36 – Zalt Sadovzri.
	Lungimea rădăcinii, mm	28,1	18,1		
	Lungimea tulpinii, mm	19,8	15,4		

Anexa 27. Analiza clusteriană (k-medii) a repartiției genotipurilor de susan în clase în baza caracterelor de creștere și dezvoltare a plantulelor, la tratarea boabelor cu FC *F.oxysporum*

Clus-ter	Caracter	X media	S	Numărul genoti-purilor	Membrii clusterelor
Martor					
1	Germinație, %	22,0	0,0	1	10 - Kubanets 93.
	Lungimea rădăcinii, mm	14,4	0,0		
	Lungimea tulpinii, mm	13,9	0,0		
2	Germinație, %	93,3	9,9	26	1 – L ₁ ; 2 - Djerelo; 4 - Kubanets 57; 5 - Gusar; 7 - k – 1265; 8 - Bliscucii; 9 - Natașa; 13 - Cumhuriyet 99; 14 - k-1257; 18 - Adaptovanii 2; 19 - Lider; 20 - Kubanets 55; 21 - Kadet; 22 –L ₂ ; 23 - N162/0781; 24 - Taşkentskii 122; 25 - Conditerskii 2058; 28 - VNIIMC-1; 30 - Margo; 31 - Liano; 32 - Delco; 34 - Serebristii; 35 - Iubileinii; 37 - UCR/82 n 209-SUAT; 38 - Margo Tall; 39 - Oro Shot.
	Lungimea rădăcinii, mm	24,5	26,8		
	Lungimea tulpinii, mm	19,0	11,7		
3	Germinație, %	80,3	6,5	13	3 - Zaltsadovski; 6 - BiolSadovski; 11 - Donskoi belosemiannii; 12 - k-1621; 15 - k-1555; 16 - Solnecinii; 17 - Boiarin; 26 - Belosemiannii 177; 27 - VNIIMC-889; 29 - Manjurskii ulucişennii; 33 - Dulce; 36 - Zalt Sadovzri; 40 - Oro 9/71.
	Lungimea rădăcinii, mm	21,8	4,4		
	Lungimea tulpinii, mm	16,7	2,4		
FC <i>F.oxysporum</i>					
1	Germinație, %	69.9	9.1	15	1- L ₁ ; 3 - Zaltsadovski; 4 - Kubanets 57; 8 – Bliscucii; 10 - Kubanets 93; 15 - k-1555; 19 – Lider; 22 – L ₂ ; 25 - Conditerskii 2058; 27 - VNIIMC-889; 29 - Manjurski ulucişennii; 33 – Dulce; 34 - Serebristii; 36 - Zalt Sadovzri; 38 - Margo Tall.
	Lungimea rădăcinii, mm	22.4	7.8		
	Lungimea tulpinii, mm	14.0	4.8		
2	Germinație, %	88.4	4.7	17	2 - Djerelo; 6 - BiolSadovski; 7 - k – 1265; 9 - Natașa; 12 - k-1621; 16 - Solnecinii; 17 - Boiarin; 18 - Adaptovanii 2; 20 - Kubanets 55; 21 - Kadet; 23 - N162/0781; 26 - Belosemiannii 177; 28 - VNIIMC-1; 32 - Delco; 35 - Iubileinii; 39 - Oro Shot; 40 - Oro 9/71.
	Lungimea rădăcinii, mm	23.2	2.7		
	Lungimea tulpinii, mm	19.4	2.3		
3	Germinație, %	92.4	3.1	8	5 - Gusar; 11 - Donkoi belosemiannii; 13 - Cumhuriyet 99; 14 - k-1257; 24 - Taşkentskii 122; 30 - Margo; 31 - Liano; 37 - UCR/82 n 209-SUAT.
	Lungimea rădăcinii, mm	30.6	3.4		
	Lungimea tulpinii, mm	21.2	1.5		

Anexa 28. Analiza clusteriană (k-medii) a repartiției genotipurilor de susan în clase în baza caracterelor de creștere și dezvoltare a plantulelor, la tratarea boabelor cu FC *F. solani*

Clus - ter	Caracter	X media	S	Numărul genoti- purilor	Membrii clusterelor
Martor					
1	Germinație, %	96,5	5,7	11	3 – Zaltsadovski, 6 – BiolSadovski, 7 – k – 1265, 9 – Natașa, 12 – k-1621, 18 – Adaptovanii 2, 22 – L ₂ , 23 – N162/0781, 24 – Taşkentskii 122, 26 – Belosemiannii 177, 27 – VNIIMC-889;
	Lungimea rădăcinii, mm	25,3	11,0		
	Lungimea tulpinii, mm	29,2	3,0		
2	Germinație, %	96,7	5,9	17	4 – Kubanets 57, 5 – Gusar, 8 – Bliscucii, 10 – Kubanets 93, 11 – Donskoi belosemiannii, 13 – Cumhuriyet 99, 19 – Lider, 21 – Kadet, 29 – Manjurski ulucișennii, 32 – Delco, 34 – Serebristii, 35 – Iubileinii, 36 – Zalt Sadovzri, 37 – UCR/82 n 209-SUAT, 38 – Margo Tall, 39 – Oro Shot, 40 – Oro 9/71.
	Lungimea rădăcinii, mm	25,1	8,1		
	Lungimea tulpinii, mm	21,9	4,1		
3	Germinație, %	93,3	7,5	12	1 – L ₁ , 2 – Djerelo, 14 – k-1257, 15 – k-1555, 16 – Solnecinii, 17 – Boiarin, 20 – Kubanets 55, 25 – Conditerskii 2058, 28 – VNIIMC-1, 30 – Margo, 31 – Liano, 33 – Dulce.
	Lungimea rădăcinii, mm	31,2	6,1		
	Lungimea tulpinii, mm	31,3	12,0		
FC <i>F. solani</i>					
1	Germinație, %	95,7	10,0	22	1– L ₁ , 3 – Zaltsadovski, 4 – Kubanets 57, 5 – Gusar, 8 – Bliscucii, 10 – Kubanets 93, 11 – Donskoi belosemiannii, 12 – k-1621, 14 – k-1257, 16 – Solnecinii, 17 – Boiarin, 18 – Adaptovanii 2, 19 – Lider, 22 – L ₂ , 25 – Conditerskii 2058, 26 – Belosemiannii 177, 27 – VNIIMC-889, 28 – VNIIMC-1, 30 – Margo, 31 – Liano, 32 – Delco, 34 – Serebristii.
	Lungimea rădăcinii, mm	28,8	9,7		
	Lungimea tulpinii, mm	30,7	7,9		
2	Germinație, %	83,6	10,8	5	2 – Djerelo, 6 – BiolSadovski, 9 – Natașa, 15 – k-1555, 33 – Dulce;
	Lungimea rădăcinii,mm	26,0	15,2		
	Lungimea tulpinii, mm	30,0	28,5		
3	Germinație, %	94,8	13,0	13	7 – k – 1265, 13 – Cumhuriyet 99, 20 – Kubanets 55, 21 – Kadet, 23 – N162/0781, 24 – Taşkentskii 122, 29 – Manjurski ulucișennii, 35 – Iubileinii, 36 – Zalt Sadovzri, 37 – UCR/82 n 209-SUAT, 38 – Margo Tall, 39 – Oro Shot, 40 – Oro 9/71.
	Lungimea rădăcinii, mm	24,2	18,2		
	Lungimea tulpinii, mm	21,9	12,7		

Anexa 29. Act de implementare a rezultatelor științifice în cercetare

MINISTERUL EDUCAȚIEI,
CULTURII ȘI CERCETĂRII
AL REPUBLICII MOLDOVA

UNIVERSITATEA DE STAT
DIN MOLDOVA

MD-2009, Chișinău
str. A. Mateevici, 60
tel: (+373-22) 24-48-21, fax: 24-42-48
www.usm.md, email: rector@usm.md



MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE AND RESEARCH OF
THE REPUBLIC OF MOLDOVA

MOLDOVA STATE UNIVERSITY

MD-2009, Chisinau
A. Mateevici str. 60
tel: (+373-22) 24-48-21, fax: 24-42-48
www.usm.md, email: rector@usm.md

08.06.2023 Nr 5096

ACT DE IMPLEMENTARE A REZULTATELOR ȘTIINȚIFICE

Prin prezenta se confirmă că rezultatele investigațiilor științifice realizate în cadrul tezei de doctor în științe biologice „*Studiul caracterelor morfo-biologice valoroase la mostrele din colecția de susan și elaborarea unor procedee de lărgire a spectrului variabilității genetice*” a dlui MOGÎLDA Anatolii au fost implementate în cadrul lucrărilor practice la disciplina „*Tehnici de cercetare în biologia moleculară*”, ciclul II la Departamentul Biologie și Ecologie, Facultatea Biologie și Geoștiințe a Universității de Stat din Moldova. Rezultatele obținute în baza tezei de doctorat au servit drept suport metodologic pentru unitățile de conținut „*Tehnici de mutagenză experimentală*”.

Prodecan:

Elenciuc



ELENCIUC Daniela, dr., conf. univ.

Anexa 30. Diversitatea formelor capsulelor și culoarea semințelor la genotipurile din colecția de susan



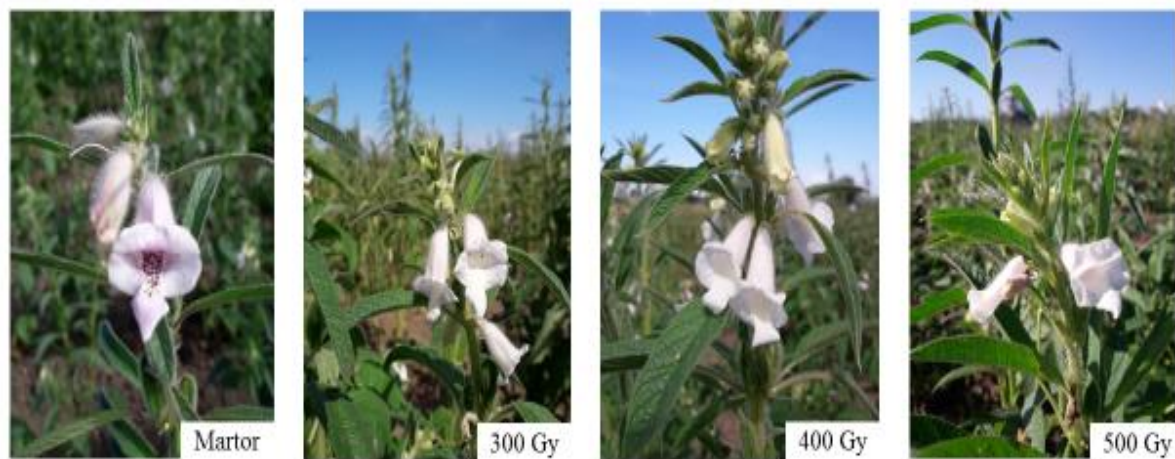
**Anexa 31. Aranjamentul capsulelor de susan pe axul frunzelor: 1 – monocapsular,
2 – multicapsular**



Anexa 32. Influența razelor gama asupra genotipului *Kadet* la dozele de 300 Gy și 500 Gy privind lungimea capsulelor și a internodurilor, comparativ cu martorul



Anexa 33. Influența razelor gama la genotipul *Kadet* cu dozele 300 Gy, 400 și 500 Gy, asupra lipsei pigmentării corolei interioare, comparativ cu martorul



DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnatul, declar pe răspundere personală 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.

Mogîlda Anatolii

Semnătura



Data

08.04.2025

CURRICULUM VITAE



Nume: MOGÎLDA

Prenume: Anatolii

Data nașterii: 27 octombrie 1991

Tel: +373 61019968

Email: anatolii.mogilda10@gmail.com

Cetățenia: MD, RO

Studii superioare:

- 2010 – 2014 – **studii de licență**, Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Facultatea de Horticultură, specialitatea Silvicultură și Grădini Publice.
- 2014 – 2016 – **studii de masterat**, Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Facultatea de Horticultură, specialitatea Managementul ecosistemelor forestiere.
- 2016 – 2019 – **studii de doctorat**, Universitatea de Stat „Dimitrie Cantemir”, IGFPP, specialitatea 162.01 – Genetică vegetală.

Stagii:

2-3 iulie 2015 – Training-ul “Tehnici de cercetare în biologie moleculară” Laboratorul Genomică, Centrul universitar de Biologie Moleculară, UnAȘM, Chișinău, Moldova.

05-14 martie 2017 – Proiect FAO TCP/MOL3504 „ Suport pentru elaborarea Programului Național pentru Resurse Genetice Vegetale pentru Agricultură și Alimentație în Moldova” Center For Plant Diversity at Tápiósztele, Tápiósztele, Érd, Újfehértó, Hungary Preparation for medium and long term conservation (drying process, packaging);

23-30 iunie 2019 – Международный семинар по изучению биоразнообразия на базе Варзобской горно-ботанической станции “Кондара”. молодых учёных из стран СНГ, Академия наук Республики Таджикистана, Таджикистан, Душанбе.

12-16 decembrie 2022 – Training workshop „Climate sensitive crop simulation for analysing impacts and vulnerabilities in the agriculture sector in the Republic of Moldova” Chișinău, Republic of Moldova.

Domeniile de interes științific:

Genetică vegetală, Ameliorarea plantelor.

Activitatea profesională:

- **februarie 2015** – cercetător științific stagiar, Laboratorul Resurse Genetice Vegetale, IGFPP;
- **ianuarie 2020** – prezent – cercetător științific, Laboratorul Resurse Genetice Vegetale, IGFPP.

Participări la proiecte științifice naționale și internaționale:

Proiectul instituțional:

15.817.05.15A – “Elaborarea și managementului Sistemului național de conservare a agrobiodiversității vegetale pentru agricultură și securitatea alimentară a Republicii Moldova” (2015 – 2019);

Programul de stat:

20.80009.5107.11 – ”Conservarea ex situ de lungă durată a resurselor genetice vegetale în Banca de gene cu utilizarea metodelor biologiei moleculare în testareastării de sănătate a germoplasmei vegetale” (2020 – 2023);

Subprogramul:

011102 – ”Extinderea și conservarea diversității genetice, ameliorarea genofondurilor de culturi agricole în contextul schimbărilor climatice”(2024 – 2027);

Proiecte internaționale:

FAO TCP/MOL3504 „ Suport pentru elaborarea Programului Național pentru Resurse Genetice Vegetale pentru Agricultură și Alimentație în Moldova” Center For Plant Diversity at Tápiósztele, Tápiósztele, Érd, Újfehértó, Hungary Preparation for medium and long term conservation, 2017.

Participări la foruri științifice:

29 iunie 2019 – Международный семинар по изучению биоразнообразия на базе Варзобской горно-ботанической станции ”Кондара”. молодых учёных из стран СНГ, Академия наук Республики Таджикистана, Душанбе, Таджикистан, **Comunicare.**

23 noiembrie 2018 – Conferința științifică cu participare internațională “*Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice*” Ediția a 2-a, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova. **2**

Poster.

10 iunie 2019 – Conferința științifică a doctoranzilor “Tendințe contemporane ale dezvoltării științei: viziuni ale tinerilor cercetători”. Ediția a 8-a, vol.1. Chișinău, Republica Moldova.

Raport.

21-22 octombrie 2019 – International Scientific Symposium „Advanced Biotechnologies – Achievements and Prospects Biotehnologii avansate – realizări și perspective” Vth Edition, Chisinau, Republic of Moldova. **Raport.**

3-4 octombrie 2022 – International Scientific Symposium „Advanced Biotechnologies – Achievements and Prospects Biotehnologii avansate – realizări și perspective” VIth Edition, Chisinau, Republic of Moldova. **Raport.**

19-20 mai 2023 – „Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective”, Conferința științifică națională cu participare internațională. Ediția 7, 2023, pp. 101-104, ISBN 978-9975-81-128-6. **Raport.**

Articole științifice publicate:

A. Articole în reviste științifice

Articole în reviste din Registrul Național al revistelor de profil

1. **MOGÎLDA, A.** Toleranța genotipurilor de susan (*Sesamum indicum* L.) la stresul hidric în condițiile modelării lui artificiale. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe Reale și ale Naturii)*. 2020, nr. 6(136), pp. 64-68. ISSN 1814-3237.
2. **MOGÎLDA, A.** Influența mutagenzei induse asupra unor parametri ai productivității în generațiile M₂ și M₃ la susan (*Sesamum indicum* L.). In: *Studia Universitatis (Seria Științe Reale și ale Naturii)*. 2021, nr. 1(141), pp. 133-136. ISSN 1814-3237.
3. **MOGÎLDA, A., LUPAȘCU, G.** Evaluarea rezistenței genotipurilor de *Sesamum indicum* L. la *Fusarium solani* prin testarea pe filtrat de cultură al patogenului. In: *Studia Universitatis (Seria Științe Reale și ale Naturii)*. 2022, nr. 1(151), pp. 29-34. ISSN 1814-3237.

4. **MOGÎLDA, A.,** GANEA, A. Evaluarea unor parametri cantitativi la genotipurile din colecția de *Sesamum indicum* L. In: *Studia Universitatis (Seria Științe Reale și ale Naturii)*. 2022, nr. 6(156), pp. 60-63. ISSN 1814-3237.
5. **MOGÎLDA, A.** Variabilitatea germoplasmei de *Sesamum indicum* L. după reacția la temperatura suboptimală și valoarea ei agronomică. Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții, 2022, nr. 3(347), pp. 32-40. e. ISSN: 1857-064X

Articole în reviste recenzate editate în străinătate

6. LUPAȘCU, G., **MOGÎLDA, A.,** GANEA, A. Variability of *Sesamum indicum* L. germplasm in the reaction to *Alternaria alternata* fungus. Rom. J. Biol. – Plant Biol., 2019, vol. 64, nr. 1–2, pp. 49–59. ISSN 1843-3782.

B. Articole în lucrările conferințelor și altor manifestări științifice

Articole în lucrările conferințelor naționale cu participare internațională

7. **MOGÎLDA, A.** Sesamum Indicum – potențialul biologic și domeniile de utilizare. In: *Tendințe contemporane ale dezvoltării științei: viziuni ale tinerilor cercetători* Conferința științifică a doctoranzilor, (cu participare internațională). Ediția a VI-a, Chișinău, Republica Moldova: Universitatea Academiei de Științe a Moldovei, 2017, vol. 1, pp. 240-243.
8. **MOGÎLDA, A.** Evaluarea unor caractere morfo-biologice la mostrele din colecția de susan. In: *Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice* Conferința științifică cu participare internațională, Ediția a 2-a, 23 noiembrie 2018, Chișinău, Republica Moldova: Universitatea de Stat “Dimitrie Cantemir”, 2018, pp. 344-346. ISBN 978-9975-3178-9-4.
9. **MOGÎLDA, A.** Unele aspecte ale acțiunii razelor gamma asupra genotipurilor de susan. In: *Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice* Conferința științifică cu participare internațională, Ediția a 2-a, 23 noiembrie 2018, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Universitatea de Stat “Dimitrie Cantemir”, 2018, pp. 347-350. ISBN 978-9975-3178-9-4.
10. **MOGÎLDA, A.,** GANEA, A. Aprecierea rezistenței genotipurilor de *Sesamum indicum* L. la *Fusarium oxysporum* prin testarea pe filtratul de cultură al patogenului. In: *Științele vieții în dialogul generațiilor: Conexiuni dintre mediul academic, universitar și de afaceri* Conferința științifică națională cu participare internațională. 21-22 octombrie 2019, Chișinău, Republica Moldova: Tipogr. "Biotehdesign", 2019, pp. 151-152.
11. **MOGÎLDA, A.,** HARCUC, O., BOTNARU, L. Analiza unor parametri cantitativi la genotipurile din cadrul colecției de *Sesamum indicum* L. In: *Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă* Conferința științifico-practică cu participare internațională, Ediția a VIII-a, vol. 2, 20-21 martie 2021, Chișinău. Chișinău: Tipografia Universității de Stat din Tiraspol, 2021, pp. 95-101. ISBN 978-9975-76-327-1.
12. BELOUSOVA, G., **MOGÎLDA, A.** Molecular identification of pathogenic fungi in sesame *Sesamum indicum* L. seeds. In: *Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective* Conferința științifică națională cu participare internațională, Ediția a VI-a, 20-21 mai 2022, Bălți, Republica Moldova: Tipografia Indigou Color pp. 23-26, ISBN 978-9975-3465-5-9.
13. **MOGÎLDA, A.,** GANEA, A. Evaluarea comparativă a unor parametri ai productivității în generațiile M₂ – M₄ la susan (*Sesamum indicum* L.). In: *Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective* Conferința științifică națională cu participare internațională, Ediția a VII-a, 19-20 mai 2023, Bălți, Republica Moldova: Tipar: Bons Offices, 2023, pp. 101-104. ISBN 978-9975-81-128-6.
14. BELOUSOVA, G., **MOGÎLDA, A.** Молекулярно-генетическое обнаружение фитопатогенов в семенах кунжута *Sesamum indicum* L. In: *Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective* Conferința științifică națională cu participare internațională, Ediția a VII-a, 19-20 mai 2023, Bălți, Republica Moldova: Tipar: Bons Offices, 2023, pp. 28-31, ISBN 978-9975-81-128-6.

15. CORLĂTEANU, L., MIHĂILĂ, V., GANEA, A., **MOGÎLDA, A.** Evaluarea potențialului de păstrare a semințelor genotipurilor de susan (*Sesamum indicum* L.) pentru conservarea lor ex situ în colecțiile active ale Băncii de gene. In: *Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective*. Conferința științifică națională cu participare internațională, Ediția a VIII- a, 23-24 mai 2024, Bălți, Republica Moldova: Tipar: Bons Offices, 2024, pp. 24-28. ISBN 978-9975-161-64-0.
 16. BELOUSOVA, G., **MOGÎLDA, A.** Molecular identification of *Fusarium sporotrichioides* in sesame (*Sesamum indicum* L.) leaves. In: *Natural sciences in the dialog of generations*. VII National conference with international participation, 12-13 September 2024, Chișinău, Republic of Moldova, Editura USM, 2024, p.185. ISBN 978-9975-62-756-6.
 17. BELOUSOVA, G., **MOGÎLDA, A.** BELOUSOVA, Galina, MOGÎLDA, Anatolii. Identificarea moleculară a speciilor de fusarium în semințe de susan (*Sesamum indicum* L.). In: *Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor*, Ediția 8, 7-8 octombrie 2024, Chișinău, Republica Moldova: CEP USM, 2024, pp. 33-36. ISBN 978-9975-62-766-5.
- Articole în lucrările conferințelor naționale**
18. **MOGÎLDA, A.** Eficacitatea utilizării factorilor mutageni fizici la susan (*Sesamum indicum* L.). In: *Materialele Conferinței Științifice a doctoranzilor „Tendințe contemporane ale dezvoltării științei: viziuni ale tinerilor cercetători”*. Ediția a VIII-a, vol. 1, 10 iunie 2019, Chișinău, Republica Moldova: Tipogr. „Biotehdesign”, 2019, pp. 122-126. ISBN 978-9975-108-66-9.
- Teze în lucrările conferințelor internaționale**
19. **MOGÎLDA, A.** Evaluarea comparativă a mostrelor din colecția de susan după conținutul de ulei în semințe. In: *Biotehnologii avansate – realizări și perspective* Simpozion științific internațional, Ediția V-a, 21-22 octombrie 2019, Chișinău, Republica Moldova: Tipografia "Print-Caro", 2019, p. 167. ISBN 978-9975-56-695-7.
 20. BELOUSOVA, G., **MOGÎLDA, A.** Molecular-genetic identification *Alternaria* spp. in sesame seeds. In: *International Congress of Geneticists and Breeders from the Republic of Moldova*. Chisinau, Republic of Moldova, Edition XIth, June 15-16, 2021, Chisinau, Republic of Moldova: Editorial-Polygraphic Center of the Moldova State University, 2021, p. 72. ISBN 978-9975-933-56-8.
 21. **MOGÎLDA, A.** The effect of water stress on sesame (*Sesamum indicum* L.) samples from the M₃ generation in the condition of it's artificial modeling. In: *Biotehnologii avansate – realizări și perspective* Simpozion științific internațional, Ediția a VI-a, 3-4 octombrie 2022, Chișinău, Republica Moldova: Editura USM, 2022, pp. 199-201. ISBN 978-9975-159-81-4.
 22. BELOUSOVA, G., **MOGÎLDA, A.** Molecular identification of *Fusarium* spp. pathogens in sesame seeds. In: *Biotehnologii avansate – realizări și perspective* Simpozion științific internațional, Ediția a VI-a, 3-4 octombrie 2022, Chișinău, Republica Moldova: Editura USM, 2022, pp. 10-11, ISBN 978-9975-159-81-4.
- C. Alte lucrări recomandate spre editare aprobate de o instituție abilitată**
- Articole în lucrările confetintelor internaționale de peste hotare**
23. **МОГЫЛДА, А., ГАНЯ, А.** Оценка генотипов из коллекций кунжута (*Sesamum indicum* L.) по параметрам продуктивности. В: *Вклад агрофизики в решение фундаментальных задач сельскохозяйственной науки* Всероссийская научная конференция с международным участием, 1-2 октября 2020, Санкт-Петербург, Россия: ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», 2020, с. 196-202. ISBN 978-5-905200-43-4.
- МОГЫЛДА, А.** Влияние физических мутагенных факторов на некоторые количественные признаки в поколении M₂ *Sesamum indicum* L. В: *Международной научной конференции, посвященной 135-летию Гербария им. П. Н. Крылова Томского государственного университета и 170-летию со дня рождения П. Н.*

Крылова (Томск, 28-30 сентября 2020 г.). Томск, 2020. с. 78-80. ISBN 978-5-94621-927-3.

25. БЕЛОУСОВА, Г., **МОГЫЛДА, А.** Молекулярно-генетическое определение заражения листьев кунжута (*Sesamum Indicum* L.) патогенами G. Fusarium. В: *Международной научной конференции "Агрофизический институт: 90 лет на службе земледелия и растениеводства"*, Санкт-Петербург, Россия: ФГБНУ, 14-15 апреля 2022, с. 482-487. ISBN 978-5-905200-48-9.

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

Могылда