



Agricultural Sciences *știința*
agricolă



UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

ISSN 1857-0003

E-ISSN 2587-3202

ȘTIINȚA AGRICOLĂ

AGRICULTURAL SCIENCES

02 / 2024

CHIȘINĂU 2024

Revista „Știința agricolă” a fost fondată în anul 2005 de către Universitatea Agrară de Stat din Moldova (reorganizată prin fuziune (absorbție) de către Universitatea Tehnică a Moldovei, conform HG 485 din 13.07.2022) și Institutul de Tehnică Agricolă „Mecagro”.

Revista este o publicație științifică de specialitate, recenzată, cu acoperire internațională, adresată oamenilor de știință, cercetătorilor, cadrelor didactice, specialiștilor din complexul agroindustrial și ramurile conexe. Ea constituie o platformă de publicare și diseminare a rezultatelor cercetărilor științifice atât a cercetătorilor din Republica Moldova, cât și de peste hotare.

Domenii de publicare:

- Agronomie
- Horticultură
- Silvicultură
- Ecologie și protecția mediului
- Zootehnie și biotehnologii
- Medicină veterinară
- Inginerie agrară
- Economie agrară

În baza deciziei Consiliului de Conducere al Agenției Naționale de Asigurare a Calității în Educație și Cercetare nr. 18 din 01 martie 2022 revista „Știința agricolă” a fost clasificată în categoria B.

Această revistă este pusă la dispoziție sub Licența Creative Commons Atribuire 4.0 Internațional (CC BY 4.0).

Revista are o periodicitate bianuală și este disponibilă în versiune tipărită și electronică.

<https://press.utm.md/index.php/as>

Redactor-șef:

Sergiu POPA,

Dr. conf. univ., Universitatea Tehnică a Moldovei, sergiu.popa@h.utm.md**Redactor-șef adjunct:**

Victor SFECLĂ

Lector universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei, victor.sfecla@spp.utm.md**Colegiul de redacție:**

Boris GĂINĂ,

doctor habilitat, academician al Academiei de Științe a Moldovei (Republica Moldova)

Ioan ȚENU,

doctor, profesor universitar, academician al AȘR, Universitatea de Științele Vieții „Ion Ionescu de la Brad” din Iași (România)

Tlektes ESPOLOV,

doctor habilitat, profesor universitar, Universitatea Națională de Cercetare Agricolă din Kazahstan, academician al Academiei de Științe din Kazahstan (Kazahstan)

Garib MAMMADOV,

doctor habilitat, academician, Academia Națională de Științe din Azerbaidjan (Azerbaidjan)

Arshaluys POGHOS

TARVERDYAN, doctor habilitat, profesor universitar, academician al AȘA (Armenia)

Alexandru STRATAN,

doctor habilitat, Academia de Studii Economice din Moldova, membru corespondent al Academiei de Științe a Moldovei, (Republica Moldova)

Thomas HERZFELD,

doctor, profesor universitar, Institutul Leibniz de Dezvoltare Agricolă în Economii în Tranziție (Germania)

Florin STĂNICĂ,

doctor, profesor universitar, Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară din București (România)

Vasile VÎNTU,

doctor, profesor universitar, Universitatea de Științele Vieții „Ion Ionescu de la Brad” din Iași (România)

Ioan Vasile ABRUDAN,

doctor, profesor universitar, Universitatea Transilvania din Brașov (România)

Radu SESTRĂȘ,

doctor, profesor universitar, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară din Cluj-Napoca (România)

Seyit AYDIN,

doctor, profesor universitar, Universitatea Kastamonu (Turcia)

Sezgin AYAN,

doctor, profesor universitar, Universitatea Kastamonu (Turcia)

Gerard JIȚĂREANU,

doctor, profesor universitar, Universitatea de Științele Vieții „Ion Ionescu de la Brad” din Iași (România)

Tatiana IVANOVA,

doctor, conferențiar universitar, Universitatea de Științe ale Vieții din Praga (Cehia)

Vera POTOPOVĂ,

doctor, conferențiar universitar, Universitatea de Științe ale Vieții din Praga (Cehia)

Jitka KUMHALOVA,

doctor, conferențiar universitar, Universitatea de Științe ale Vieții din Praga (Cehia)

Gagik TOVMASYAN,

doctor, conferențiar universitar, Universitatea Națională Agricolă din Armenia (Armenia)

Cornel CĂTOI,

doctor, profesor universitar, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară din Cluj-Napoca (România)

Bogdan POPA,

doctor, profesor universitar, Universitatea Transilvania din Brașov (România)

Adelina DUMITRĂȘ,

doctor, profesor universitar, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară din Cluj-Napoca (România)

Cosmin Alin POPESCU,

doctor, profesor universitar, Universitatea de Științele Vieții „Regele Mihai I” din Timișoara (România)

Cătălin-Constantin ROIBU,

doctor, profesor universitar, Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava (România)

Ioana GROZEA,

doctor, profesor universitar, Universitatea de Științele Vieții „Regele Mihai I” din Timișoara (România)

Eugen ULEA,

doctor, profesor universitar, Universitatea de Științele Vieții „Ion Ionescu de la Brad” din Iași (România)

Mihai TALMACIU,

doctor, profesor universitar, Universitatea de Științele Vieții „Ion Ionescu de la Brad” din Iași (România)

Daniel SIMEANU,

doctor, profesor universitar, Universitatea de Științele Vieții „Ion Ionescu de la Brad” din Iași (România)

Nicoleta MATEOC-SIRB,

doctor, profesor universitar, Universitatea de Științele Vieții „Regele Mihai I”, Timișoara (România)

Grigore MARIAN,

doctor habilitat, profesor universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei (Republica Moldova)

Valerian BALAN,

doctor habilitat, profesor universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei (Republica Moldova)

Larisa CAISÎN,

doctor habilitat, profesor universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei (Republica Moldova)

Nicolae STARCIUC,

doctor habilitat, profesor universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei (Republica Moldova)

Grigori BATÎRU

doctor, conferențiar universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei (Republica Moldova)

Gheorghe SAVUȚA,

doctor, profesor universitar, Universitatea de Științele Vieții „Ion Ionescu de la Brad” din Iași (România)

Nadiia DAVYDENKO,

doctor, profesor universitar, Universitatea Națională de Științe ale Vieții și Mediului din Ucraina (Ucraina)

Redactor coordonator:

Viorica LUPU

viorica.lupu@lib.utm.md**Producție editorială:**

Viorica LUPU

Octavian TVERDOHLEB

Ana RURAC

Editor-in-chief

Sergiu POPA

Ph.D., Associate Professor, Technical University of Moldova (Republic of Moldova)

sergiu.popa@h.utm.md**Deputy Editor-in-chief**

Victor SFECLĂ

Lecturer, Technical University of Moldova (Republic of Moldova)

victor.sfecla@spp.utm.md**Editorial Board**

Boris GAINA,

Doctor Habilitatus, Academician of the Academy of Sciences of Moldova (Republic of Moldova)

Ioan TENU,

Ph.D., Professor, "Ion Ionescu de la Brad" Iasi University of Life Sciences, Academician of Romanian Academy of Scientists (Romania)

Tlektes ESPOLOV,

Doctor Habilitatus, Professor, Kazakh National Agrarian University, Academician of the National Academy of the Republic of Kazakhstan (Kazakhstan)

Garib MAMMADOV,

Doctor Habilitatus, Academician of Azerbaijan National Academy of Sciences (Azerbaijan)

Arshaluys POGHOS

TARVERDYAN, Doctor Habilitatus, Professor, Academician of the Armenian Academy of Sciences (Armenia)

Alexandru STRATAN,

Doctor Habilitatus, Academy of Economic Studies of Moldova, corresponding member of the Academy of Sciences of Moldova (Republic of Moldova)

Thomas HERZFELD,

Ph.D., Professor, Leibniz Institute of Agricultural Development in Transition Economies (Germany)

Florin STANICA,

Ph.D., Professor, University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest (Romania)

Vasile VINTU,

Ph.D., Professor, "Ion Ionescu de la Brad" Iasi University of Life Sciences (Romania)

Ioan Vasile ABRUDAN,

Ph.D., Professor, Transilvania University of Brasov (Romania)

Radu SESTRAS,

Ph.D., Professor, University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of Cluj-Napoca (Romania)

Seyit AYDIN,

Ph.D., Professor, Kastamonu University (Turkey)

Sezgin AYAN,

Ph.D., Professor, Kastamonu University (Turkey)

Gerard JITAREANU,

Ph.D., Professor, "Ion Ionescu de la Brad" Iasi University of Life Sciences (Romania)

Tatiana IVANOVA,

Ph.D., Associate Professor, Czech University of Life Sciences Prague (Czech Republic)

Vera POTOPOVA,

Ph.D., Associate Professor, Czech University of Life Sciences Prague (Czech Republic)

Jitka KUMHALOVA,

Ph.D., Associate Professor, Czech University of Life Sciences Prague (Czech Republic)

Gagik TOVMASYAN,

Ph.D., Associate Professor, Armenian National Agrarian University (Armenia)

Cornel CATOI,

Ph.D., Professor, University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of Cluj-Napoca (Romania)

Bogdan POPA,

Ph.D., Professor, Transilvania University of Brasov (Romania)

Adelina DUMITRAS,

Ph.D., Professor, University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of Cluj-Napoca (Romania)

Cosmin Alin POPESCU, Ph.D., Professor, University of Life Sciences „King Mihai I” from Timisoara (Romania)

Cătălin-Constantin ROIBU, Ph.D., Professor, Ștefan cel Mare University of Suceava (Romania)

Ioana GROZEA,

Ph.D., Professor, University of Life Sciences „King Mihai I” from Timisoara (Romania)

Eugen ULEA,

Ph.D., Professor, "Ion Ionescu de la Brad" Iasi University of Life Sciences (Romania)

Mihai TALMACIU,

Ph.D., Professor, "Ion Ionescu de la Brad" Iasi University of Life Sciences (Romania)

Daniel SIMEANU,

Ph.D., Professor, "Ion Ionescu de la Brad" Iasi University of Life Sciences (Romania)

Nicoleta MATEOC-SIRB, Ph.D., Professor, University of Life Sciences „King Mihai I” from Timisoara (Romania)

Grigore MARIAN,

Doctor Habilitatus, Professor, Technical University of Moldova (Republic of Moldova)

Valerian BALAN,

Doctor Habilitatus, Professor, Technical University of Moldova (Republic of Moldova)

Larisa CAISIN,

Doctor Habilitatus, Professor, Technical University of Moldova (Republic of Moldova)

Nicolae STARCIUC,

Doctor Habilitatus, Professor, Technical University of Moldova (Republic of Moldova)

Grigorii BATÎRU

Ph.D., Associate Professor, Technical University of Moldova (Republic of Moldova)

Gheorghe SAVUTA,

Ph.D., Professor, "Ion Ionescu de la Brad" Iasi University of Life Sciences (Romania)

Nadiia DAVYDENKO,

Ph.D., Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Ukraine)

Coordinator Editor

Viorica LUPU

viorica.lupu@lib.utm.md**Editorial Production:**

Viorica LUPU

Octavian TVERDOHLEB

Ana RURAC

CUPRINS

Nina FRUNZE	
COMPONENTA TAXONOMICĂ A COMUNITĂȚILOR PROCARIOTE DIN CERNOZIOMUL TIPIC ȘI ABUNDENȚA LOR LA NIVEL DE FILUM.....	7
Nicolae BUCOR	
PRODUCTIVITATEA HIBRIZILOR DE PORUMB ȘI RITMUL PIERDERII APEI DIN BOABE LA RECOLTARE ÎN CONDIȚIILE CLIMATICE ALE ZONEI DE NORD A REPUBLICII MOLDOVA.....	17
Lilia BRÎNZĂ, Olga DANILESCU, Ion BULHAC, Boris NEDBALIUC	
ROLUL ZINCULUI ÎN PROCESELE DE CREȘTERE ȘI DEZVOLTARE A PLANTULELOR DE PORUMB EXPUSE SECETEI FIZIOLOGICE	25
Grigorii BATÎRU, Galina COMAROVA, Arcadi ADAMCIUC, Eugen ROTARI, Serghei BOUNEGRU, Dumitru COJOCARI, Alexandr ROTARI	
METODOLOGIA DE CREARE A PAȘAPOARTELOR ELECTROFORETICE ALE HIBRIZILOR DE PORUMB ȘI FORMELE LOR PARENTALE LA NIVELUL MOLECULELOR PROTEICE	35
Galina COMAROVA, Alexandr ROTARI, Grigorii BATIRU, Grigorii BATIRU, Eugen ROTARI	
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ЭЛЕКТРОФОРЕЗА ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ В СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВЕ КУКУРУЗЫ.....	43
Даниела ДУБИЦ, Сильвия СЕКРИЕРУ, Виктор БУРДУЖАН, Анжела МЕЛЬНИК	
УРОЖАЙНОСТЬ, КАЧЕСТВО ЗЕРНА И АДАПТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НОВЫХ ГЕНОТИПОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ МОЛДОВЫ.....	52
Елена СТОЯНОВА, Светлана МАЦКОВА	
ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДА ВЫРАЩИВАНИЯ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ	61
Alexei BIVOL, Sergiu BĂDĂRĂU	
EFICACITATEA BIOLOGICĂ COMPARATIVĂ A NOILOR PRODUSE DE UZ FITOSANITAR ÎN SCOPUL COMBATERII MICOZELOR PARAZITE OBLIGATE (PUCCINIA RECONDITA ROB. ET DESM. F. TRITICI ERIKS. ȘI ERYSIPIHE GRAMINIS DC. F. TRITICI MARCHAL.) LA CULTURA GRÂULUI DE TOAMNĂ.....	70
Victor POPESCU, Natalia ȚISLINSKAIA, Mihail MELENCIUC, Vitali VIȘANU, Sergiu POPA, Tatiana BALAN, Dinu VOINESCO, Petru VOLEAC	
CREȘTEREA EFICIENȚEI PROCESULUI DE USCARE A SEMINȚELOR OLEAGINOASE PRIN APLICAREA TRĂTAMENTULUI TERMIC ÎN STRAT DE SUSPENSIE	79
Nataliia PATSERA, Lubov VOYTSEKHIVSKA, Sergii VERBYTSKYI	
POULTRY COMB-BASED FOOD PRODUCTS: APPROACHES TO SHELF-LIFE PREDICTION AND QUALITY ASSESSMENT	85
Ivan CERNEV, Ilie ROTARU	
CAPACITĂȚILE PRODUCTIVE ALE HIBRIZILOR FORMAȚI PRIN UTILIZAREA DIFERITOR TIPURI GENETICE DE SUINE	91
Elena CIBOTARU, Grigore DARIE, Alisa PÎRLOG, Natalia PAVLICENCO	
PARTICULARITĂȚI PRIVIND EVALUAREA CALITĂȚII MATERIALULUI SEMINAL LA TAURI ÎN FUNCȚIE DE PERIOADA DE PĂSTRARE	99
Oxana GROZA, Nicolae STARCIUC	
VIRUSUL ÎNALT PATOGEN AL GRIPEI AVIARE ÎN EUROPA – TENDINȚE ȘI RISCURI DE RĂSPÂNDIRE GEOGRAFICĂ.....	109

CONTENTS

Nina FRUNZE	
THE TAXONOMIC COMPOSITION OF PROKARYOTIC COMMUNITIES IN THE TYPICAL CHERNOZEM AND THEIR ABUNDANCE AT PHYLUM LEVEL.....	7
Nicolae BUCOR	
PRODUCTIVITY OF MAIZE HYBRIDS AND THE RATE OF GRAIN WATER LOSS AT HARVEST UNDER THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE NORTHERN PART OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA	17
Lilia BRÎNZĂ, Olga DANILESCU, Ion BULHAC, Boris NEDBALIUC	
THE ROLE OF ZINC IN THE GROWTH AND DEVELOPMENT PROCESSES OF MAIZE SEEDLINGS EXPOSED TO DROUGHT	25
Grigorii BATÎRU, Galina COMAROVA, Arcadi ADAMCIUC, Eugen ROTARI, Serghei BOUNEGRU, Dumitru COJOCARI, Alexandr ROTARI	
METHODOLOGY FOR CREATING ELECTROPHORETIC PASSPORTS OF MAIZE HYBRIDS AND THEIR PARENTAL FORMS AT THE LEVEL OF PROTEIN MOLECULES.....	35
Galina COMAROVA, Alexandr ROTARI, Grigorii BATIRU, Grigorii BATIRU, Eugen ROTARI	
EXPERIENCE OF USING THE METHOD OF ELECTROPHORESIS OF STORAGE PROTEINS IN MAIZE BREEDING AND SEED PRODUCTION	43
Daniela Dubit, Silvia SECRIERU, Victor BURDUJAN, Angela MELNIC	
YIELD, GRAIN QUALITY AND ADAPTATION PROPERTIES OF NEW GENOTYPES OF WINTER SOFT WHEAT IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL ZONE OF MOLDOVA	52
Elena STOYANOVA, Svetlana MATSKOVA	
EFFECT OF GROWING PERIOD ON GROWTH, DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF POTATO.....	61
Alexei BIVOL, Sergiu BĂDĂRĂU	
COMPARATIVE BIOLOGICAL EFFICACY OF NEW PLANT PROTECTION PRODUCTS FOR THE CONTROL OF OBLIGATE PARASITIC MYCOSES (<i>PUCCINIA RECONDITA</i> ROB. ET DESM. <i>F. TRITICI</i> ERIKS. AND <i>ERYSIPHE GRAMINIS</i> DC. <i>F. TRITICI</i> MARCHAL.) IN WINTER WHEAT	70
Victor POPESCU, Natalia ȚISLINSKAIA, Mihail MELENCIUC, Vitali VIȘANU, Sergiu POPA, Tatiana BALAN, Dinu VOINESCO, Petru VOLEAC	
INCREASING THE EFFICIENCY OF THE DRYING PROCESS OF OILSEEDS BY THE APPLICATION OF HEAT TREATMENT IN SUSPENSION LAYER	79
Nataliia PATSERA, Lubov VOYTSEKHIVSKA, Sergii VERBYTSKYI	
POULTRY COMB-BASED FOOD PRODUCTS: APPROACHES TO SHELF-LIFE PREDICTION AND QUALITY ASSESSMENT	85
Ivan CERNEV, Ilie ROTARU	
PRODUCTIVE CAPACITY OF HYBRIDS DEVELOPED BY USING DIFFERENT GENETIC TYPES OF PIGS	91
Elena CIBOTARU, Grigore DARIE, Alisa PÎRLOG, Natalia PAVLICENCO	
PARTICULARITIES REGARDING THE EVALUATION OF SEMEN QUALITY IN BULLS ACCORDING TO THE STORAGE PERIOD	99
Oxana GROZA, Nicolae STARCIUC	
HIGHLY PATHOGENIC AVIAN INFLUENZA VIRUS IN EUROPE - TRENDS AND RISKS OF GEOGRAPHICAL SPREADING	109

DOI: 10.55505/SA.2024.2.01
UDC: 631.46



COMPONENȚA TAXONOMICĂ A COMUNITĂȚILOR PROCARIOTE DIN CERNOZIOMUL TIPIC ȘI ABUNDENȚA LOR LA NIVEL DE FILUM

Nina FRUNZE, ORCID: 0000-0001-7263-5863

Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

Correspondență: Nina FRUNZE – e-mail: nina.frunze@imb.utm.md

Abstract. In the present study, the changes in the taxonomic composition of prokaryotes at the phylum level in the typical chernozem of the Republic of Moldova during the years 2020-2022 were determined, using the polymerase chain reaction (PCR). The group of microorganisms studied is characterized by a genetic diversity, whose spectrum comprises 15 phyla with a different prevalence in the prokaryotic community. The majority (14) belong to the *Bacteria* domain: *Bacteria: Proteobacteria, Actinobacteriota, Bacteroidota, Firmicutes, Verrucomicrobiota, Acidobacteriota, Planctomycetota, Myxococcota, Nitrospirota, Gemmatimonadota, Cyanobacteria, Patescibacteria, Fibrobacterota, Chloroflexi* and one to the *Archaea* domain – *Thaumarchaeota*. The pool of the representatives of the *Bacteria* domain (82,16-88,32%) was also differentiated by the highest indices in relation to the representatives of the *Archaea* domain. At the same time, the representatives of the *Archaea* domain, registering a share of 11,6-17,84% in the years of study, were among the phyla with the highest abundance and yielded only to the phyla *Proteobacteria* (25,11-31,21%) and *Actinobacteriota* (24,01-26,46%), which held the lead according to this indicator. The study demonstrated that the prokaryotic composition of the studied chernozems varied from year to year, so their taxonomic structure can serve as an important indicator of previous changes in the diversity and composition of prokaryotic communities as a result of agricultural land use.

Keywords: *Typical chernozem; Prokaryotic communities; Bacteria; Archaea; Taxonomic composition.*

Rezumat. În studiul de față au fost stabilite modificările compoziției taxonomice ale procariotelor pe parcursul anilor 2020-2022 la nivel de filum în cernoziomul tipic al Republicii Moldova, folosind reacția în lanț a polimerazei (RLP). Grupul de microorganisme studiate se caracterizează printr-o diversitate genetică, spectrul cărora este alcătuit din 15 filumuri cu o prestanță diferită în comunitatea procariotelor. Majoritatea lor (14) aparțin domeniului *Bacteria: Proteobacteria, Actinobacteriota, Bacteroidota, Firmicutes, Verrucomicrobiota, Acidobacteriota, Planctomycetota, Myxococcota, Nitrospirota, Gemmatimonadota, Cyanobacteria, Patescibacteria, Fibrobacterota, Chloroflexi* și unul domeniului *Archaea – Thaumarchaeota*. Pool-ul reprezentanților domeniului *Bacteria* (82,16-88,32%), de asemenea, s-a deosebit prin cei mai înalți indici în relație cu domeniul *Archaea*. Totodată, reprezentanții domeniului *Archaea*, înregistrând o pondere de 11,6-17,84% în anii de studiu s-au plasat printre filumurile cu cea mai mare abundență cedând doar filumurilor *Proteobacteria* (25,11-31,21%) și *Actinobacteriota* (24,01-26,46%), care dețineau întâietatea după acest indicator. Studiul a demonstrat că compoziția procariotelor cernoziomului studiat variază de la an la an, astfel încât structura lor taxonomică poate servi ca un indicator important al modificărilor anterioare în diversitatea și compoziția comunităților procariote ca urmare a utilizării terenurilor agricole.

Cuvinte-cheie: *Cernoziom tipic; Comunități procariote; Bacteria; Archaea; Compoziție taxonomică.*

INTRODUCERE

Studierea diversității taxonomice a microbiomului din sol este de o importanță teoretică semnificativă pentru înțelegerea structurii comunității microbiene și a rolului microorganismelor în procesele de formare a solului (Doran et al., 1996; Doran et al., 2000; Choudhary et al., 2018). Datorită structurii complexe a solului, ca sistem polifazic heterogen, un gram de sol poate conține până la 10 miliarde de celule ale microorganismelor, aparținând la mii de specii diferite (Torsvik & Øvreås, 2002). Totuși, cultivarea microorganismelor pe medii selective face posibilă studiarea a doar aproximativ 1% din numărul total de microorganisme din sol. Restul de 99% dintre populații nu pot fi cultivate pe medii selective cunoscute (Aman et al., 1995; Handelsman, 2004). În consecință, cunoștințele obținute cu ajutorul metodelor tradiționale despre biodiversitatea microbială din sol sunt incomplete și/sau nu corespunde realității. În acest context, utilizarea metagenomicii pentru studiarea solurilor devine o direcție de cercetare deosebit de relevantă.

Diversitatea microorganismelor din sol determină amploarea funcțiilor ecologice ale solurilor studiate, în care are loc interacțiunea dintre părțile vii și nevii ale solului, determinând astfel formarea de comunități microbiene diferențiate (Ivanova et al., 2015). Introducerea metodelor de ecologie moleculară a microorganismelor a deschis noi perspective pentru analiza comunităților microbiene în ansamblul lor. Numai prin analiza ADN-ului total extras dintr-o probă de sol se poate evalua compoziția reală, structura comunităților microbiene și diversitatea biologică a solului studiat (Chirak et al., 2013; Chirak et al., 2015).

Apariția tehnologiilor de secvențiere cu randament ridicat a facilitat dezvoltarea metagenomicii și descrierea comunităților microbiene în cel mai complet mod, luând în considerare atât formele de microorganisme cultivabile, cât și cele necultivabile (Kimeklis et al., 2015).

La moment, gena 16S rARN este lider în domeniul metagenomicii după numărul de studii dedicate acesteia (Chernov et al., 2017). Popularitatea ridicată a genei 16S rARN este asociată cu universalitatea sa (este prezentă în genomul tuturor procariotelor), nivelul adecvat de conservatorism (adecvat pentru întreaga gamă de niveluri taxonomice de clasificare a procariotelor) și disponibilitatea unei colosale cantități de date despre diversitatea sa, ceea ce face ca gena să fie cea mai studiată în natură și cea mai solicitată. Mulți cercetători consideră că comunitatea microbială este ca o „oglină”, care reflectă caracteristicile habitatului, iar diversitatea acestuia reprezintă posibilitățile ascunse ale microcosmosului solului (Kutovaya et al., 2015; Zverev et al., 2021). În legătură cu aceasta, caracterizarea metagenomică a solurilor este solicitată pentru evaluarea stabilității ecosistemelor solului sub influența factorilor naturali și antropici, iar interesul pentru astfel de studii este în continuă creștere.

Învelișul de sol al Republicii Moldova reprezintă o unicitate la nivel global. Nicio altă țară din lume nu se remarcă prin predominanța cernoziomului – supranumit „regele solului” – în compoziția solurilor sale (Ursu & Curcubat, 2018). Majoritatea acestor soluri, aproximativ 86%, sunt destinate activităților agricole (Cadastrul RM, 2015), iar circa două treimi dintre ele prezintă un bilanț negativ al humusului (Boincean, 2021).

Cu toate acestea, în ceea ce privește studiarea structurii taxonomice a comunităților procariote prin metode biologice moleculare, cernoziomurile Moldovei rămân complet neexplorate, evidențiind necesitatea unor cercetări aprofundate în acest domeniu.

Scopul acestui studiu a fost investigarea abundenței și diversității procariotelor din cernoziomul tipic al Republicii Moldova, utilizând tehnica reacției în lanț a polimerazei (RLP). Studiul s-a desfășurat pe parcursul anilor 2020-2022.

MATERIALE ȘI METODE

Obiectul de studiu l-au constituit comunitățile procariote de microorganisme din cernoziomul tipic, slab humifer, situat în Staționarul „Biotron” (Chișinău) de lungă durată al Academiei de Științe a Moldovei, amplasat în zona pedoclimatică centrală a Republicii Moldova. Probele de sol au fost prelevate primăvara, în perioada 2020- 2022, din orizontul arabil (0-25 cm). În scopul analizei microbiomului solului, mostrele au fost prelevate din varianta nefertilizată (martor) a terenurilor arate ocupate de plantele asolamentului de culturi furajere cu participarea lucernei.

Asolamentul cu șapte câmpuri era la a cincea rotație cu următoarea alternanță a culturilor: lucerna anul 1 (1995, 2003, 2016, 2023), lucerna anul 2 (1996, 2003, 2010, 2017), lucerna anul 3 (1997, 2004, 2011, 2018), grâul de toamnă (1998, 2005, 2012, 2019), porumbul pentru grăunțe (1999, 2006, 2013, 2020), soia sau mazărea (2000, 2007, 2014, 2021) și grâul de toamnă (2001, 2008, 2015, 2022). Analiza metagenomică a microbiomilor din sol a fost efectuată prin tehnologia de secvențiere de mare performanță. Compoziția taxonomică a comunității bacteriene a fost stabilită prin analiza bibliotecilor de ampliconi obținute din fragmentele operonului ribozomal.

Determinarea taxonomică a comunității bacteriene a fost efectuată cu primeri universali F515/R806 pentru regiunea variabilă a genei 16S rRNA-v4 (GTGCCAGCMGCCGCGGTAA /GGACTACVSGGTATCTAAT), specifică pentru o gamă largă de microorganisme, inclusiv bacterii și arhei (Bates et al., 2011).

Bibliotecile au fost secvențiate în conformitate cu instrucțiunile producătorului pe un dispozitiv Illumina Mi Seq (Illumina, SUA) utilizând MiSeq® ReagentKit v3 (ciclu 600) cu citire pe două fețe (2*300 nt). Datele obținute din probele de secvențiere au fost procesate folosind pachetele software Trimmomatic (Bolger et al., 2014) și QIIME (Caporaso et al., 2010). Lucrarea a fost efectuată cu echipamentele Centrului de Utilizare Partajată „Tehnologii Genomice, Proteomică și Biologie Celulară” al Institutului de Cercetare în Microbiologie Agricolă din Sankt Petersburg, Rusia.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Pirosecvențierea cu randament înalt a ADN-ului amplificat (secvențierea regiunii variabile V4 a genei 16S rARN) a relevat că microorganismele identificate aparțineau ambelor domenii procariote: *Bacteria* și *Archaea*. Totuși, majoritatea acestora au aparținut domeniului *Bacteria*. În medie cota parte a bacteriilor a alcătuit 85,4%, iar a arheilor - circa 14,60% (Figura 1). Toate probele de sol au prezentat diferențe semnificative în compoziția taxonomică a microorganismelor, relevând faptul că structura comunității de microorganisme din sol reflectă caracteristicile solului și poate fi folosită ca indicator al stării ecologice a solurilor.

Analiza nucleotidelor a evidențiat că grupul de microorganisme studiate prezintă o diversitate genetică semnificativă, fiind alcătuit din 15 filumuri (Figura 2), fiecare având o pondere distinctă în comunitatea procariotă.

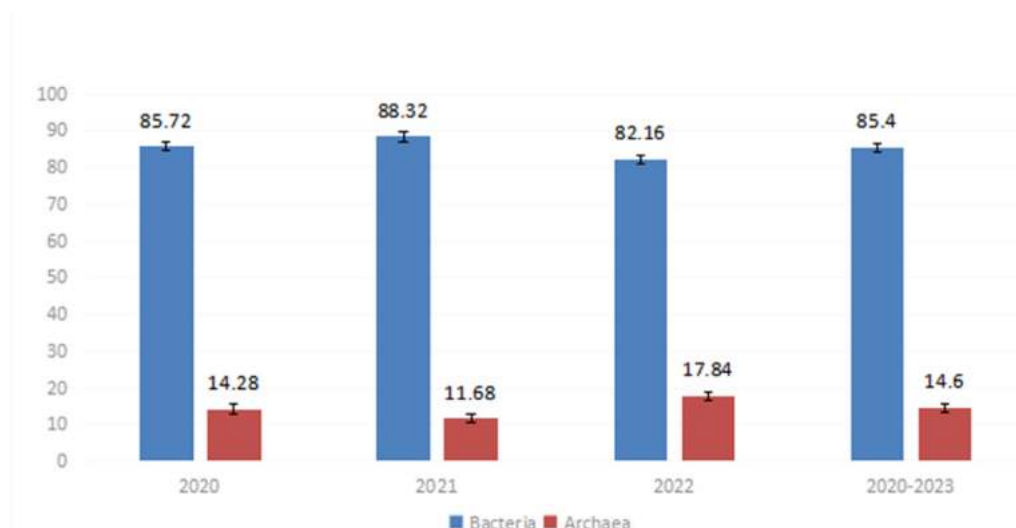


Figura 1. Ponderea bacteriilor și arheilor, identificată timp de 3 ani în cernoziomul tipic, %

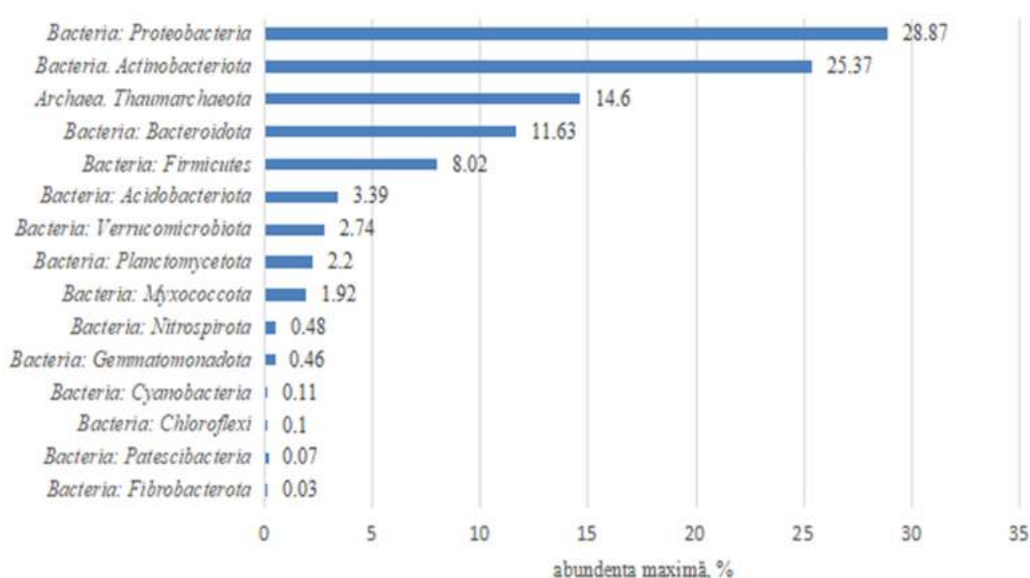


Figura 2. Spectrul filelor de procariote din cernoziomul tipic și abundența lor medie în 2020-2022, %

Dintre acestea, 14 filumuri aparțineau, domeniului *Bacteria*: *Proteobacteria*, *Actinobacteriota*, *Bacteroidota*, *Firmicutes*, *Verrucomicrobiota*, *Acidobacteriota*, *Planctomycetota*, *Myxococcota*, *Nitrospirota*, *Gemmatimonadota*, *Cyanobacteria*, *Patescibacteria*, *Fibrobacterota*, *Chloroflexi* și unul domeniului *Archaea* – *Thaumarchaeota*. Pool-ul reprezentanților domeniului *Bacteria* a fost dominant, cu o abundență variind între 82,16% și 88,32%, comparativ cu domeniul *Archaea*, care a înregistrat o pondere de 11,6% - 17,84% în anii de studiu. În pofida acestei diferențe, *Archaea* s-au clasat printre filumurile lider în funcție de abundență, fiind depășite doar de *Proteobacteria* (25,11% - 31,21%) și *Actinobacteriota* (24,01% - 26,46%), care au ocupat primele poziții conform acestui indicator.

Clasificarea filumurilor în funcție de „semnificația” individuală a frecvenței de apariție a relevat faptul că aceeași compoziție a procariotelor ascunde un rol ierarhic distinctiv în cadrul comunității (Tabelul 1). Conform acestui indicator, toate filumurile pot fi împărțite în trei grupe, care diferă atât ca compoziție cantitativă, cât și calitativă, în funcție de variante.

Prima grupă, având rolul ecologic dominant și o frecvență de apariție $\geq 5\%$, a reprezentat în medie aproximativ 88,49% din genele 16S rARN detectate, constituind grupa cu cea mai mare pondere între cele trei. Aceasta a inclus cinci filumuri cu o abundență $\geq 5\%$: *Proteobacteria* (25,11-31,21%), *Actinobacteriota* (24,01-26,47%), *Thaumarchaeota* (11,68-17,84%), *Bacteroidota* (11,09-12,14%) și *Firmicutes* (6,86-8,76%).

A doua grupă a fost formată din patru filumuri cu rol ecologic secundar, întâlnite de obicei cu o abundență $\leq 5\%$, alcătuind în medie aproximativ 10,25% din genele 16S rARN. Aceasta a inclus: *Planctomycetota* (2,12-4,44%), *Verrucomicrobiota* (1,59-2,62%), *Acidobacteriota* (2,19-3,75%) și *Myxococcota* (1,11-2,87%).

Tabelul 1. Redistribuirea participării relative a procariotelor din cernoziomul tipic, în funcție de gradul de dominanță (g.d.) pe parcursul anilor 2020-2022, %

Gradul de dominanță	2020	2021	2022
Filumurile cu rolul ecologic dominant și abundența $\geq 5\%$			
30,31	<i>Proteobacteria</i>		
31,21		<i>Proteobacteria</i>	
25,62	<i>Actinobacteriota</i>		
26,47		<i>Actinobacteriota</i>	
25,11			<i>Proteobacteria</i>
24,01			<i>Actinobacteriota</i>
17,84			<i>Thaumarchaeota</i>
14,28			
12,14	<i>Thaumarchaeota</i>		
11,68	<i>Bacteroidota</i>		
11,66		<i>Thaumarchaeota</i>	<i>Bacteroidota</i>
11,09			
8,76		<i>Bacteroidota</i>	
8,43	<i>Firmicutes</i>		
6,86		<i>Firmicutes</i>	<i>Firmicutes</i>
Filumurile cu rol ecologic secundar, obișnuit întâlnite cu abundența $\leq 5\%$			
4,44		<i>Acidobacteriota</i>	
3,75			<i>Verrucomicrobiota</i>
3,60			<i>Acidobacteriota</i>
2,39	<i>Planctomycetota</i>		
2,27	<i>Verrucomicrobiota</i>		
2,12	<i>Acidobacteriota</i>		
2,87			<i>Myxococcota</i>
2,62			
2,19		<i>Verrucomicrobiota</i>	<i>Planctomycetota</i>
1,77		<i>Myxococcota</i>	
1,59		<i>Planctomycetota</i>	
1,11	<i>Myxococcota</i>		

Filumurile cu rol ecologic neînsemnat, rar întâlnite și abundența ≤ 1%			
0,86			<i>Nitrospirota</i>
0,50	<i>Gemmatimonadota</i>		
0,44		<i>Gemmatimonadota</i>	<i>Gemmatimonadota</i>
0,39		<i>Nitrospirota</i>	
0,20	<i>Nitrospirota</i>		
0,17			<i>Chloroflexi</i>
0,14			<i>Cyanobacteria</i>
0,12	<i>Chloroflexi</i>	<i>Patescibacteria, Cyanobacteria</i>	
0,08	<i>Cyanobacteria</i>		
0,07	<i>Patescibacteria</i>		
0,04			<i>Fibrobacterota</i>
0,03	<i>Fibrobacterota</i>		<i>Patescibacteria</i>
0,02		<i>Fibrobacterota, Chloroflexi</i>	

Cea de-a treia grupă, deși constituită din cel mai mare număr de reprezentanți (6), are un rol ecologic neînsemnat, fiind compusă din microorganisme rar întâlnite, cu o abundență ≤ 1%: *Gemmatimonadota* (0,44-0,50%), *Nitrospirota* (0,20-0,86%), *Chloroflexi* (0,02-0,14%), *Cyanobacteria* (0,08-0,14%), *Patescibacteria* (0,03-0,07%) și *Fibrobacterota* (0,02-0,04%), având o pondere sumară doar de circa 1,26%.

Filumurile cu rol ecologic dominant și abundență ≥ 5% se succed constant de la un an la altul, modificându-și doar gradul de dominanță, în timp ce numărul și componentele lor rămân neschimbate. În contrast, filumurile cu rol ecologic secundar, obișnuit întâlnite cu abundența de 1-5% , și cele cu rol ecologic neînsemnat, rar întâlnite și cu abundența de până la 1%, își modifică atât gradul de dominanță, cât și modul de succesiune în spectru. Acest fapt sugerează că, într-un caz, condițiile de mediu sunt mai potrivite pentru activitatea vitală a unor microorganisme și mai puțin pentru altele, confirmând astfel că structura comunității de microorganisme a solului reflectă caracteristicile solului și poate fi folosită ca indicator al stării sale ecologice (Spain et al., 2009).

În figura 3 este prezentată forma curbelor de dominanță procariotă, ale căror date demonstrează că comunitățile microbiene studiate în diferiți ani se disting prin individualitatea sa. Conform principiilor ecologice (Odum, 1990), cu cât curba este mai mare și mai netedă, cu atât este mai mare diversitatea lor pentru un anumit număr de taxoni. Din figură se poate observa că aceste curbe sunt foarte apropiate și, în anumite puncte, chiar se contopesc, ceea ce indică faptul că comunitățile studiate sunt similare. De asemenea, curbele de dominanță sunt bine conturate și prezintă diferențe nesemnificative între ele.

Astfel, la nivelul sectorului filumurilor dominante, se observă o distanță între curbele anilor de studiu, în timp ce la nivelul filumurilor cu rol ecologic secundar această distanță se reduce considerabil, dispărând complet la nivelul filumurilor rare, cu rol ecologic neînsemnat în comunitate. O astfel de analiză nu doar că a confirmat regularitățile stabilite anterior, dar a relevat și faptul că filumurile rare, deși au cea mai mică abundență în comunitate, se manifestă ca active, fie privându-se, fie dobândindu-și un nou statut în cadrul comunității. Aceasta este o dovadă suplimentară că, indiferent de poziția lor ierarhică, microorganismele sunt într-o interacțiune constantă și sunt foarte importante pentru funcționarea echilibrată a comunității microbiene (Spain et al., 2009).

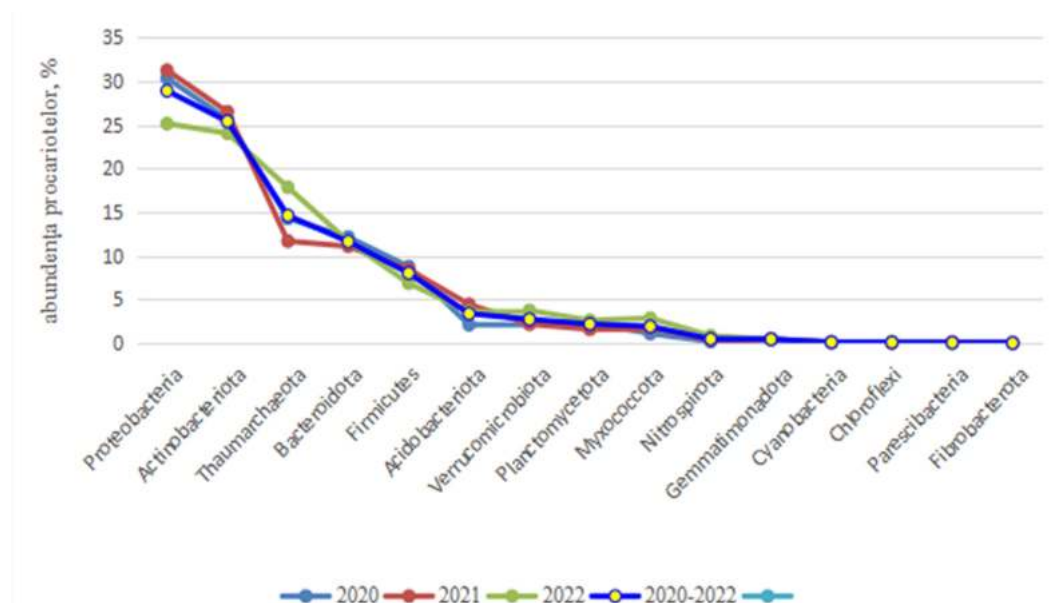


Figura 3. Forma curbelor de dominanță-diversitate a filumurilor procariote din cernoziomul tipic al Stațiunii de Câmp „Biotron”, al Academiei de Științe a Moldovei aranjate în funcție de „semnificația lor”, %

Sub influența factorilor antropici, fizico-chimici și climatici, de la an la an a avut loc o restructurare și o redistribuire semnificativă a procariotelor. Aceste schimbări demonstrează că în lupta sa pentru supraviețuire și dobândirea substanțelor nutritive, microorganismele interacționează între ele, modificându-și gradul de dominanță în comunitate, pierzând sau dobândind un nou statut ecologic. Microbiomul solului Stației Experimentale de lungă durată poate fi caracterizat printr-o diversitate genetică, spectrul căreia este alcătuit din 15 filumuri. Majoritatea filumurilor (14) aparțineau domeniului *Bacteria*: *Proteobacteria*, *Actinobacteriota*, *Bacteroidota*, *Firmicutes*, *Verrucomicrobiota*, *Acidobacteriota*, *Planctomycetota*, *Myxococcota*, *Nitrospirata*, *Gemmatimonadota*, *Cyanobacteria*, *Patescibacteria*, *Fibrobacterota*, *Chloroflexi* și unul domeniului *Archaea* – *Thaumarchaeota*. După semnificația sa în comunitate, procariotele studiate pot fi divizate în trei grupe ecologice. Cota majoritară (88,49%) aparține grupului alcătuit din 5 filumuri cu abundența $\geq 5\%$, care în comunitate au rolul ecologic dominant, apoi celui cu abundența $\leq 5\%$ și rol ecologic secundar (cca 10,25%) și procariotelor rare, adică cu o abundență $\leq 1\%$ (circa 1,26%).

Prin urmare, analiza metagenomică a cernoziomului tipic al Moldovei, reflectând diversitatea reală a comunităților procariote din sol, indică influența generală pe termen lung a factorilor de mediu și antropici. Individualitatea dezvăluită a microbiomilor și diferențele stabilite în compoziția taxonomică a procariotelor se datorează mai multor motive. În primul rând, în ultimii ani, comunitățile microbiene din solurile Moldovei au fost supuse unui pessim ecologic, exprimat prin secete debilitante de primăvară-vară, combinate cu umiditate insuficientă și temperaturi ridicate, iar toamna-iarna prin alternarea înghețurilor-dezghețurilor dese, însoțite de salturi bruște de temperatură. În al doilea rând, microorganismele, în competiția lor pentru substratul nutritiv sărac al solurilor antropice și în manifestarea potențialului ridicat de adaptare la condițiile mereu schimbătoare de mediu, determină amploarea funcțiilor ecologice ale cernoziomului cu un conținut de humus scăzut. În acest tip de sol, are loc o interacțiune bioinertă (Vernadsky, 1960) între componentele vii și cele nevii ale solului, ceea ce duce, pe termen lung, la formarea unei diversități diferențiate de procariote. Acest fapt

permite considerarea comunităților microbiene ca o unitate funcțională care, pe de o parte, depinde în totalitate de condițiile habitatului, iar, pe de altă parte, reprezintă principalul factor în formarea acestuia (Kutovaya et al., 2015). În al treilea rând, nu există nicio îndoială că nivelul colosal al diversității genetice din comunitățile microbiene păstrează urmele unor procese evolutive străvechi. Acestea aduc în prim-plan întrebări legate de influența factorilor de mediu asupra structurii comunităților microbiene din sol, de probleme asociate cu fertilitatea solului și folosirea terenurilor agricole, în timp ce, în profunzime, există probleme asociate nu doar cu evoluția biosferei, ci și cu originea vieții pe Pământ (Andronov cu colab., 2012; Tikhonovichi și al., 2018, Targulian, Bronnikova, 2019).

CONCLUZII

Acest nou nivel de diversitate filogenetică indică faptul că înțelegerea funcțiilor microorganismelor din sol, inclusiv a celor din grupurile filogenetice cu membri culturali numeroși și bine caracterizați, cum ar fi procariotele, se află încă într-un stadiu incipient. Analiza a evidențiat faptul că majoritatea taxonilor nu conțin reprezentanți culturali descriși. Caracteristicile microbiomului solului pot servi drept indicator universal și foarte sensibil al stării solului, fiind utile în optimizarea și biologizarea sistemelor agricole.

Deși datele obținute oferă informații despre distribuția și preferințele ecologice ale procariotelor în cernoziomul tipic al Moldovei, noul nivel de diversitate filogenetică indică faptul că înțelegerea funcțiilor microorganismelor din sol poate fi caracterizată ca preliminară. Este evident că diversitatea acestora reflectă însușirile habitatului, care sunt strâns legate de multifuncționalitatea și caracteristicile specifice ale microorganismelor.

Datorita acestui fapt, procariotele joacă un rol excepțional în determinarea specificității comportamentului lor în mediul biologic studiat, precum și în funcția lor ca elemente esențiale în formarea substanței organice din sol. Aceste proprietăți subliniază importanța procariotelor ca elemente structurale ale substanței vii din sol, care, prin competiția pentru nutrienți și interacțiunea lor continuă, își asigură rolul de „alfabet molecular” al materiei vii.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. AMANN, R. I.; W. LUDWING and K. SGHLEIFER (1995). Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation. *Microbiological Reviews*, vol. 59 (1), pp. 143-169.
2. ANDRONOV, E. E.; S. N. PETROVA; A. G. PINAEV; E. V. PERSHINA; K. M. AKHMEDENOV et al. (2012). Analysis of the Structure of Microbial Community in Soils with Different Degrees of Salinization Using T-RFLP and Real Time PCR Techniques. *Eurasian Soil Science*, vol. 45, no 2, pp. 147-156.
3. ASLAM, Z.; Z. Aslam; M. Yasir; A. Khaliq and K. Matsui, Y. R. Chung (2010). Too much bacteria still unculturable. *Crop & Environment*, vol. 1(1), pp. 59-60.
4. BATES, S.T.; D. BERG-LYONS; J. G. CAPARASO; W. A. WALTERS; R. KNIGHT et al. (2011). Examining the global distribution of dominant archaeal populations in soil. *ISME J*, vol. 5, pp. 908-917.
5. BOINCEAN, B. and D. DENT. (2020). *Management durabil și rezilient al solurilor de cernoziom*. Chișinău: Editura Prut, 244 p. ISBN 978-9975-54-519-8.
6. BOLGER, A. M.; M. LOHSE and B. USADEL (2014). Trimmomatic: a flexible trimmer for Illumina sequence data. *Bioinformatics*, vol. 30 (15), pp. 2114-2120. Disponibil: <https://academic.oup.com/bioinformatics/article/30/15/2114/2390096>
7. CAPORASO, J. G.; J. KUCZYNSKI; J. STOMBAUGH; K. BITTINGER; F. D. BUSHMAN et al. (2010). QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data Intensity normalization improves

- color calling in SOLiD sequencing. *Nature Publishing Group*, vol. 7 (5), pp. 335-336. DOI 10.1038/nmeth.f.303.
8. CHERNOV, T. I.; M. P. LEBEDEVA; A. K. TKHAKAKHOVA and O. V. KUTOVAYA (2017). Profile analysis of microbiomes in soils of solonetz complex in the Caspian Lowland. *Eurasian Soil Science*, vol. 50, pp. 64-69.
 9. CHIRAK, E. L.; E. V. PERSHINA; O. V. KUTOVAYA; E. S. VASILENKO; B. M. KOGUT et al. (2013). Taxonomic structure of microbial Association in different soils investigated by high-throughput sequencing of 16s-rRNA gene library. *Сельскохозяйственная биология*, № 3, pp. 100-109. Disponibil: <https://www.agrobiology.ru/articles/3-2013chirak.pdf>
 10. CHIRAK, E. R.; A. K. KIMEKLIS; E. S. KSARASEV; V. V. KOPAT; V. I. SAFRONOVA et al. (2019). Search for ancestral features in genomes of *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* strains isolated from the relict legume *Vavilovia formosa*. *Genes*, vol. 10 (12), p. 990. Disponibil: <https://www.mdpi.com/2073-4425/10/12/990>
 11. CHOUDHARY, M.; P. C. SHARMA; H. S. JAT; A. DASH; B. RAJASHEKAR et al. (2018). Soil bacterial diversity under conservation agriculture-based cereal systems in Indo-Gangetic Plains. *3 Biotech*, vol. 8, no 304. Disponibil: <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1317-9>
 12. DORAN, J. W. and M. R. ZEISS (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, vol. 15, pp. 3-11. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139300000676>
 13. DORAN, J. W.; M. SARRANTONIO and M. A. LIEBIG (1996). Soil Health and Sustainability. *Advances in Agronomy*, vol. 56, pp. 1-54.
 14. HANDELSMAN, J. (2004). Metagenomics: application of genomics to uncultured microorganisms. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, vol. 68 (4), pp. 669-685. DOI 10.1128/MMBR.68.4.669-685.2004.
 15. HOTĂRÂREA GUVERNULUI REPUBLICII MOLDOVA (HG) cu privire la Cadastrul funciar conform situației la 1 ianuarie 2015: nr. 275 din 19 mai 2015. *Monitorul Oficial*, nr. 131-138/322 din 29.05.2015.
 16. IVANOVA, E. A.; O. V. KUTOVAYA; A. K. TKHAKAKHOVA; T. I. CHERNOV; E. V. PERSHINA et al. (2015). The structure of microbial community in aggregates of a typical chernozem aggregates under contrasting variants of its agricultural use. *Eurasian Soil Science*, vol. 48, pp. 1242-1256.
 17. KIMEKLIS, A. K.; Y. A. DMITRAKOVA; E. V. PERSHINA; E. A. IVANOVA; A. O. ZVEREV et al. (2020). Analysis of microbiome of recultivated soils of the kingisepp area of phosphorite mining. *Сельскохозяйственная биология*, № 55, pp. 137-152.
 18. KUTOVAYA, O. V.; M. P. LEBEDEVA; A. K. TKHAKAKHOVA; E. A. IVANOVA and E. E. ANDRONOV (2015). Metagenomic Characterization of Biodiversity in the Extremely Arid Desert Soils of Kazakhstan. *Eurasian Soil Science*, vol. 48, no 5, pp. 493-500. Disponibil: <https://doi.org/10.1134/S106422931505004X>
 19. PERSHINA, E. V.; E. A. IVANOVA; I. O. KORVIGO; E. L. CHIRAKA; N. H. SERGALIEV et al. (2018). Investigation of the core microbiome in main soil types from the East European plain. *Science of the Total Environment*, vol. 631-632, pp. 1421-1430. Disponibil: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.136>
 20. ROLF, R. (2005). The metagenomics of soil. *Nature Reviews Microbiology*, vol. 3, pp. 470-478.
 21. SEMENOV, M. V.; T. I. CHERNOV; A. K. TKHAKAKHOVA; A. D. ZHELEZOVA; E. A. IVANOVA et al. (2018). Distribution of prokaryotic communities throughout the chernozem profiles under different land uses for over a century. *Applied Soil Ecology*, vol. 127, pp. 8-18. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139317312143>
 22. SPAIN, A. M.; L. R. KRUMHOLZ and M. S. ELSHAHED (2009). Abundance, composition, diversity and novelty of soil Proteobacteria. *ISME J.*, vol. 3(8), pp. 992-1000. Disponibil: <https://www.nature.com/articles/ismej200943>
 23. TARGULIAN, V. O. and M. A. BRONNIKOVA (2019). Soil memory: theoretical basics of the concept, its current state, and prospects for development. *Eurasian Soil Science*, vol. 52, pp. 229-243.
 24. TORSVIK, V. and L. ØVREAS (2002). Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. *Current Opinion in Microbiology*, vol. 5 (3), pp. 240-245. DOI 10.1016/S1369-5274(02)00324-7.
 25. URSU, ANDREI și STELA CURCUBĂȚ (2018). Istoria cernoziomului moldovenesc. *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*, nr. 1(334), pp. 156-163. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/156-163_1.pdf
 26. VERNADSKY, V. I. (1960). *Selected Works (Academy of Sciences of USSR)*. Vol. 5. Moscow, 1960.

27. ZVEREV, A. O.; A. A. KICHKO; A. G. PINAEV; N. A. PROVOROV and E. E. ANDRONOV (2021). Diversity Indices of Plant Communities and Their Rhizosphere Microbiomes: An Attempt to Find the Connection. *Microorganisms*, vol. 9, p. 2339. Disponibil: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9112339>

Conflict of interests

No competing interests were disclosed.

Paper history

Received 11.08.2024; Accepted 12.10.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

DOI: 10.55505/SA.2024.2.02
UDC: 633.15:631.526.325



PRODUCTIVITATEA HIBRIZILOR DE PORUMB ȘI RITMUL PIERDERII APEI DIN BOABE LA RECOLTARE ÎN CONDIȚIILE CLIMATICE ALE ZONEI DE NORD A REPUBLICII MOLDOVA

Nicolae BUCOR, ORCID: 0000-0002-1131-3227

*Instituția Publică Centru Național de Cercetare și Producere a Semințelor; Facultatea Științe Agricole,
Silvice și ale Mediului, Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova*

Corespondență: Nicolae Bucor – e-mail: nicolae.bucor@doctorat.utm.md

Abstract. The article presents a synthesis of investigations conducted on 10 corn hybrids from the early and medium maturity groups, tested under ecological conditions in the northern part of the Republic of Moldova in 2023 at the Visoca Testing Station in Soroca District. According to tests carried, the productivity of the corn hybrids varies on average between 8,17 and 8,61 t/ha, depending on the maturity group. This variation underscores the influence of ecological factors on the development of the hybrids. Corn hybrids from the medium maturity group demonstrate a productivity that is 0,44 t/ha higher than that of the early maturity group. The year 2023 provided favorable climatic conditions for assessing the water loss capacity of the kernels, from physiological maturity to harvest. The maximum intensity of moisture loss from the kernels was observed in the stage IV, where the average percentage of moisture lost per day was 0,45% for hybrids from the early maturity group and 0,48% for those from the medium maturity group. Thus, hybrids with different capacities for moisture loss from the kernels were obtained. The tests highlighted corn hybrids with varying rates of moisture loss from the kernels even after harvest, particularly emphasizing those from the medium maturity group.

Keywords: *Zea mays; Hybrids; Grain yield; Water loss capacity.*

Rezumat. Articolul prezintă o sinteză a investigațiilor efectuate asupra a 10 hibrizi de porumb din grupa de maturitate timpurie și mijlocie, testate în condiții ecologice în nordul Republicii Moldova în 2023, la Stațiunea de testare Visoca, raionul Soroca. Conform testărilor realizate, productivitatea hibrizilor de porumb variază în medie, între 8,17 și 8,61 t/ha, în funcție de grupa de maturitate. Această variație subliniază influența factorilor ecologici asupra dezvoltării hibrizilor. Hibrizii de porumb din grupa de maturitate mijlocie demonstrează o productivitate cu 0,44 t/ha mai mare decât hibrizii din grupa de maturitate timpurie. Anul 2023 a oferit condiții climatice favorabile pentru determinarea capacității de pierdere a apei din boabe, de la maturitatea fiziologică până la recoltare. Intensitatea maximă a cedării umidității din boabe a fost observată în etapa a IV-a, unde procentul de umiditate pierdut pe zi a fost, în medie, de 0,45% pentru hibrizii din grupa de maturitate timpurie și de 0,48% pentru cei din grupa de maturitate mijlocie. Astfel, s-au obținut hibrizi cu capacități diferite de pierdere a apei din boabe. Testările efectuate au evidențiat hibrizi de porumb cu ritmuri diferite de cedare a umidității din boabe și după recoltă, în mod special s-au evidențiat hibrizii din grupa de maturitate mijlocie.

Cuvinte-cheie: *Zea mays; Hibrizi; Producție de boabe; Capacitate de pierdere a apei.*

INTRODUCERE

Porumbul reprezintă una dintre cele mai importante culturi cerealiere la nivel mondial. Creșterea constantă a interesului pentru această cultură se datorează meritelor nutritive ridicate ale boabelor și randamentului semnificativ superior față de alte cereale (Чепелева & Чепелев, 2019).

Dinamica proceselor de integrare pe piața europeană a semințelor de porumb cu productivitate înaltă obligă amelioratorii autohtoni să răspundă cerințelor prin crearea hibrizilor de porumb din diferite grupe de maturitate, care să ofere o capacitate superioară de producție și recoltare timpurie, fără costuri suplimentare pentru uscarea boabelor (Haș et al., 2014).

Majorarea potențialului de recoltă a fost și rămâne un obiectiv fundamental al programelor de ameliorare a porumbului. Hibrizii de porumb noi creați trebuie să fie nu doar înalt productivi, ci și rezistenți la factorii de mediu nefavorabili și să aibă o capacitate ridicată de adaptabilitate în diverse zone de cultivare (Sarca, 2004).

Condițiile climaterice variază considerabil pe întreg teritoriul Republicii Moldova, ceea ce face ca gestionarea reușită în agricultură să depindă în mare măsură de rotația corectă a culturilor în asolament și de alegerea hibrizilor corespunzători, ținând cont de particularitățile ecologice ale teritoriului și ale hibridului (Buza et al., 2007).

O etapă importantă în evaluarea noilor hibrizi de porumb este testarea ecologică, care permite identificarea rapidă a potențialului productiv al acestora și analiza altor caracteristici valoroase din punct de vedere economic, precum umiditatea boabelor la recoltare, rezistența la boli și dăunători, rezistența la polignire și scuturare, perioada de vegetație etc. Testările ecologice se desfășoară în diferite zone pedo-climatice (Annaev, 2022).

Testarea ecologică permite evidențierea noilor soiuri și hibrizi ai diferitelor culturi, pentru a stabili zonele de cultivare potrivite acestora. Producătorii agricoli solicită hibrizi de porumb înalt productivi, care să se caracterizeze printr-o stabilitate ridicată. (Мадьякин, 2018).

Scopul cercetării este de a analiza noii hibrizi de porumb creați de Instituția Publică „Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor”, în funcție de principalele lor caracteristici economice, în condițiile zonei de nord a Republicii Moldova, pentru a evidenția cei mai productivi hibrizi, cu o capacitate mai mare de pierdere a umidității din boabe la recoltare.

MATERIALE ȘI METODE

Cercetările s-au desfășurat în zona de nord a Republicii Moldova, la Stațiunea de testare Visoca din cadrul Comisiei de Stat pentru Testarea Soiurilor de Plante, în anul 2023.

Au fost analizați 10 hibrizi experimentali de porumb, dintre care 5 hibrizi din grupa de maturitate timpurie (FAO 301-350): P. 328; P. 23; P. 21472; P. 20237; P. 23374 și 5 hibrizi din grupa de maturitate mijlocie (FAO 351-450): P. 425; P. 221407; P. 329; P. 22426; P. 221614. Toți hibrizii analizați sunt creație autohtonă, dezvoltată de Instituția Publică „Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor”, prin metoda *top cross*, în cadrul Laboratorului de Genetică și Genofond. Hibrizii de porumb P. 328 și P. 425 au fost utilizați ca martori pentru hibrizii din grupele de maturitate corespunzătoare.

Testarea hibrizilor de porumb s-a efectuat în condiții ecologice, pe câmpul experimental al Stațiunii de testare Visoca. Cultura premergătoare a fost grâul de toamnă. Semănatul s-a efectuat în a treia decadă a lunii aprilie, cu o distanță între rânduri de 70 cm și o adâncime de semănat de 7 cm (Bâlțeanu, 2011). Experiența a fost organizată în patru repetiții, cu parcele de 10 m² și o densitate a culturii de 55-60 mii plante/ha. (Bâlțeanu, 2011; Доспехов, 1985).

Pe parcursul perioadei de vegetație a plantelor, s-au analizat caracterele morfologice, elementele productivității și capacitatea pierderii apei din boabe de la maturitatea fiziologică până la recoltare (Bucor & Secrieru, 2023). Observațiile fenologice au fost efectuate la momentul răsăririi a 75% din plante, fiind determinată perioada răsăririi – înfloririi plantelor (Доспехов, 1985; Федина, 1985; Bucor & Secrieru, 2023).

Măsurările biometrice s-au concentrat asupra caracteristicilor morfologice ale plantelor, incluzând: înălțimea plantei, înălțimea inserției știuletelui și numărul de știuleți pe plantă. De asemenea, s-a analizat rezistența hibrizilor la polignire, precum și la atacurile de boli și dăunători. Recoltarea s-a efectuat manual, în știuleți, pentru fiecare repetiție în parte, pe data de 2 octombrie 2023. Producția a fost determinată în boabe, la umiditatea standard de 14% (Доспехов, 1985; Федина, 1985). Pierderea apei din boabe pe câmp a fost măsurată cu ajutorul umidometrului electronic Wile 65, la intervale de 7 zile, începând de la maturitatea fiziologică (apariția punctului negru la boabe) și până la recoltare (Tritean, 2015; Bucor & Secrieru, 2023).

Dinamica scăderii umidității boabelor la recoltare, pentru toate grupele de maturitate, a fost examinată în cinci perioade, la intervale de 7 zile, între 30 august 2023 și 27 septembrie 2023 (Bucor & Secrieru, 2023).

Datele experimentale au fost prelucrate statistic prin analiza simplă și dublă a variantei, conform metodologiei propuse de B. A. Dosphehov (Доспехов, 1985). Calculul diferenței limite (DL05) a fost efectuat utilizând programul Microsoft Excel, versiunea 2019.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Porumbul este o plantă iubitoare de umiditate și rezistentă la secetă, această particularitate fiind asigurată de sistemul radicular bine dezvoltat. Planta are capacitatea de adaptare la condițiile de secetă prin răsucirea frunzelor și reducerea suprafeței de transpirație. Pentru dezvoltare optimă și obținerea unor recolte înalte, porumbul necesită aproximativ 500,0 mm de precipitații anual. Din aceste considerente, precipitațiile atmosferice reprezintă un factor principal pentru creșterea și dezvoltarea plantelor, perioadele critice din punct de vedere a umidității fiind cele 10 zile înainte de apariția panicului și 20 de zile de la începutul înfloritului. Insuficiența precipitațiilor atmosferice în aceste faze poate compromite semnificativ recolta (Bâlțeanu, 2011; Starodub, 2015).

Un alt factor important care influențează negativ producția de boabe la porumb este temperatura înaltă în perioada de vegetație a plantelor. În faza de înflorire a panicului și apariția mătăsii, temperaturile zilnice ale aerului de peste 25°C sunt nefavorabile pentru plante, iar temperaturile mai mari de 30°C reduc considerabil viabilitatea polenului, ceea ce afectează negativ procesul de polenizare și formarea boabelor în știuleți (Чепелева & Чепелев, 2019).

În zona de nord a Republicii Moldova, perioada de înflorire a panicului și apariția mătăsii are loc în a treia decadă a lunii iulie și în a doua decadă a lunii august. Temperatura optimă a aerului pentru această perioadă este cuprinsă între 22-25°C, aceste condiții fiind favorabile pentru formarea producției de boabe.

În anul de studiu (2023) condițiile agrometeorologice din zona de nord a Republicii Moldova au fost caracterizate printr-un regim termic ridicat și un deficit de precipitații. Cantitatea totală de precipitații atmosferice anuale a fost de 416,0 mm, cele mai mari cantități fiind înregistrate în lunile aprilie (92,0 mm), iunie (86,0 mm) și iulie (95,0 mm) (Figura 1).

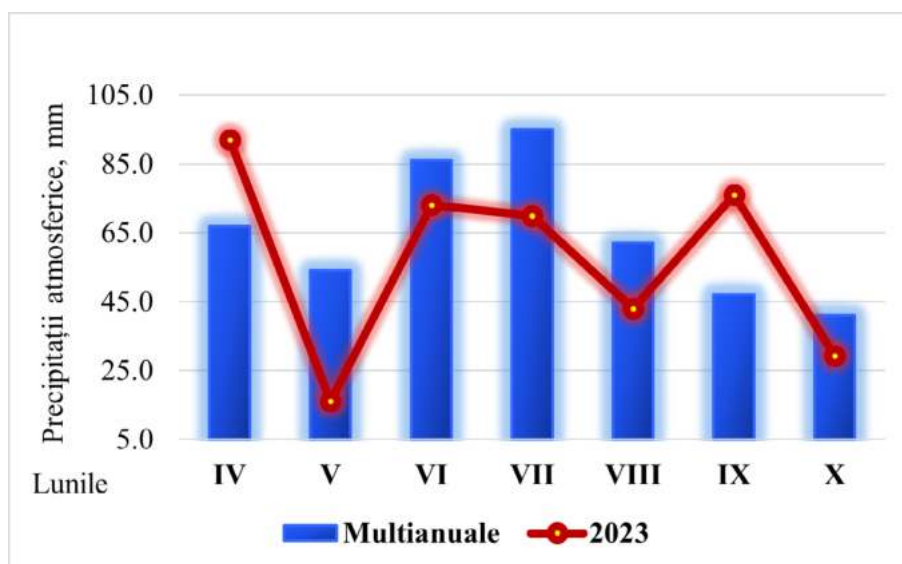


Figura 1. Repartizarea precipitațiilor atmosferice în perioada de vegetație a plantelor în zona de nord a Republicii Moldova, mm (Biroul Național de Statistică, 2024)

Un deficit semnificativ de precipitații a fost înregistrat în lunile august (31,0 mm), septembrie (18,0 mm) și octombrie (28,0 mm), ceea ce a generat condiții nefavorabile pentru creșterea și dezvoltarea porumbului (Serviciul Hidrometeorologic de Stat, 2023; Biroul Național de Statistică, 2024). Temperatura medie anuală a aerului a fost de +12,9°C, depășind norma obișnuită cu 2,9°C. În sezonul de primăvară, temperatura medie în teritoriu a variat între +9,7 și +11,2°C (Figura 2), (Serviciul Hidrometeorologic de Stat, 2023).

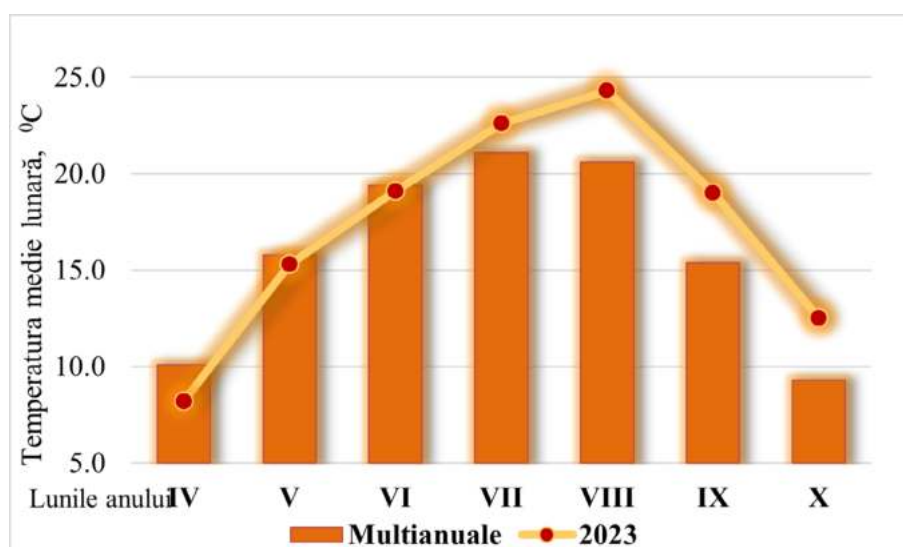


Figura 2. Temperatura aerului medie lunară în perioada de vegetație a plantelor în Zona de nord a Republicii Moldova, °C (Biroul Național de Statistică, 2024)

Toamna din anul 2023 a fost anormal de caldă, înregistrându-se un deficit semnificativ de precipitații în perioada septembrie-octombrie. Temperatura medie a aerului în sezonul de toamnă a variat între +12,1°C +15,2°C. Luna septembrie a fost caracterizată de vreme caldă, cu o temperatură medie lunară cuprinsă între +19,0 și +21,5°C (Figura 2), conform Serviciului Hidrometeorologic de Stat (2023).

Condițiile climatice, respectiv temperatura aerului și umiditatea, sunt factori esențiali în procesul de uscare a cerealelor și influențează uscarea porumbului în câmp. În

condiții climatice optime, porumbul se usucă cu 0,25 –1,0% umiditate pe zi. În schimb, atunci când precipitațiile persistă, alături de zile înnoirate, umiditatea ridicată și temperaturile scăzute, uscarea porumbului se va încetini considerabil sau chiar se va opri.

Condițiile climatice au fost favorabile pentru evaluarea capacității de pierdere a apei din boabele de porumb, de la maturitatea fiziologică până la recoltare. Tabelul 1 prezintă dinamica pierderii apei din boabe pe întreaga perioadă de monitorizare.

Dinamica pierderii umidității din boabe a variat pe parcursul diferitelor perioade de timp, unii hibridi au cedat umiditatea din boabe mai rapid în prima etapă, iar alții în ultimele etape ale analizei. S-a observat că ritmul de pierdere a umidității din boabe a fost diferit între hibridii din grupele de maturitate timpurie și mijlocie.

La data de 30.08.2023, în prima etapă a cercetării, cea mai scăzută umiditate a boabelor a fost observată la următorii hibridi: din grupa de maturitate timpurie: P. 23 – 30,2%; P. 21472 – 30,4%; P. 20237 – 30,6%, și din grupa de maturitate mijlocie: P. 221614 – 25,8%; P. 329 – 30,5% și P. 221407 – 32,8% (Tabelul 1).

Intensitatea maximă de pierdere a umidității din boabe a fost observată în etapa a IV-a, când procentul de umiditate cedată pe zi a fost, în medie, 0,45% pentru hibridii din grupa de maturitate timpurie și 0,48% pentru hibridii din grupa de maturitate mijlocie. Aceste observații au permis identificarea hibridilor cu capacități diferite de pierdere a apei din boabe (Figura 3), hibridii din grupa de maturitate mijlocie evidențiindu-se în mod special.

Tabelul 1. Analiza pierderii apei din boabe la hibridii de porumb în funcție de grupa de maturitate. Stațiunea de testare Visoca, raionul Soroca, anul 2023

Nr. d/o	Denumirea hibridului	Umiditatea inițială a boabelor, %	Umiditatea boabelor cedată pe zi, %						Umiditatea boabelor la recoltare, %
			I	II	III	IV	V	Media	
Grupa de maturitate (FAO): Timpurie									
1.	P. 328 mt.	34,2	0,47	0,63	0,51	0,50	0,60	0,54	14,5
2.	P. 23	30,2	0,99	0,48	0,41	0,52	0,46	0,57	15,0
3.	P. 21472	30,4	0,21	0,19	0,30	0,36	0,35	0,28	18,9
4.	P. 20237	30,6	0,54	0,42	0,54	0,44	0,36	0,46	18,7
5.	P. 23374	34,5	0,64	0,66	0,47	0,46	0,48	0,54	18,5
Media		31,9	0,57	0,48	0,45	0,46	0,45	0,48	17,1
Grupa de maturitate (FAO): Mijlocie									
6.	P. 425 mt.	36,7	0,56	0,76	0,55	0,58	0,54	0,59	19,0
7.	P. 221407	32,8	0,30	0,21	0,26	0,39	0,53	0,34	15,4
8.	P. 329	30,5	0,07	0,34	0,37	0,39	0,39	0,31	17,5
9.	P. 22426	35,2	0,34	0,54	0,67	0,53	0,62	0,54	14,7
10.	P. 221614	25,8	0,10	0,25	0,40	0,31	0,33	0,28	14,8
Media		32,2	0,27	0,42	0,45	0,44	0,48	0,41	16,3

Umiditatea boabelor la recoltare pentru hibridii de porumb din grupa de maturitate timpurie a variat între 14,5% și 18,9%. Hibridul P. 23 a avut umiditatea boabelor la nivelul martor de 15,0%, ceea ce sugerează că ritmul de pierdere a apei din boabe poate varia și nu se manifestă uniform între hibridii din aceeași grupă de maturitate.

Hibrizii din grupa de maturitate mijlocie au prezentat cea mai scăzută umiditate medie a boabelor la recoltare, 16,3%. Printre aceștia, cei cu cele mai scăzute valori ale umidității au fost: P. 22426 – 14,7%, P. 221614 – 14,8% și P. 221407 – 15,4%.

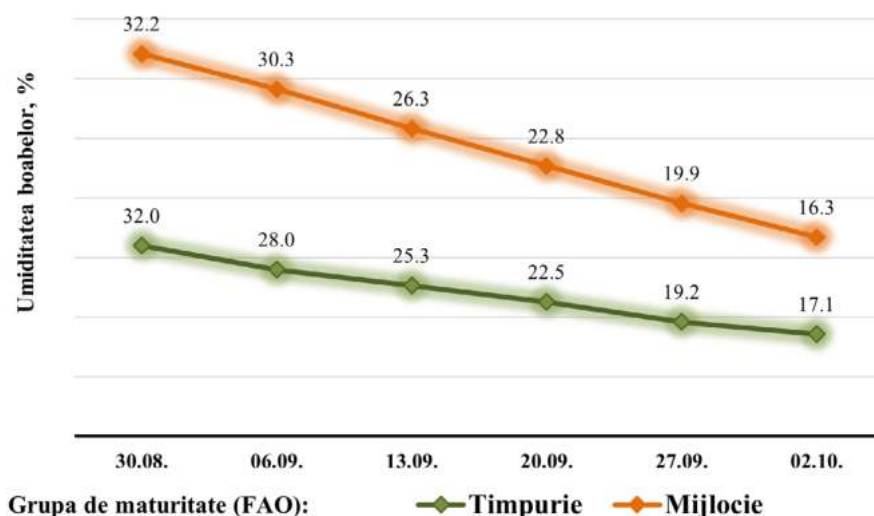


Figura 3. Dinamica pierderii apei din boabe, media hibrizilor pe grupă de maturitate. Stațiunea de testare Visoca, raionul Soroca, anul 2023

Datele din figura 3 demonstrează că, pe măsură ce hibrizii de porumb se dezvoltă, umiditatea medie a boabelor tinde să scadă, indicând o legătură directă între stadiul de dezvoltare și pierderea apei. Astfel, capacitatea de pierdere a apei din boabe se manifestă destul de eficient atunci când condițiile climatice sunt favorabile. În schimb, în condiții de precipitații abundente și temperaturi scăzute ale aerului, procesul de pierdere a umidității din boabe este semnificativ suprimat.

Rezultatele testării în condiții ecologice indică faptul că productivitatea hibrizilor variază în funcție de grupa de maturitate, cu valori medii între 8,17 și 8,61 t/ha. Se observă că hibrizii de porumb din grupa de maturitate mijlocie au o producție de boabe mai mare cu 0,44 t/ha față de hibrizii din grupa de maturitate timpurie (Tabelul 2).

Tabelul 2. Producția hibrizilor de porumb la Stațiunea de testare Visoca, raionul Soroca, anul 2023

Nr. d/o	Denumirea hibrizului	Producția de boabe la umiditatea 14%, t/ha	Umiditatea boabelor la recoltare, %	Randamentul de boabe, %	MMB, g	Nr. de zile răsărire - înflorire
Grupa de maturitate (FAO): Timpurie						
1.	P. 328 mt.	8,71	14,5	88,2	315,3	56
2.	P. 23	8,15	15,0	85,7	294,0	55
3.	P. 21472	9,10	18,9	87,7	272,7	56
4.	P. 20237	7,49	18,7	81,0	247,2	56
5.	P. 23374	7,42	18,5	87,1	295,0	56
Media		8,17	17,1	85,9	284,8	55,8
DL 05		0,51	–	–	–	–

Grupa de maturitate (FAO): Mijlocie						
6.	P. 425 mt.	7,98	19,0	82,2	278,8	58
7.	P. 221407	8,20	15,4	82,6	233,0	58
8.	P. 329	7,62	17,5	85,4	226,3	59
9.	P. 22426	9,65	14,7	85,0	313,5	58
10.	P. 221614	9,58	14,8	84,9	239,0	58
Media		8,61	16,3	84,0	258,1	58,2
DL 05		0,57	-	-	-	-

Datele din tabelul 2 demonstrează că hibrizii de porumb din grupa de maturitate mijlocie au o producție de boabe mai mare față de martor, variind între 0,82 și 1,60 t/ha. Cu toate acestea, hibridul P. 329, deși prezintă o producție mai mică față de martor, se încadrează în diferența limită. Majoritatea hibrizilor de porumb din grupa de maturitate timpurie au o producție mai mică față de martor și nu se încadrează în diferența limită. Totuși, hibridul P. 21472 are o producție de boabe mai mare comparativ cu martorul, cu un surplus de 0,39 t/ha.

Hibrizii din grupa de maturitate mijlocie au demonstrat o productivitate superioară și un ritm de pierdere a umidității din boabe mai pronunțat în comparație cu cei din grupa de maturitate timpurie. Aceste rezultate subliniază importanța alegerii hibrizilor corespunzători, având în vedere adaptabilitatea lor la condițiile climatice și pedologice locale, ceea ce poate influența semnificativ randamentul și calitatea recoltei.

CONCLUZII

Hibrizii de porumb din grupa de maturitate mijlocie au o productivitate mai mare decât cei din grupa de maturitate timpurie, cu diferențe semnificative în randament, între 8,17 și 8,61 t/ha. Cei mai productivi hibrizi din grupa de maturitate mijlocie au fost P. 22426 – 9,65 t/ha, P. 221614 – 9,58 t/ha și P. 221407 – 8,20 t/ha.

Condițiile climatice anului 2023 în zona de nord a Republicii Moldova au fost favorabile pentru determinarea capacității de pierdere a apei din boabe, de la maturitatea fiziologică până la recoltarea hibrizilor de porumb. Hibrizii din grupa de maturitate mijlocie pierd mai eficient umiditatea din boabe comparativ cu cei din grupa timpurie, ceea ce duce la o recoltă mai bine conservată și mai stabilă în ceea ce privește umiditatea boabelor la recoltare.

Hibrizii de porumb din grupa de maturitate mijlocie au o umiditate medie de 16,3%, iar hibrizii P. 22426, P. 221614 și P. 221407 din această grupă au umidități mai scăzute de 14,7%, 14,8%, respectiv 15,4%, față de martor.

Umiditatea boabelor la recoltare pentru hibrizii de porumb din grupa de maturitate timpurie a variat între 14,5% și 18,9%. Hibridul P. 23 a avut umiditatea boabelor la nivelul martor de 15,0%, ceea ce sugerează că ritmul de pierdere a apei din boabe la hibrizii din aceeași grupă de maturitate poate să se manifeste diferit și neuniform.

Pentru cultivarea porumbului, se recomandă alegerea hibrizilor din grupa de maturitate mijlocie pentru condițiile ecologice din nordul Republicii Moldova, având în vedere productivitatea mai mare și capacitatea lor superioară de a pierde umiditatea din boabe. Adaptabilitatea acestora la variabilitatea climatică locală poate contribui la o recoltă mai eficientă și mai stabilă.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. BĂLTEANU, Gh. (2011). *Fitotehnie*. Vol. 1: Cereale și leguminoase pentru boabe. București: Editura Universitară. ISBN 978-606-591-277-9.
2. BIROUL NAȚIONAL DE STATISTICĂ (2024). Mediul înconjurător. Banca de date statistice. Site web. Disponibil: https://statbank.statistica.md/PxWeb/pxweb/ro/10%20Mediul%20inconjurator/10%20Mediul%20inconjurator__MED010/MED010100reg.px/?rxid=b2ff27d7-0b96-43c9-934b-42e1a2a9a774
3. BUCOR, N. și S. SECRIERU (2023). Studiul privind caracterele morfologice, ritmul de pierdere a apei din boabe și producția hibrizilor de porumb. *Știința Agricolă*, 2023, nr. 1, pp. 17-24. ISSN 1857-0003. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/17-24_15.pdf
4. BUZA, V.; P. PÂRVAN; I. BOIAN; S. SINGH; D. RUSU et al. (2007). *Managementul riscurilor dezastrelor în Republica Moldova*. Chișinău, 104 p. ISBN 978-9975-78-558-7.
5. HAȘ, V.; Ioan HAȘ; Ana COPÂNDEAN; Felicia MUREȘANU; Andrei VARGA et al. (2014). Compararea noilor hibrizi de porumb creați la S.C.D.A. Turda. In: *Analele I.N.C.D.A. Fundulea*, vol. 82, pp. 99-110. Disponibil: <https://www.incda-fundulea.ro/anale/82/82.9.pdf>
6. SARCA, V. (2004). Producerea semințelor la porumb. In: M. CRISTEA CĂBULEA, I., SARCA, T. (ed.), *Porumbul. Studiu monografic*. București: Editura Academiei Române, pp. 462-514. ISBN 973-27-1056-X.
7. SERVICIUL HIDROMETEOROLOGIC DE STAT (2023). *Caracterizarea condițiilor meteorologice și agro-meteorologice din anul 2023*. Site web. Disponibil: https://www.meteo.md/images/uploads/clima/anul_2023.pdf
8. STARODUB, V. (2015). *Fitotehnie*. Chișinău, 570 p. ISBN 978-9975-56-267-6.
9. TRITEAN, N. (2015). *Ereditatea unor elemente ale capacității de producție și a perioadei de vegetație la porumbul timpuriu*. Rezumat al tezei de doctor. Cluj-Napoca, 28 p. Disponibil: <https://www.usamvcluj.ro/files/teze/2015/tritean.pdf>
10. АППАЕВ, С. П.; Б. Р. ШОМАХОВ; А. М. КАГЕРМАЗОВ и А. В. ХАЧИДОГОВ. (2022). Результаты экологического испытания гибридов кукурузы по селекционно значимым признакам. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*, № 4 (108). Disponibil: <https://www.kbncran.ru/wp-content/uploads/2022/09/Appa-3.pdf>
11. ДОСПЕХОВ, Б. А. (1985). *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. 5-е изд., доп. и перераб. Москва, 351 с.
12. МАДЯКИН, Е. В. (2018). Экологическое испытание новых гибридов кукурузы в различных почвенно-климатических условиях. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 20 (2-4), pp. 743-746. DOI 10.24411/1990-5378-2018-00090.
13. ФЕДИНА М. А. (1985). *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур*. Выпуск второй. Москва, 1989. 195 с.
14. ЧЕПЕЛЕВА, А. В. и Г. П. ЧЕПЕЛЕВ. (2019). Урожайность и качество зерна кукурузы при применении минеральных удобрений в условиях Амурской области. *Вестник КрасГАУ*, № 10, pp. 49-56. Disponibil: http://www.kgau.ru/vestnik/2019_10/content/07.pdf

Conflict of interests

No competing interests were disclosed.

Paper history

Received 06.07.2024; Accepted 23.10.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

DOI: 10.55505/SA.2024.2.03
UDC: 633.15:631.811.9:581.1



ROLUL ZINCULUI ÎN PROCESELE DE CREȘTERE ȘI DEZVOLTARE A PLANTULELOR DE PORUMB EXPUSE ȘECETEI FIZIOLOGICE

Lilia BRÎNZĂ¹, ORCID: 0000-0003-1936-4376,
Olga DANILESCU^{2,3*}, ORCID: 0000-0001-9090-7164,
Ion BULHAC², ORCID: 0000-0002-2437-2875,
Boris NEDBALIUC¹, ORCID: 0000-0002-9116-4515

¹Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, Republica Moldova

²Institutul de Chimie, Universitatea de Stat din Moldova, Republica Moldova

³Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

*Correspondență: Olga DANILESCU – e-mail: olga.danilescu@chim.utm.md

Abstract. The present work elucidated the effect of the new zinc coordination compound, with the formula $\{[Zn_3(HL)_2(H_2O)_6](SO_4)_2 \cdot 1.5dmf \cdot 2.5H_2O\}_n$ (CCZn) ($H_2L=2,6$ -diacetylpyridine bis(isonicotinoylhydrazon), on the growth and development processes of seedlings of *Zea mays* L., the hybrid SY Ulises, exposed to physiological drought. The physiological drought was induced by adding the natural polymer polyethylene glycol (PEG₆₀₀₀) to the aqueous solutions. PEG₆₀₀₀ reduced the availability of water in the solutions and caused water stress to the seedlings. The experiments were carried out in laboratory conditions, and the research results showed that the CCZn has a positive effect in the early development of maize seedlings, both under favorable conditions and drought conditions. The significant physiologically beneficial influence of CCZn in the concentration range of 0.0001 – 0.01% was highlighted. In the early stages of seedling development, under moderate drought conditions, CCZn presents characteristics of a biologically active substance with anti-stress properties, evidenced by maintaining the growth and biomass accumulation of *Zea mays* L. plants at a significantly higher level than in the „control plant” variant.

Keywords: Maize; Physiological drought; Seed treatment, Zinc compounds; Growth.

Rezumat. În lucrare a fost elucidat efectul compusului coordinativ nou al zincului, cu formula $\{[Zn_3(HL)_2(H_2O)_6](SO_4)_2 \cdot 1.5dmf \cdot 2.5H_2O\}_n$ (CCZn) ($H_2L=2,6$ -diacetilpiridină bis(izonicotinoilhidrazonă), asupra proceselor de creștere și dezvoltare a plantulelor de *Zea mays* L., hibridul SY Ulises, expuse secetei fiziologice. Seceta fiziologică a fost indusă prin adăugarea în soluțiile apoase a polimerului natural polietilenglicol (PEG6000). PEG6000-ul a redus disponibilitatea apei în soluții și a provocat plantulelor un stres hidric. Experimentele au fost realizate în condiții de laborator, iar rezultatele cercetării au demonstrat că CCZn are un efect pozitiv în fazele incipiente ale dezvoltării plantulelor de porumb, atât în condiții favorabile, cât și în condiții de secetă. S-a evidențiat influența fiziologică semnificativă benefică a CCZn în intervalul de concentrații de 0,0001 – 0,01%. În fazele incipiente ale dezvoltării plantulelor, în condiții de secetă moderată, CCZn prezintă caracteristici de substanță biologic activă cu proprietăți antistres, evidențiate prin menținerea creșterii și acumulării biomasei plantelor de *Zea mays* L. la un nivel semnificativ mai ridicat decât în varianta „plante martor”.

Cuvinte-cheie: Porumb; Secetă fiziologică; Tratarea semințelor; Compuși ai zincului; Creștere.

INTRODUCERE

Problemele de mediu sunt actuale, complexe și generează consecințe grave. Ca rezultat al schimbărilor climatice pe Terra, unul dintre factorii meteo nefavorabili și prioritari care apar frecvent în perioadele de vegetație a plantelor este seceta. Reducerea umidității solului cauzată de lipsa severă a precipitațiilor, însoțită de temperaturi și radiații solare ridicate, favorizează o scădere considerabilă a productivității plantelor și, în unele cazuri, pierderea integrală a recoltei.

În Republica Moldova, acest fenomen se extinde în fiecare an pe suprafețe tot mai mari, provocând daune considerabile economiei naționale și având un impact semnificativ asupra sănătății și bunăstării umane. În ultimele două decenii, secetele au devenit mai frecvente și mai intense. Meteorologii prognozează pentru următoarele perioade o creștere a duratei și severității secetelor atmosferice și pedologice. Astfel, oamenii de știință sunt în căutarea unor noi strategii de ameliorare a stării plantelor în condiții de deficit de umiditate a solului. O metodă importantă este utilizarea substanțelor fiziologic active (SFA), care au efecte asupra modificării diferitelor procese metabolice și reglării creșterii și dezvoltării plantelor (Ștefîrță et al., 2023). Printre aceste substanțe se află compușii coordinativi biologic activi pe bază de metale, care au rol de micro-/macroelemente. Avantajul utilizării acestor complecși constă în administrarea lor în concentrații foarte mici, fără riscuri de poluare a mediului înconjurător și fără efecte negative asupra calității producției agricole.

Din literatura de specialitate se cunoaște că zincul reglează creșterea plantelor, favorizează formarea aminoacidului triptofan și majorează conținutul de auxine și gibbereline (Alloway, 2008; Cakmak, 2008). Prezența acestui microelement joacă un rol primordial și în procesele de dezvoltare a zigotului și embrionului. Influența fiziologică a zincului în creșterea și dezvoltarea plantelor de cultură este strâns legată de contribuția sa în schimbul azotului. Deficitul de zinc conduce de obicei la acumularea de amine și aminoacizi, perturbând în același timp sinteza proteinelor. Zincul îmbunătățește sinteza zaharurilor și amidonului, reglează conținutul de carbohidrați, substanțe proteice, acid ascorbic și clorofilă și sporește biomasa uscată, având, de asemenea, capacitatea de a crește rezistența plantelor la temperaturi extreme.

Zincul este un oligoelement esențial în creșterea și dezvoltarea optimă a plantelor, având o influență sporită asupra proceselor redox din organismul vegetal. Este implicat în sinteza hormonului de creștere (auxinei), în formarea ATP-ului, clorofilei, în diviziunea celulară și formarea mitocondriilor. Zincul joacă, de asemenea, un rol important în nutriția minerală a plantei, accelerează biosinteza proteinelor, crește conținutul de acid ascorbic și acționează ca o componentă a 40 de enzime respiratorii. Acesta sporește masa substanței uscate, crește permeabilitatea membranei celulare, accelerează ritmul de creștere și dezvoltare, îmbunătățește procesele din organele de reproducere (în timpul fertilizării), sporește rezistența plantelor la boli, secetă și la temperaturi sub- și supraoptimale (Alloway, 2008; Chen et al., 2017; Hareb et al., 2022). Acest element nutritiv are un efect pozitiv asupra formării știuleților de porumb, crescând numărul acestora și ajutând planta să lupte cu condițiile de mediu nefavorabile (Burzo et al., 1999; Vazin, 2012).

În plantă, zincul reglează biosinteza vitaminelor, metabolismul proteinelor, carbohidraților și al nutrienților (Alloway, 2008; Cakmak, 2008). Acest element nutritiv influențează semnificativ metabolismul carbohidraților prin efectele sale asupra fotosintezei și transformării zaharurilor (Potarzycki et al., 2009). Zincul favorizează, de asemenea, absorbția cuprului, borului și reduce nivelurile de fier, potasiu, mangan, plumb și cadmiu din sol, reglează metabolismul fosforului. O cantitate insuficientă de zinc este adesea observată pe solurile carbonate neutre și ușor alcaline, iar pe solurile cu un pH acid, aplicarea suplimentară poate fi nepractică.

Insuficiența de zinc în sol este unul dintre cele mai frecvente fenomene întâlnite la plantele agricole. Acest deficit afectează permeabilitatea membranei celulare, reducând rezistența plantelor la boli și determinând scăderea indicatorilor cantitativi de producție, ceea ce poate duce chiar la moartea culturilor. Așadar, aprovizionarea insuficientă cu zinc are un impact semnificativ asupra randamentului culturilor (Brînză et al., 2023). În cazul în care primăvara există o deficiență de zinc, mugurii plantelor fructifere înfloresc slab, creșterea frunzelor tinere încetinește, se afectează rozetele și se formează frunze mici. De asemenea, se produce deformarea frunzelor (asimetria frunzei cu margini ondulate), iar culoarea acestora devine galben-verzuie. Plantele dezvoltă o statură mică, iar creșterea apicală este întârziată. Pot apărea și diverse cloroze ale frunzelor (pe vârfuri se formează pete mici maronii, iar frunzele se ondulează). Cele mai sensibile culturi la carența de zinc sunt: cartoful, hrișca, sfecla, trifoiul, porumbul, orezul și inul.

Corectarea și prevenirea insuficienței de zinc se poate realiza prin utilizarea fertilizanților care conțin zinc aplicat înainte de semănat. Totuși, nutriția excesivă cu zinc poate duce la apariția unor modificări negative, cum ar fi formarea de pete albe de lichid pe partea inferioară a frunzelor, iar suprafața acestora devine neuniformă. În timp, frunzele pot cădea.

Sulfatul de zinc (ZnSO_4) este în prezent cel mai utilizat îngrășământ datorită solubilității sale ridicate și a costului redus. Totuși, eficiența acestuia în furnizarea zincului către plante este foarte limitată (Amer et al., 1980; Srivastava et al., 2009; Recena et al., 2021). Această limitare se datorează reacțiilor zincului în sol, care limitează disponibilitatea acestuia pentru plante, precum și unei difuzii restrânse a acestui element nutritiv în anumite tipuri de sol (Zhao et al., 2014; Joy et al., 2015).

Pentru cercetările ulterioare, a fost ales compusul coordinativ al Zn(II) datorită compoziției sale chimice avantajoase, incluzând un conținut ridicat de zinc și azot (Figura 1), o solubilitate crescută în apă și alte proprietăți favorabile. Acest compus prezintă un potențial important în stimularea creșterii și dezvoltării plantulelor de porumb, în special în condiții de umiditate suboptimală.

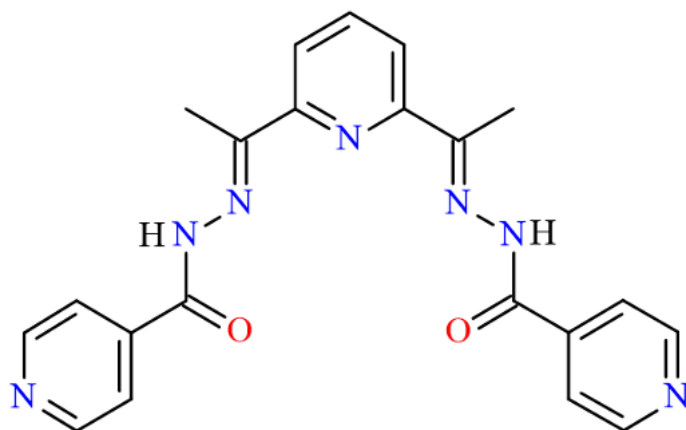


Figura 1. Formula de structură a agentului de coordonare 2,6-diacetilpiridin-bis(izonicotinoilhidrazonă).

Scopul cercetărilor a fost de a studia acțiunea unui compus coordinativ nou al zincului, cu formula chimică $[\text{Zn}_3(\text{HL})_2(\text{H}_2\text{O})_6](\text{SO}_4)_2 \cdot 1,5\text{dmf} \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ (CCZn) (H_2L =2,6-diacetilpiridin-bis (izonicotinoilhidrazonă) (Mazza et al., 1992), asupra proceselor de creștere și dezvoltare a plantulelor de *Zea mays* L., hibridul Ulises, în condiții de secetă fiziologică. În acest studiu ne-am propus să determinăm dacă CCZn posedă proprietăți de substanță fiziologică activă și să analizăm modul în care acesta afectează procesele de creștere și dezvoltare a plantulelor de *Zea mays* L.

În cadrul cercetărilor recente, s-a demonstrat că CCZn posedă un efect bacteriolic/bacteriostatic pronunțat, în funcție de concentrație, precum și activitate antiproliferativă împotriva celulelor canceroase de sân (MCF-7). În plus, s-a constatat o biocompatibilitate ridicată cu fibroblastele umane (Danilescu et al., 2024).

MATERIALE ȘI METODE

Compusul coordinativ testat, cu formula chimică $[\text{Zn}_3(\text{HL})_2(\text{H}_2\text{O})_6](\text{SO}_4)_2 \cdot 1,5\text{dmf} \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ (CCZn), a fost sintetizat și analizat în Laboratorul de Chimie Coordinativă al Institutului de Chimie, Universitatea de Stat din Moldova.

Experiențele de testare au fost montate în cadrul Laboratorului de Genetică, Fiziologie și Biochimie a Plantelor al Institutului de Cercetare, Inovare și Transfer Tehnologic al Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă” din Chișinău. În calitate de obiecte de studiu au servit plantule de *Zea mays* L., hibridul SY Ulises, crescute în experiențe de laborator.

Porumbul SY Ulises este un hibrid semitimpuriu, cu o perioadă de vegetație de 120-130 zile. Acest hibrid se remarcă prin producții bune în condiții de stres termic și hidric. Hibridul SY Ulises a fost omologat în Republica Moldova și inclus în „Catalogul soiurilor de plante pentru anul 2017” (Machidon et al., 2017).

În cadrul experiențelor a fost luat un singur hibrid de porumb, deoarece scopul cercetărilor a constat în elucidarea efectului compusului coordinativ al zincului asupra plantulelor de porumb, precum și de a stabili dacă acest compus posedă proprietăți de substanță fiziologic activă. Datele prezentate în tabele reprezintă media valorilor absolute din cele trei serii de experiențe.

În perioada martie-mai 2023 s-au realizat trei seturi de experiențe. În fiecare serie de experiențe, plantulele au fost cultivate în pahare cu capacitatea de 200 ml, în trei repetiții biologice pentru fiecare variantă. În fiecare pahar s-au dezvoltat câte 10 plantule de porumb. Plantulele au fost crescute în camera de cultivare, în condiții controlate de iluminare, temperatură și umiditate a aerului. Faza de lumină a constituit 14 ore, urmată de o fază de întuneric de 10 ore. Temperatura aerului a constituit 23-25°C, iar umiditatea aerului 65-70%.

Seceta este un fenomen în care apa din sol este insuficientă pentru plante, ceea ce perturbă procesele fiziologice normale ale acestora, precum fotosinteza, creșterea și dezvoltarea. Aceasta poate fi cauzată de lipsa precipitațiilor sau de dificultăți în absorbția apei din sol.

Seceta fiziologică la plante este un tip de stres hidric care nu este cauzat de o lipsă absolută a apei în sol (substrat), ci de incapacitatea plantei de a utiliza apa disponibilă din diverse motive fiziologice sau structurale. Aceasta se poate întâmpla chiar și atunci când substratul conține apă suficientă, dar plantele (plantulele) nu pot să o absoarbă sau să o transporte eficient din cauza unor factori interni sau externi, care afectează funcțiile lor biologice. În experiențele realizate, seceta fiziologică a fost indusă de substanța osmotică – PEG₆₀₀₀.

Tehnicile de investigare a stresului provocat de secetă sunt diverse, iar evaluarea acestuia poate fi efectuată pe diferite tipuri de substraturi, inclusiv pe cele apoase. Deficitul de apă poate fi indus prin utilizarea unor agenți osmotici, cum ar fi clorura de sodiu, manitolul, sorbitolul sau PEG-ul. Acești agenți osmotici reduc potențialul apei în substrat, la nivelul rădăcinilor plantelor (Duca et al., 2024).

Pentru inducerea secetei, PEG₆₀₀₀ este utilizat cel mai frecvent, având capacitatea de a crește vâscozitatea soluției și, astfel, de a reduce absorbția apei de către rădăcinile plantelor. Acest polimer natural, cu masă cuprinsă între 200-15000 daltoni, este utilizat

frecvent datorită proprietății sale de a modifica osmotic mediul, fără a fi toxic și fără a fi absorbit de către plante. PEG₆₀₀₀ nu interacționează cu compușii chimici prezenți în soluții, însă poate modifica potențialul osmotic al mediului apos într-un mod controlat, permițând ajustarea nivelurilor de stres prin schimbarea concentrației soluției de polimer. Utilizarea PEG₆₀₀₀ reprezintă o metodă eficientă pentru inducerea stresului hidric controlat în plante, la diferite etape de dezvoltare, inclusiv la etapele inițiale ale ontogenezei (Duca et al, 2024).

În cadrul acestor experiențe s-au rezolvat următoarele sarcini: - identificarea concentrației fiziologic optime a soluției CCZn asupra germinării semințelor și dezvoltării plantulelor la etapele inițiale ale ontogenezei, precum și evaluarea efectului acestui compus asupra creșterii și dezvoltării plantulelor expuse secetei induse de PEG₆₀₀₀.

Pentru testarea efectului complexului CCZn asupra creșterii plantulelor de *Zea mays* L. la etapele inițiale ale ontogenezei, precum și identificarea concentrației optime, au fost montate experiențe de laborator, ce au inclus următoarele variante:

1. Martor, plantule crescute din semințe tratate cu apă;
2. Plantule crescute din semințe tratate cu soluție apoasă de CCZn (0,1%);
3. Plantule crescute din semințe tratate cu soluție apoasă de CCZn (0,01%);
4. Plantule crescute din semințe tratate cu soluție apoasă de CCZn (0,005%);
5. Plantule crescute din semințe tratate cu soluție apoasă de CCZn (0,001%);
6. Plantule crescute din semințe tratate cu soluție apoasă de CCZn (0,0001%).

Pentru evaluarea efectului tratării semințelor cu soluție de CCZn asupra creșterii și dezvoltării plantulelor expuse acțiunii secetei fiziologice la etapele inițiale ale ontogenezei, au fost montate experiențe ce au inclus variantele:

1. Martor optim – plantule crescute pe fond optim din semințe tratate cu apă;
2. Martor secetă – plantule crescute din semințe tratate cu apă și expuse acțiunii secetei fiziologice;
3. ZnSO₄ optim (analog) – plantule crescute pe fond optim, din semințe tratate cu soluție apoasă de ZnSO₄ (0,001%);
4. ZnSO₄ secetă (analog) – plantule crescute din semințe tratate cu soluție apoasă de ZnSO₄ (0,001%) și expuse acțiunii secetei fiziologice;
5. CCZn optim – plantule crescute pe fond optim, din semințe tratate cu soluție apoasă de CCZn (0,001%);
6. CCZn secetă – plantule crescute din semințe tratate cu soluție apoasă de CCZn (0,001%) și expuse acțiunii secetei fiziologice.

Condiții de secetă fiziologică de intensitatea $\Psi=1,5$ MPa au fost create prin adăugarea soluției de PEG₆₀₀₀ cu concentrația de 18%, timp de 48 de ore.

Indici determinați: masa și lungimea coleoptilului, sistemului radicular și plantulelor. Măsurătorile s-au realizat după 10 zile de creștere și dezvoltare a plantulelor de porumb.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Primul obiectiv al studiului a constat în verificarea proprietăților de substanță fiziologic activă a CCZn și identificarea concentrațiilor optime. În experiențe de laborator (Figura 2; Tabelul 1) s-a studiat influența CCZn asupra creșterii și dezvoltării plantulelor de porumb, *Zea mays* L., hibridul Ulises. În vederea determinării diapazonului de concentrație fiziologic efectivă, s-a studiat influența soluțiilor apoase de CCZn cu concentrațiile 0,1; 0,01; 0,005; 0,001 și 0,0001% asupra proceselor vitale ale plantulelor de porumb.



Figura 2. Influența CCZn asupra creșterii plantulelor de porumb.
Experiență de laborator

Tratarea semințelor cu soluții apoase de CCZn intensifică procesele de creștere a plantulelor în mod diferit, în funcție de concentrația soluției utilizată. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 1 și demonstrează un efect fiziologic pozitiv semnificativ al CCZn în intervalul de concentrații 0,0001- 0,01%.

La 10 zile după germinare, parametrii morfologici ai plantulelor provenite din semințe tratate cu soluții de CCZn la concentrațiile de 0,01%, 0,005%, 0,001% și 0,0001% au depășit valorile martorului cu: 7,83; 18,48; 26,48; 12,67% după creșterea liniară și cu 7,30; 25,81; 33,45; 18,17% după acumularea biomasei. Însă soluția de CCZn cu concentrația 0,1%, având efect de inhibare, a produs un impact negativ asupra proceselor de creștere și dezvoltare a plantulelor de porumb.

Tabelul 1. Influența concentrației CCZn asupra creșterii și dezvoltării plantulelor de porumb la etapele inițiale ale ontogenezei

Variante	Concentrația, %	Lungimea, cm						Biomasa, g					
		sistemului radicular		coleoptilului		plantulei		sistemului radicular		coleoptilului		plantulei	
		M ± m	Δ, %	M ± m	Δ, %	M ± m	Δ, %	M ± m	Δ, %	M ± m	Δ, %	M ± m	Δ, %
Martor, H ₂ O		13,69 ± 0,19		9,04 ± 0,09		22,73 ± 0,14		0,321 ± 0,007		0,268 ± 0,002		0,589 ± 0,015	
CCZn	0,1	6,20 ± 0,14	-54,71	6,84 ± 0,10	-24,34	13,04 ± 0,12	-42,63	0,249 ± 0,004	-22,43	0,219 ± 0,003	-18,28	0,468 ± 0,012	-20,54
	0,01	14,11 ± 0,22	3,07	10,41 ± 0,19	15,15	24,51 ± 0,20	7,83	0,352 ± 0,005	9,66	0,280 ± 0,005	4,48	0,632 ± 0,011	7,30
	0,005	16,29 ± 0,09	18,99	10,64 ± 0,17	17,70	26,93 ± 0,13	18,48	0,420 ± 0,008	30,84	0,321 ± 0,004	19,78	0,741 ± 0,018	25,81
	0,001	18,02 ± 0,13	31,63	10,73 ± 0,08	18,69	28,75 ± 0,11	26,48	0,443 ± 0,006	38,01	0,343 ± 0,002	27,99	0,786 ± 0,015	33,45
	0,0001	16,08 ± 0,15	17,46	9,53 ± 0,13	5,42	25,61 ± 0,14	12,67	0,402 ± 0,008	25,23	0,294 ± 0,003	9,70	0,696 ± 0,009	18,17

Rezultatele investigațiilor realizate confirmă că CCZn posedă proprietăți de substanță fiziologic activă și are o influență benefică semnificativă asupra creșterii și dezvoltării plantulelor de *Zea mays* L. în etapele inițiale ale ontogenezei.

Un alt obiectiv al cercetării a constat în evaluarea efectului CCZn asupra creșterii și dezvoltării plantulelor de porumb în condiții de secetă. În acest scop, au fost montate experiențe ce au inclus variante expuse secetei. În condiții optime, după 10 zile de la germinarea semințelor, s-au înregistrat deosebiri ale parametrilor morfologici ai plantulelor de porumb (Tabelul 2; Figura 3).

În urma analizei rezultatelor obținute s-a constatat că, în condiții optime, plantulele obținute din semințe tratate cu $ZnSO_4$ și, îndeosebi, cele tratate cu compusul coordinativ al zincului, se deosebesc prin valori mai mari ale parametrilor morfologici, comparativ cu plantulele din semințe netratate crescute în aceleași condiții. Astfel, plantulele din semințe tratate cu soluții de $ZnSO_4$ și CCZn au avut sistemul radicular cu 3,19 și respectiv 6,56 cm mai lung față de plantulele martor. Lungimea coleoptilului la plantulele din semințe tratate cu $ZnSO_4$ și CCZn au depășit martorul cu 12,17-21,99%.

Tabelul 2. Efectul tratării semințelor cu soluții de $ZnSO_4$ și CCZn cu concentrația 0,001% asupra creșterii și dezvoltării plantulelor de porumb expuse acțiunii secetei fiziologice la etapele inițiale ale ontogenezei

Variante	Umiditatea	Lungimea, cm						Biomasa, g					
		sistemului radicular		coleoptilului		plantulei		sistemului radicular		coleoptilului		plantulei	
		M ± m	Δ, % M*	M ± m	Δ, % M*	M ± m	Δ, % M*	M ± m	Δ, % M*	M ± m	Δ, % M*	M ± m	Δ, % M*
Martor, H ₂ O	optim	17,33 ± 0,22		15,28 ± 0,16		32,61 ± 0,19		0,479 ± 0,003		0,413 ± 0,009		0,892 ± 0,006	
	secetă	13,09 ± 0,19	-24,47	11,82 ± 0,07	-22,64	24,91 ± 0,13	-23,61	0,351 ± 0,004	-26,72	0,318 ± 0,002	-23,00	0,669 ± 0,003	-25,00
ZnSO ₄ , 0,001%	optim	20,52 ± 0,33	18,41	17,14 ± 0,21	12,17	37,66 ± 0,27	15,49	0,572 ± 0,009	19,42	0,443 ± 0,011	7,26	1,015 ± 0,010	13,79
	secetă	15,20 ± 0,28	-12,29	14,69 ± 0,18	-3,86	29,89 ± 0,23	-8,34	0,434 ± 0,007	-9,39	0,351 ± 0,005	-15,01	0,785 ± 0,006	-12,00
CCZn, 0,001%	optim	23,89 ± 0,15	37,85	18,64 ± 0,37	21,99	42,53 ± 0,26	30,42	0,622 ± 0,008	29,85	0,504 ± 0,014	22,03	1,126 ± 0,011	26,23
	secetă	18,84 ± 0,31	8,71	16,82 ± 0,17	10,08	35,66 ± 0,24	9,35	0,554 ± 0,013	15,66	0,443 ± 0,011	7,26	0,997 ± 0,012	11,77

Notă: M* - Martor optim

Aceeași legitate a fost înregistrată și în cazul acumulării biomasei plantulelor, ca urmare a intensificării creșterii și dezvoltării sistemului radicular și coleoptilului. În condiții optime de aprovizionare cu apă s-a constatat o majorare a biomasei plantulelor tratate cu SFA și a constituit 13,79-26,23% comparativ cu martorul. Conform rezultatelor obținute, majorare semnificativă s-a înregistrat în varianta cu utilizarea soluțiilor apoase de CCZn.

Influența benefică a CCZn asupra creșterii și dezvoltării porumbului, în fazele timpurii de dezvoltare, s-a evaluat după gradul de modificare (% față de martor) a parame-

trilor morfologici ai plantulelor crescute în condiții de secetă fiziologică, comparativ cu cele crescute în condiții optime. La etapele inițiale ale ontogenezei, în a 10-ea zi după germinare, seceta fiziologică a condiționat o inhibare semnificativă a creșterii liniare a sistemului radicular și a coleoptilului plantulelor netratate (Tabelul 2; Figura 3). Efectul negativ asupra lungimii sistemului radicular și coleoptilului plantulelor netratate a constituit 22,64% și 23,61% comparativ cu valoarea acestui indice la plantulele martor, crescute în condiții optime. Un impact negativ similar, al stresului hidric, s-a constatat în analiza valorilor absolute ale biomasei sistemului radicular și coleoptilului plantulelor de porumb netratate, comparativ cu cele din varianta martor „optimă”.

Diferențe semnificative au fost înregistrate în variantele cu aplicarea substanțelor fiziologic active. La plantulele crescute din semințe tratate cu soluție de CCZn s-a constatat o tendință de majorare pronunțată a creșterii plantulelor comparativ cu cele tratate cu ZnSO_4 , atât în condiții optime, cât și de stres hidric. Astfel, în condiții optime biomasa și lungimea plantulelor tratate cu ZnSO_4 constituia 13,79 și respectiv 15,49%, comparativ cu plantulele din varianta martor „optimă”. La cele tratate cu CCZn acești indici erau de 26,23% și 29,85% corespunzător.

De asemenea, insuficiența umidității a condiționat o diminuare semnificativă a proceselor de acumulare a masei plantulelor în toate variantele experimentale, în mod special la plantulele martor din semințe netratate. Masa plantulelor din varianta martor, supuse secetei, s-a redus cu 25,00% comparativ cu cea a plantulelor martor crescute în condiții optime. În același timp, masa plantulelor din semințe tratate cu soluții de ZnSO_4 și CCZn , supuse secetei, a fost mai mare decât cea a plantulelor din semințe netratate crescute în aceleași condiții, fiind de 1,17 ori și respectiv 1,49 ori.

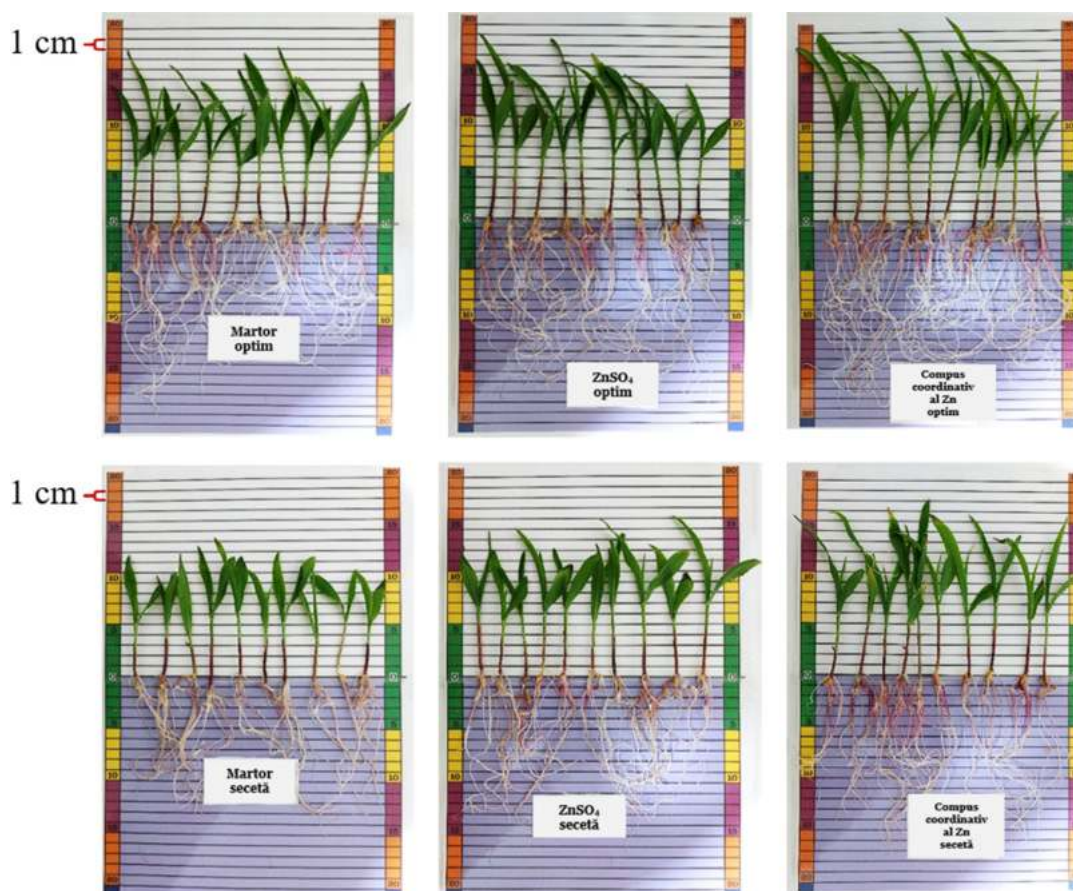


Figura 3. Aspectul morfologic al plantulelor de porumb din semințe tratate cu ZnSO_4 și CCZn , crescute în condiții optime și de secetă fiziologică

Analizând soluțiile fiziologic active (SFA) incluse în studiu, rezultatele investigațiilor au demonstrat un efect pozitiv mai pronunțat în cazul tratării semințelor cu soluția de CCZn cu concentrația de 0,001%, comparativ cu utilizarea pentru tratare a soluției de ZnSO_4 cu concentrație similară.

Productivitatea primară a plantulelor provenite din semințe tratate cu soluția de CCZn depășește semnificativ nu doar valorile înregistrate pentru plantulele martor, ci și pe cele ale plantulelor din semințe tratate cu soluția de ZnSO_4 , atât în condiții optime, cât și în condiții de secetă fiziologică.

CONCLUZII

Asigurarea plantulelor cu zinc prin tratarea semințelor înainte de semănat cu soluție de CCZn contribuie la adaptarea acestora la stresul hidric și la menținerea performanței lor de creștere și dezvoltare.

La etapele inițiale ale ontogenezei, compusul coordinativ al zincului (CCZn) are un impact pozitiv asupra creșterii și dezvoltării plantulelor de porumb în diapazonul de concentrații 0,01-0,0001%. Efect benefic maxim se obține în rezultatul tratării semințelor cu soluție de CCZn cu concentrația 0,001%. Compusul coordinativ al zincului posedă proprietăți de substanță biologic activă, manifestate prin menținerea la un nivel semnificativ mai înalt al creșterii și acumulării biomasei plantulelor în condiții de insuficiență de umiditate în sol.

În fazele incipiente ale dezvoltării plantulelor de *Zea mays* L., în condiții de secetă moderată, CCZn prezintă caracteristici de substanță biologic activă cu proprietăți antistres, evidențiate prin menținerea creșterii și acumulării biomasei plantulelor de porumb la un nivel semnificativ mai ridicat decât în cazul plantelor martor.

Rezultatele obținute ar putea avea aplicații practice importante atât în dezvoltarea strategiilor de îmbunătățire a producției agricole, în asigurarea securității alimentare în contextul schimbărilor climatice și al creșterii populației globale, cât și în atenuarea efectelor negative ale stresului hidric asupra plantelor de porumb. De asemenea, aceste rezultate ar putea contribui la perfecționarea tehnologiilor agricole utilizate în cultivarea porumbului, facilitând obținerea unor recolte mai rezistente și mai eficiente.

Rezultatele incluse în acest studiu au fost realizate în cadrul subprogramului de cercetare cu titlul „Sinteza și studiul materialelor noi în baza combinațiilor complexe cu liganzi polifuncționali și cu proprietăți utile în medicină, biologie și tehnică” (cod: 010602).

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. ALLOWAY, B. J. (2008). *Zinc in Soils and Crop Nutrition*. International Zinc Association. Brussels; Belgium, 139 p. Disponibil: <https://www.topsoils.co.nz/wp-content/uploads/2014/09/Zinc-in-Soils-and-Crop-Nutrition-Brian-J.-Alloway.pdf>
2. AMER, F.; A. I. REZK and H. M. KHALID. (1980). Fertilizer efficiency in flooded calcareous soils. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 44, pp. 1025-1030. Disponibil: <https://doi.org/10.2136/sssaj1980.03615995004400050031x>
3. BRÎNZĂ, L.; O. DANILESCU; I. BULHAC și V. GUȚU (2023). The influence of the coordination compound of zinc on the growth and development of maize plants under moisture deficit conditions. In: *Modern Trends in the Agricultural Higher Education: International Scientific Symposium dedicated to the 90th anniversary of the founding of higher agricultural education in the Republic of Moldova*, 5-6 octombrie 2023, Chișinău. Book of abstracts. Chișinău: Tehnica-UTM, p. 7. ISBN 978-9975-64-360-3. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/7_35.pdf
4. BURZO, I.; S. TOMA; C. CRĂCIUN; V. VOICAN; A. DOBRESCU et al. (1999). *Fiziologia plantelor de cultură*. Vol. 1: Procesele fiziologice din plantele de cultură. Chișinău: Întreprinderea Editorial-Poligrafică Știința, 460 p. ISBN 9975-67-141-1.

5. ÇAKMAK, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*, vol. 302, pp. 1-17.
6. CHEN, Q.; X. ZHANG; Y. LIU; J. WEI; W. SHEN et al. (2017). Hemin-mediated alleviation of zinc, lead and chromium toxicity is associated with elevated photosynthesis, antioxidative capacity; suppressed metal uptake and oxidative stress in rice seedlings. *Plant Growth Regulation*, vol. 81, pp. 253-264.
7. DANILESCU, O.; P. BOUROS; I. BULHAC; S. SHOVA; V. KRAVTSOV et al. (2024). Laminated dihydrazo-
ne Zn(II) coordination polymer with prospects for sensory and multifunctional biomedical appli-
cations. *Polyhedron*, vol. 258. ISSN 0277-5387. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0277538724002158>
8. DUCA, M.; CLAPCO, S.; MUTU, A.; MARTEA, R. (2024). Abordări metodologice în studiul stresului hidric la plante. *STUDIA UNIVERSITATIS MOLDAVIAE*. Revista științifică a Universității de Stat din Moldova, nr. 1(171), pp. 178-189.
9. AL JABRI H.; M. H. SALEEM; M. RIZWAN; I. HUSSAIN; K. USMAN et al. (2022). Zinc Oxide Nanoparticles and Their Biosynthesis: Overview. *Life*, vol. 12 (4), p. 594. Disponibil: <https://doi.org/10.3390/life12040594>
10. JOY, E. J.; A. J. STEIN; S. D. YOUNG; E. L. ANDER; M. J. WATTS et al. (2015). Zinc-enriched fertilizers as a potential public health intervention in Africa. *Plant and Soil*, vol. 389, pp. 1-24. Disponibil: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-015-2430-8>
11. MACHIDON, M.; G. PLOȘNIȚĂ; A. TROFIM; L. MIHALAHI; R. TABACARI și al. (2017). *Catalogul soiurilor de plante pentru anul 2017*. Ediție oficială. Chișinău, 132 p. Disponibil: https://cstsp.md/uploads/files/Catalogul_Soiurilor_de%20Plante_2017.pdf
12. MAZZA, P.; F. ZANI; M. ORCESI; C. PELIZZI; G. PELIZZI et al. (1992). Synthesis, structure, antimicrobial, and genotoxic activities of organotin compounds with 2,6-diacetylpyridine nicotinoyl- and isoni-
cotinoylhydrazones. *Journal of Inorganic Biochemistry*, vol. 48, pp. 251-270.
13. POTARZYCKI, J. and GRZEBISZ, W. (2009). Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. *Plant soil and environment*, vol. 55 (12), pp. 519-527. ISSN 1805-9368. Disponibil: <https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/pse/2009/12/03.pdf>
14. RECENA, R.; A. M. GARCÍA-LÓPEZ and A. DELGADO (2021). Zinc Uptake by Plants as Affected by Fertilization with Zn Sulfate, Phosphorus Availability, and Soil Properties. *Agronomie*, vol. 11 (2), p. 390.
15. SRIVASTAVA, P. C.; A. P. SINGH; S. KUMAR; V. RAMACHANDRAN, M. SHRIVASTAVA et al. (2009). Comparative study of a Zn-enriched post-methanation bio-sludge and Zn sulfate as Zn sources for a rice-wheat crop rotation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 85, pp. 195-202.
16. ȘTEFÎRȚĂ, A.; I. BULHAC; L. BRÎNZĂ; E. COROPCEANU; N. ALUCHI et al. (2023). Efectul unor compuși coordinațivi asupra creșterii și productivității plantelor de cultură. In: *Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă: Conferința științifico-practică internațională*, Ed. 10, Chișinău, 18-19 martie 2023. Chișinău: Tipografia Universității de Stat din Tiraspol, vol. 1, pp. 262-268. ISBN 978-9975-46-716-2. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/262-268_10.pdf
17. VAZIN, F. (2012). Effect of zinc sulfate on characteristics of corn in drought stress. *Cercetări Agronomice în Moldova*, vol. 45, nr. 3 (151), pp. 15-24. ISSN 0379-5837. Disponibil: <https://jurnalase.com/wp-content/uploads/CA3-12-02.pdf>
18. ZHAO, A. Q.; X. H. TIAN; Y. X. CAO; X. C. LU and T. LIU (2014). Comparison of soil and foliar zinc application for enhancing grain zinc content of wheat when grown on potentially zinc-deficient calcareous soils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 94, pp. 2016-2022.

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflict of interests.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

Paper history

Received 28.08.2024; Accepted 24.10.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

DOI: 10.55505/SA.2024.2.04
UDC: 633.15:631.526.325



METODOLOGIA DE CREARE A PAȘAPOARTELOR ELECTROFORETICE ALE HIBRIZILOR DE PORUMB ȘI FORMELE LOR PARENTALE LA NIVELUL MOLECULELOR PROTEICE

Grigorii BATÎRU*, ORCID: 0000-0003-4585-6294,
Galina COMAROVA, ORCID: 0009-0001-0063-4586,
Arcadi ADAMCIUC, ORCID: 0009-0006-4080-8292,
Eugen ROTARI, ORCID: 0009-0007-8171-8100,
Serghei BOUNEGRU, ORCID: 0009-0007-7643-7558,
Dumitru COJOCARI, ORCID: 0000-0002-4353-2328,
Alexandr ROTARI, ORCID: 0009-0000-3530-853X

Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

*Corespondență: Grigorii BATÎRU - e-mail: grigorii.batiru@am.utm.md

Abstract. The development and use of rapid methods to control the genetic purity of seed material contributes to ensuring the quality of hybrid maize seeds. The purpose of the research was to systematize the main stages of preparation and modeling of electrophoretic passports for 65 local maize hybrids from different maturity groups and their 108 parental lines. The initial electrophoretic spectra of the storage protein of maize seeds (zein) were obtained by the electrophoresis method on polyacrylamide gels in acidic medium according to the national standard SM 233:2003. The analysis of the spectra and the obtaining of the passports was carried out in the „FOREZ-2” program. As a result, the main stages of biochemical preparation, digital creation and modeling of electrophoretic passports for 37 simple, 2 modified, 23 trilineal, 2 double and one multilinear hybrids, were experimentally argued and successively analyzed. The presented results will simplify the interpretation and efficiency of their use both for commercial purposes and in the research process. The proposed principles have a great potential for increasing the accuracy and expanding the possibility to expressly perform an objective diagnosis of the genetic purity and the level of hybridity of certified maize seed lots.

Keywords: Maize; Hybrids; Protein Electrophoresis; Electrophoretic passports; Software.

Rezumat. Elaborarea și utilizarea metodelor rapide de control al purității genetice a materialului semincer contribuie la asigurarea calității semințelor de porumb hibrid. Scopul cercetării a constat în sistematizarea principalelor etape de pregătire și modelare a pașapoartelor electroforetice pentru 65 de hibrizi autohtoni de porumb din diferite grupe de maturitate și cele 108 linii parentale ale acestora. Spectrele electroforetice inițiale ale proteinei de rezervă a semințelor de porumb (zeina), au fost obținute prin metoda electroforezei pe geluri de poli(acril)amidă în mediu acid conform standardului național SM 233:2003. Analiza spectrelor și obținerea pașapoartelor s-a realizat în programul „FOREZ-2”. În rezultat, au fost argumentate experimental și analizate succesiv principalele etape de pregătire biochimică, crearea în format digital și modelare a pașapoartelor electroforetice pentru 37 hibrizi simpli, 2 hibrizi simpli modificați, 23 hibrizi trilineali, 2 hibrizi dubli și un hibrid multilinel. Rezultatele prezentate vor simplifica

interpretarea și eficiența utilizării acestora atât în scopuri comerciale, cât și în procesul de cercetare. Principiile propuse au un mare potențial pentru sporirea exactității și extinderea posibilității de a efectua expres o diagnosticare obiectivă a purității genetice și nivelului de hibriditate a loturilor de semințe de porumb certificat.

Cuvinte-cheie: *Porumb; Hibrizi; Electroforeza proteinelor; Pașapoarte electroforetice; Software.*

INTRODUCERE

Una dintre problemele actuale în producerea de semințe în Republica Moldova o reprezintă exportul la timp al semințelor de porumb hibrid și asigurarea calității acestora (Spivacenco et al., 2024; Musteața, 2024). Pentru a atinge performanța agronomică, a stimula investițiile și inovațiile în ameliorarea plantelor, precum și pentru a garanta că munca amelioratorilor ajunge la fermieri, este necesar să se mențină niveluri ridicate de puritate genetică a soiurilor (Smith & Register, 1998).

Elaborarea și utilizarea metodelor standardizate și rapide de control al purității genetice a materialului semincer contribuie semnificativ la realizarea acestui obiectiv (Zheng et al., 2017; Kovincic et al., 2023).

În prezent, verificarea purității genetice la diverse culturi se bazează pe polimorfismul generat de markeri moleculari proteici și ADN (ISTA, 2024). În acest context, cercetările realizate în cadrul proiectului 20.80009.5107.21 din Programul de Stat 2020-2023, pentru elaborarea unui catalog de pașapoarte electroforetice (EP) de forme parentale și hibridi de porumb omologați în Republica Moldova pentru export, s-au dovedit a fi necesare și oportune (Batîru et al., 2023).

Pentru pregătirea publicării Catalogului EF de pașapoarte pentru 65 de hibridi autohtoni de porumb de generație nouă și 108 linii parentale aferente acestora, autorii proiectului au avut în vedere cerințele unei game variate de specialiști în domeniul culturilor agricole, pentru care acest Catalog este destinat.

În plus, pentru utilizarea eficientă și profesională a acestor pașapoarte de către specialiștii agronomi contemporani, este esențială familiarizarea cu metodologia utilizată în pregătirea acestora. Astfel, scopul principal al lucrării prezentate constă în dezvoltarea și sistematizarea etapelor moderne de pregătire și modelare a pașapoartelor electroforetice ale hibridilor autohtoni de porumb, simplificând interpretarea și utilizarea lor atât în scopuri comerciale, cât și în activități de cercetare.

MATERIALE ȘI METODE

În perioada 2021-2023 în cadrul implementării proiectului și în colaborare cu IP „Laboratorul Central Fitosanitar”, s-a efectuat analiza calității semințelor de porumb, utilizând markeri proteici ai zeinei. Analiza a vizat 650 de loturi semincere, reprezentând un număr mare de hibridi omologați de generație nouă și formele lor parentale, primite de la întreprinderile producătoare de semințe și beneficiarii-originatori din Republica Moldova.

Din acest eșantion, au fost selectați 65 de hibridi de porumb și 108 linii parentale, care au fost analizați în funcție de categoriile de hibridi utilizate în producție. Pașaportizarea electroforetică a fost realizată pentru 37 hibridi simpli, 2 hibridi simpli modificați, 23 hibridi trilineali, 2 hibridi dubli și un hibrid multilinel. Aceste caracteristici joacă un rol important în specificul pașaportizării electroforetice a fiecărei categorii de hibridi studiați.

Pentru obținerea spectrelor electroforetice (EF) inițiale ale proteinei de rezervă din semințele de porumb (zeina) pentru liniile parentale ale hibrizilor selectați, s-a utilizat metoda electroforezei zeinei pe geluri de poliacrilamidă în mediu acid, conform standardului național SM 233:2003. Procedura a fost efectuată utilizând echipamente, instrumente și materiale auxiliare aliniate cerințelor actuale pentru lucrările de laborator.

Principiile utilizate pentru crearea formulelor spectrelor EF ale zeinei s-au bazat pe cercetările realizate de V. Konarev și colaboratorii săi (1987), care au studiat spectrele electroforetice ale proteinelor de rezervă ale porumbului. Programul „FOREZ-2” a fost dezvoltat pornind de la programul inițial „Forez,” creat în 2003 (Komapova et al., 2003), și utilizat pentru generarea pașapoartelor EF până în anul 2020.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Etapă 1. Specificitatea tehnicilor metodologice în procesul de pregătire a unei probe medii de boabe de porumb și procedurile de obținere a spectrelor EF originale pe gelul de acrilamidă

Pentru elaborarea cu succes a unui pașaport electroforetic, clientul (fie beneficiarul-originator al hibrizilor exportati din Republica Moldova sau reprezentantul întreprinderii producătoare de semințe de porumb) trebuie să furnizeze: 1) formula completă a hibridului de porumb, cu indicarea exactă a denumirii hibridului și a formelor lui parentale, cu specificarea corectă a formelor maternă și paternă; 2) pachete cu semințe dintr-o probă medie pentru fiecare genotip de forme parentale, necesare creării pașaportului EF.

E posibil ca beneficiarii-originatori să fie îngrijorați de încălcarea dreptului de autor vizând hibridul prezentat pentru pașaportizare, din cauza utilizării incorecte a cotei din semințe a liniilor parentale în alte scopuri. Totodată, orice reprezentant al clientului poate participa sau poate fi prezent personal la procedura de obținere a „șrotului” de semințe din fiecare dintre liniile parentale ale hibridului studiat. Pentru o analiză electroforetică de succes, este necesar să se folosească doar endospermul boabelor, cu condiția ca embrionul zdrobit să fie îndepărtat complet.

Principiile de eșantionare a probelor elementare din câmp, din semințele de porumb în știuleți și din boabele în vrac sunt prezentate detaliat în Standardul Moldovean SM-2003. Proba medie de semințe se formează manual prin metoda împărțirii după diagonale (Gheorghiev & Starodub, 2010) până la 0.2-0.3 kg. Din această masă de semințe sunt luate 20-50 de boabe în pachet pentru pregătirea probei medii de șrot din endosperm cu scopul obținerii fracției prolaminice a proteinelor (zeina) pentru analiza electroforetică (EF).

Metoda de electroforeză a zeinei, utilizată pentru obținerea spectrelor EF originale destinate prelucrării în pașapoarte electroforetice digitale, respectă procedurile experimentale specificate în Standardul Moldovean SM-2003, utilizând echipamente, instrumente și materiale conform cerințelor actuale. Etapele metodei includ:

(1) întocmirea documentației pentru efectuarea metodei de electroforeză; (2) pregătirea probei din boabe de porumb pentru EF; (3) pregătirea proteinei de zeină pentru analiza electroforetică; (4) pregătirea aparatului de electroforeză pentru lucru; (5) pregătirea gelului de poliacrilamidă; (6) depunerea soluției de proteină în alveola plastinei; (7) efectuarea electroforezei; (8) scoaterea plăcilor de gel, fixarea și colorarea lor; (9) documentarea electroforegramelor.

Scopul principal al acestei metode este de a furniza informații beneficiarilor – originatori ai hibrizilor de porumb și reprezentanților întreprinderilor producătoare de

semințe – privind nivelul actual de aplicare a metodei de electroforeză a zeinei, utilizată ca instrument fundamental în procesul complex de elaborare a pașapoartelor electroforetice.

Etapă 2. Crearea formulelor pentru spectrele EF ale zeinei în format digital

După obținerea gelurilor colorate cu spectre EF inițiale ale profilurilor de zeină ale genotipurilor de porumb studiate, este necesară transformarea acestora în format digital.

Pentru a unifica crearea de formule pentru spectrele EF ale zeinei, se utilizează valoarea „*mobilitatea electroforetică relativă*” (rf). Această valoare trebuie să fie caracterizată ca raportul dintre mobilitatea (migrarea) subunității peptidice a zeinei (SPZ), care este evaluată în raport cu mobilitatea (migrarea) „standardului intern”. Cercetările lui V. Konarev și colaboratorii săi (1987), pe baza specificului analizei spectrelor EF ale zeinei, la peste 100 de genotipuri de porumb, au arătat o prezență stabilă a subunității peptidice a zeinei cu $rf = 60$. Prin urmare, această valoare a $rf_{st} = 60$ este utilizată ca „standard intern” cu scopul calculării formulelor pentru spectrele EF ale zeinei. Astfel, mobilitatea fiecărei subunități peptidice a zeinei pe spectrul EF analizat este determinată folosind un „standard intern” conform următoarei formule:

$$rf = \frac{rf_{st} \times L_x}{L_{st}}$$

unde: rf – mobilitatea electroforetică relativă a componentului indicat (SPZ) din spectrul EF analizat; $rf_{st} = 60$; L_{st} – distanța migrației componentului standardului intern ($rf = 60$) de la start până la plasarea standardului intern pe placa de gel analizată; L_x – distanța migrației componentului indicat (SPZ) de la start până la plasarea lui în spectrul EF pe placa de gel analizată.

Astfel, pe baza electroferogramelor obținute pentru fiecare spectru EF al genotipului studiat, limitele benzilor (subunități peptidice ale zeinei - SPZ) sunt determinate manual prin valoarea „*mobilitatea electroforetică relativă*” (rf): rf_{in} și rf_{fn} . În continuare, toate datele obținute sunt procesate pe baza programului de calculator „FOREZ-2”.

Etapă 3. Programul „FOREZ-2” și algoritmul creării pașapoartelor electroforetice ale hibrizilor de porumb

Toate formulele obținute ale spectrelor electroforetice a zeinei în format digital sunt procesate pe baza unei versiuni noi a programului de calculator „FOREZ-2”, care prevede următoarea succesiune de acțiuni: 1) binarizarea de intensitate a spectrului EF analizat: banda prezentă (1) sau banda lipsă (0); 2) determinarea limitelor fiecărei benzi a spectrului EF (subunități peptidice ale zeinei - SPZ): rf_{in} și rf_{fn} ; 3) formarea unui fișier text cu o listă a lățimilor benzilor SPZ determinate [$rf_{in} - rf_{fn}$] pentru fiecare genotip analizat.

Ca urmare a manipulărilor prezentate mai sus, a fost instalat și configurat mediul de dezvoltare software Visual Studio 2019 cu scopul de a crea o nouă versiune a programului „FOREZ-2” proiectat să funcționeze în sistemul de operare Windows 10 atât în versiunile pe 32 de biți, cât și pe 64 de biți. Versiunea dezvoltată a software-ului „FOREZ-2” și testarea sa de verificare pe 100 de genotipuri de porumb au demonstrat capacitatea de a procesa spectre electroforetice binare de rezoluție joasă (1-0,5 mm) și rezoluție înaltă (precizie de detectare a benzii de 0,1 mm) conform următorului algoritm :

Pasul 1. Introducerea secvențială a denumirilor liniilor parentale inițiale de porumb, corespunzătoare hibridului care se certifică, în secțiunea „Formele parentale”, cu posibilitatea ulterioară de editare și ștergere (dacă este cazul).

Etapa 2. Introducerea gamei de indicatori „mobilitate electroforetică relativă – (rf)” a fiecăreia dintre subunitățile polipeptidice care alcătuiesc spectrul electroforetic al liniei parentale de porumb. Este prevăzută pentru posibilitatea de editare sau, dacă este necesar, de ștergere a informațiilor eronate.

Pasul 3. Introducerea denumirii hibridului de porumb și a formulei acestuia, folosind formele sale parentale introduse anterior, în secțiunea „Hibrizi”.

Pasul 4. Sinteza spectrelor electroforetice de hibridi interliniari simpli, simpli modificați, tripli, dubli din spectrele liniilor disponibile în baza de date sau hibridi parental simpli (asamblare automată).

Pasul 5. Crearea matricelor digitale finale, sub formă grafică și tabelară, care caracterizează hibridul certificat și formele parentale ale acestuia, indicând markerii proteici de hibriditate.

Astfel, execuția pas cu pas a algoritmului prezentat face posibilă identificarea automată pe matricele digitale obținute: a) specificul cantitativ al polimorfismului zeinei pentru fiecare genotip studiat utilizat în ameliorarea porumbului la heterozis; b) specificul cantitativ al marcării prin intensitate binară a formelor moleculare de zeină a hibrizilor de porumb certificate prin electroforeză proteică.

Pentru a extinde eficacitatea utilizării software-ului „FOREZ-2”, a fost introdus și algoritmul de generare a pașapoartelor electroforetice ale hibrizilor certificați pentru a determina automat un nou element de procesare pentru baza de date creată conform programului „FOREZ-2” și anume: un indicator digital al ariei/lățimii fiecăreia dintre zonele subunităților peptidice ale zeinei (SPZ) obținute pe electroforegrame.

Specificul expresiei digitale a acestui indicator este că fiecare spectru electroforetic analizat este binarizat; de-a lungul axei comune a spectrului EF analizat (notat în mod convențional prin lungimea totală rf de 100 mm și intensitatea oricărei benzi egală cu unitatea), sunt zone de subunități peptidice (ZSP), care reprezintă un număr diferit de benzi (forme moleculare ale zeinei - FMZ). Prin urmare, indicele de suprafață (S_{rf}) coincide cu intervalul rf (lățime) specific pentru zona respectivă evaluată, notat prin diferența dintre rf_{in} (limita superioară a ZSP) și rf_{fin} (limita inferioară a ZSP). Astfel, aria fiecăreia zone ZSP analizate (S_{rf}) poate fi exprimată în mm: $S_{rf} = [(rf_{in} - rf_{fin}) \text{ în mm}]$.

Noua versiune a programului „FOREZ-2” a făcut posibilă utilizarea eficientă a indicatorului discutat pentru a determina automat: a) aria totală a întregului set de zone electroforetice care caracterizează profilul proteic al probei studiate; b) ariile fiecărei zone marker discutate și setul lor total pentru spectrul EF corespunzător studiat; c) procentul suprafeței formelor moleculare marker ale zeinei (FMZ) din suprafața totală a FMZ a profilului de proteine hibride electroforetice, ceea ce extinde posibilitățile de efectuare a diagnosticului expres obiectiv al nivelului de hibriditate a loturilor certificate ale semințelor hibride de porumb.

Figura 1 prezintă un exemplu documentat al implementării algoritmului elaborat. Sub formă de colaj, sunt sintetizate rezultatele prelucrării computerizate a electroforegramelor liniilor parentale ale hibridului simplu Porumbeni 220. Aceste rezultate includ matricele EF ale profilurilor proteice corespunzătoare liniilor parentale, precum și matricea EF a hibridului Porumbeni 220, generată automat prin combinarea matricelor formelor parentale, respectând principiul codominanței.

Astfel, algoritmul dezvoltat pentru crearea pașapoartelor electroforetice, bazat pe versiunea modificată a programului „FOREZ-2”, a fost utilizat ca instrument experimental în modelarea pașapoartelor electroforetice ale proteinelor de rezervă la hibridii de porumb și formele parentale ale acestora.

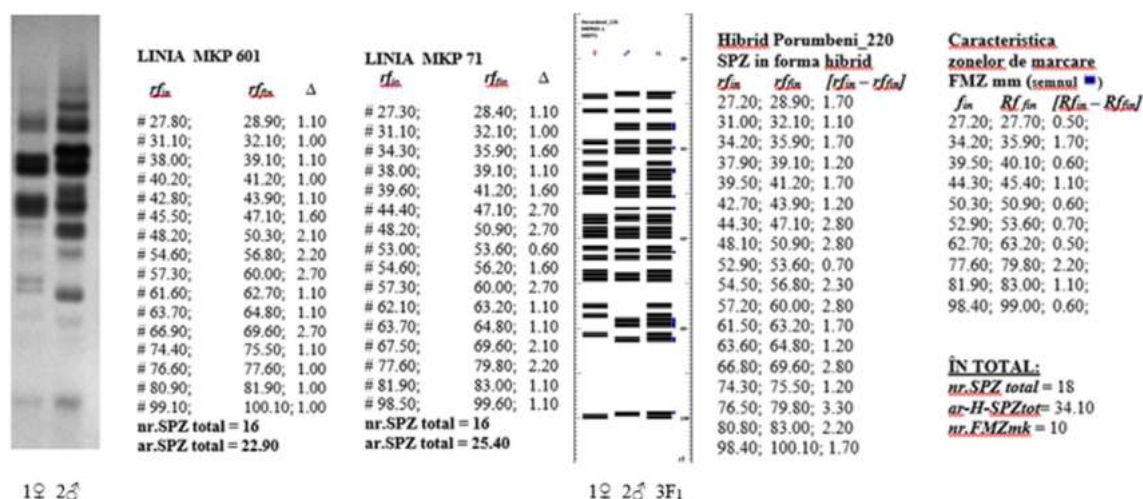


Figura 1. Electroforegramele spectrelor zeinice ale formelor parentale ale hibridului de porumb semi-timpuriu Porumbeni 220, matricea EF a lor, precum și rezultatele prelucrării computerizate a spectrului hibrid (nr.3 - F1) conform algoritmului programului „FOREZ-2”.

Etapa 4. Modele folosite pentru crearea pașapoartelor electroforetice ale hibridilor studiați și formelor lor parentale

Pentru pașaportizarea electroforetică, au fost selectați 65 de hibridi omologați de porumb, caracterizați în funcție de categoriile utilizate în producție. Procesul de pașaportizare electroforetică a inclus: 38 de hibridi simpli, 2 hibridi simpli modificați, 23 de hibridi trilingvi, 2 hibridi dubli și un hibrid multilinel. Astfel, s-a impus necesitatea elaborării a cinci tipuri de modele corespunzătoare celor cinci categorii de hibridi.

Indiferent de tipul hibridului, fiecare pașaport electroforetic (EF) trebuie să includă următoarele informații: formula hibridului cu indicarea denumirilor formelor parentale; matricele electroforetice ale profilurilor proteice ale formelor parentale în forma digitală și spectrul EF al hibridului lor sintetizat automat pe baza principiului codominanței; semnele convenționale utilizate pentru identificarea vizuală a markerilor proteici a gradului de hibriditate; caracteristicile cantitative ale spectrului EF la forma hibridă.

Caracteristicile cantitative ale spectrului EF pentru forma hibridă sunt extrase din fișierul de text elaborat pentru pașaportul EF corespunzător, în baza următorilor 7 indici: a) *Nr. SPZ total* – cantitatea grupelor de „subunități peptidice ale zeinei”, totalitatea cărora vizual, sub formă de benzi, caracterizează spectrul EF general al hibridului; b) *Nr.mkFMZ total* – cantitatea markerilor de hibriditate ale FMZ totală – suma caracterelor cantitative ale „markerilor de hibriditate a formelor moleculare ale zeinei” (mkFMZ) identificate în benzile EF ale „subunităților peptidice ale zeinei” (SPZ) din spectrul EF al hibridului dat; c) *Aria SPZ totală* – „aria (suprafață) totală” a întregului set de zone EF (grupele de SPZ), care caracterizează profilul proteic al matricei hibridului corespunzător; este identic cu lățimea de bandă a spectrului EF(mm); d) *Aria mkFMZ totală* – „aria (suprafață) totală” a întregului set de „markeri de hibriditate a formelor moleculare ale zeinei” pentru profilul proteic corespunzător hibridului studiat; e) *Caracteristicile zonelor de marcare (ZMk) a gradului de hibriditate* după r_f (mobilitate EF relativă: r_{fin} ; r_{fin} ; $\Delta[r_{fin} - r_{fin}]$); f) % ZMk din aria SPZ totală – procentul zonei de marcare din „aria totală” a întregului set de zone SPZ, care caracterizează profilul proteic al matricei hibridului corespunzător; g) %ZMk din aria mkFMZ totală – procentul zonei de marcare din „aria totală” a întregului set de „markeri de hibriditate a FMZ” pentru profilul proteic corespunzător hibridului studiat.

Prezentarea rezultatelor prelucrării computerizate conform noii versiuni a programului „FOREZ-2” prevăzută în modelele pașapoartelor EF va permite utilizatorului acestor pașapoarte, să interpreteze gradul de hibriditate al hibridului corespunzător pe baza următorilor indicatori: a) numărul markerilor de hibriditate ai FMZ în fiecare zonă de marcare în SPZ; b) suma markerilor de hibriditate ai FMZ totală – *Nr. mkFMZ total*; c) „aria” fiecărui marker de hibriditate a formelor moleculare ale zeinei pentru profilul proteic corespunzător hibridului studiat – indicatorul cel mai reprezentativ pentru diagnosticarea rapidă a markerilor proteici de hibriditate a hibrizilor pașaportizați.

Principiile propuse pentru modelarea pașapoartelor electroforetice ale hibrizilor de porumb și formelor lor parentale au un mare potențial de sporire a exactității și extindere a posibilităților de diagnosticare rapidă și obiectivă a nivelului de hibriditate în loturile de semințe hibride de porumb certificate.

CONCLUZII

Pentru crearea catalogului de pașapoarte electroforetice ale hibrizilor de porumb autohtoni de generație nouă și formele lor parentale ca un produs final al activității intelectuale a proiectului instituțional 20.80009.5107.21 din cadrul Programului de Stat pentru anii 2020-2023, au fost elaborate, selectate și sistematizate criteriile, principiile și metodele de creare și interpretare a pașapoartelor electroforetice la nivelul moleculelor proteice:

- 1) A fost adaptată procedura de pregătire a probei inițiale pentru pașaportizarea electroforetică a hibrizilor de porumb analizați și a liniilor parentale ale acestora pentru beneficiarii-originatori ai hibrizilor omologați cu scopul de a proteja drepturile de autor;
- 2) A fost creată o nouă versiune a programului de calculator „FOREZ-2”;
- 3) A fost dezvoltat și testat în practică un algoritm de creare a pașapoartelor electroforetice în format digital;
- 4) Au fost elaborate modele de pașapoarte EF pentru care s-a programat prezentarea rezultatelor prelucrării computerizate pe 7 parametri, permițând sporirea exactității și extinderea posibilității de a efectua expres diagnosticarea obiectivă a nivelului de hibriditate a loturilor de semințe hibride de porumb certificat.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. BATÎRU, G.; G. COMAROVA; A. ADAMCIUC; S. BOUNEGRU; D. COJOCARI et al. (2023). *Catalogul pașapoartelor electroforetice ale formelor parentale și hibrizilor de porumb, omologați în Republica Moldova și destinați pentru export*. Chișinău: Print-Caro, 132 p. ISBN 978-9975-175-96-8.
2. GHEORGHIIEV, N. și V. STARODUB (2010). *Studiul semințelor al culturilor de camp*. Chișinău: Print-Caro, 168 p. ISBN 978-9975-4103-1-1.
3. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). (2024). Species and variety testing. In: *International Rules for Seed Testing*, Wallisellen: The International Seed Testing Association (ISTA), pp. 1-40.
4. KOVINCIC, A.; K. MARKOVIC; D. RISTIC; V. BABIC; T. PETROVIC et al. (2023). Efficiency of Biological Typing Methods in Maize Hybrid Genetic Purity Estimation. *Genes*, vol. 14 (6), p. 1195, 2023. DOI 10.3390/genes14061195.
5. MUSTEAȚA, S. (2024). 50 de ani în serviciul ameliorării porumbului și producerii semințelor. In: *Realizări științifice în ameliorarea porumbului și altor culturi cerealiere: Materialele conferinței științifico – practice cu participare internațională - 50 ani de activitate a Institutului de Fitotehnie „Porumbeni”, 11-12 septembrie 2024, Pașcani*. Chișinău: „Print-Caro” SRL, pp. 13-21. ISBN 978-5-85748-029-8.

6. ROTARI, A.; G. COMAROVA și G. GUȚANU. (2003). *Determinarea purității biologice a liniilor consangvinizate și a gradului de hibridare la semințele hibrizilor de porumb de prima generație prin metoda de electroforeză a proteinelor*. SM 233-2003, 34 p.
7. SMITH, J. S. C. and J. C. REGISTER. (1998). Genetic purity and testing technologies for seed quality: A company perspective. *Seed Science Research*, vol. 8 (02), pp. 285-294. DOI 10.1017/S0960258500004189.
8. SPIVACENCO, A.; P. BOROZAN și S. MISTREȚ. (2024). Istorie, realizări și perspective ale institutului de fitotehnie «Porumbeni». In: *Realizări științifice în ameliorarea porumbului și altor culturi cerealiere: Materialele conferinței științifico – practice cu participare internațională - 50 ani de activitate a Institutului de Fitotehnie „Porumbeni”, 11-12 septembrie 2024, Pașcani*. Chișinău: „Print-Caro” SRL, pp. 3-12. ISBN 978-5-85748-029-8. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/3-12_9.pdf
9. ZHENG, J.; D. WEN; H. ZHAO and C. ZHANG. (2017). Acetic acid urea-polyacrylamide gel electrophoresis : a rapid method for testing the genetic purity of sunflower seeds. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, vol. 09 (1), pp. 41-46. DOI 10.3920/QAS2015.0593.
10. КОМАРОВА, Г.; А. РОТАРЬ и А. АДАМЧУК. (2003). Возможности компьютерного моделирования для паспортизации гибридов кукурузы методом электрофореза. *Simpozion stiintific international „70 ani ai Universitatii Agrare de Stat din Moldova”, Agronomie*. Chisinau, pp. 38-40.
11. КОНАРЕВ, В.; В. СИДОРОВА и Г. ТИМОФЕЕВ. (1987). *Идентификация, анализ и регистрация сортов, линий и гибридов кукурузы по семенам методами электрофореза и изоэлектрофокусирования*. Методические указания. Ленинград, 1987.

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflict of interests.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

Paper history

Received 17.07.2024; Accepted 12.10.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

DOI: 10.55505/SA.2024.2.05
UDC: 633.15:631.527



ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ЭЛЕКТРОФОРЕЗА ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ В СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВЕ КУКУРУЗЫ

Galina COMAROVA*, ORCID: 0009-0001-0063-4586,
Alexandr ROTARI, ORCID: 0009-0000-3530-853X,
Grigorii BATIRU, ORCID: 0000-0003-4585-6294,
Eugen ROTARI, ORCID: 0009-0007-8171-8100

Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

*Correspondență: Galina COMAROVA - e-mail: galina.comarova@am.utm.md

Abstract. The article presents an analysis of the stage-by-stage use of the protein electrophoresis method (as a key method of protein chemistry) in the selection and seed production of maize for the period 1988-2023 in the Republic of Moldova. The possibility of using a set of methodological developments (electrophoresis method and computer modeling principles) on a large volume of maize breeding and genetic material has been experimentally substantiated. This methodological complex helps to solve two important problems: the problem of exporting seeds of Moldovan breeding hybrids of maize and for a wide range of research work in the field of genetics and selection and seed production of *Zea mays* L. The analysis of the recent year's results allowed the authors of this article to focus on the development and creation specifics of a catalogue of electrophoretic passports of new generation maize hybrids. The authors consider this catalog as a serious argument for the effectiveness of introducing modern methods of biochemical genetics and computer technologies into agronomic practice, which can be used successfully at the national and international levels.

Keywords: *Maize; Hybrids; Parental lines; Protein electrophoresis; Electrophoretic passports; Computer modeling.*

Реферат. В статье изложен анализ поэтапного использования метода электрофореза белков (как ключевого метода белковой химии) в селекции и семеноводстве кукурузы за период 1988-2023 в Республике Молдова. На большом объеме селекционного и генетического материала приведены экспериментальные доказательства целесообразности применения методологии комплексного использования метода электрофореза и принципов компьютерного моделирования как для проблемы экспорта семян гибридов кукурузы молдавской селекции, так и для широкого спектра научно-исследовательских работ в области генетики, селекции и семеноводства *Zea mays* L. В качестве серьезного аргумента эффективности внедрения в агрономическую практику современных методов биохимической генетики и компьютерных технологий авторы акцентируют внимание на специфике разработки и создания каталога электрофоретических паспортов районированных гибридов кукурузы нового поколения, с целью его использования на национальном и международном уровне.

Ключевые слова: *Кукуруза; Гибриды; Родительские линии; Электрофорез белков; Электрофоретические паспорта; Компьютерное моделирование.*

ВВЕДЕНИЕ

Впечатляющие достижения в области биохимической генетики: клонирование генов, методы с высоким уровнем чувствительности для обнаружения продуктов их экспрессии (в первую очередь – молекулярных форм белка), диагностика ДНК и молекулярных форм белка, технологии редактирования генома, – кардинально изменили методологию исследований и уровень интерпретации полученных результатов (Alseekh et al., 2023; Asad et al., 2023; PanReac AppliChem, 2024; Кутлунина и Ермошин, 2017).

На фоне стремительного углубления теоретических знаний в области биохимической генетики значительно расширилась сфера практического применения одного из ключевых методов исследований – метода электрофореза. В настоящий момент следует констатировать эффективность применения этого метода в нуждах сельского хозяйства (Клименков и др., 2021; Торилов и др., 2019), особенно в области генетики, селекции и семеноводства важнейших сельскохозяйственных культур. В частности, это касается кукурузы – одной из ведущих культур в мировом земледелии (Комарова, 1998).

Для этой культуры в Республике Молдова главным требованием, предъявляемым к поступающим для продажи партиям семян, является гарантия высокого уровня их гибридности для реализации оптимального потенциала урожайности. Закупка семян осуществляется при условии выдачи сертификатов по определению уровня гибридности семян кукурузы. Правом выдачи соответствующих сертификатов обладают лишь аккредитованные аналитические лаборатории. В свою очередь, по современным требованиям, аккредитация лабораторий в Республике Молдова проводится на основе зарегистрированных государством молдавских стандартов. Именно метод электрофореза запасных белков был выбран как методологическая основа для разработки первого национального стандарта по идентификации гибридности семян кукурузы на уровне белковых молекул – «Standard Moldovean SM 233:2003» (2003).

Задача представленной работы состоит в анализе поэтапного использования метода электрофореза запасных белков эндосперма кукурузы, как основы разработки первого национального стандарта Республики Молдова, созданного с использованием молекулярно-биохимического инструментария в условиях быстрого развития информационных технологий (ИТ) на примере эффективности применения элементов ИТ при составлении электрофоретических (ЭФ) паспортов районированных гибридов кукурузы нового поколения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований, проведенных за 35-летний период экспериментальных работ, стал широкий спектр гибридов кукурузы и их родительских линий молдавской селекции, районированных в Республике Молдова в период 1988 – 2023 гг.

Материалом для поэтапного анализа эффективности применения метода электрофореза явились экспериментальные данные, полученные авторами за указанный период и опубликованные в 79 научных работах, перечень которых представлен в «Хронологической ретроспективе научных публикаций, отражающих результаты использования метода электрофореза запасных белков в генетике, селекции и семеноводстве культуры *Zea mays* L.» (Batîru et al., 2023).

- национальный стандарт «Standard Moldovean SM 233:2003» (2003) – «Семена кукурузы. Определение биологической чистоты самоопыленных линий и степени гибридности семян гибридов кукурузы первого поколения методом электрофореза белков»;

- программное обеспечение “FOREZ” для компьютерного моделирования матриц электрофоретических спектров (Комарова и др., 2003);
- алгоритм создания цифровых электрофоретических паспортов белковых профилей гибридов кукурузы и их родительских форм, основанный на модифицированной версии программного обеспечения «FOREZ-2» (Adamciuc et al., 2022);
- системный анализ экспериментальных данных, собранных в период 1988–2023 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

На основе применения методологии системного анализа результатов молекулярно-биохимических исследований полиморфизма белков, был проведен следующий поэтапный анализ эффективности использования метода электрофореза (ЭФ) запасных белков эндосперма кукурузы (зеина) в селекции и семеноводстве кукурузы в Республике Молдова.

Этап 1. Изучение эффективности использования метода электрофореза зеиновых белков – как основы создания национального стандарта по определению гибридности семян кукурузы (период 1988 – 2003 гг.).

Разработчиками национального стандарта по идентификации гибридности семян кукурузы методом электрофореза запасных белков являются доктор хабилитат биологических наук А.И. Ротарь (Институт растениеводства «Порумбень», правопреемник Молдавского НИИ кукурузы и сорго) и доктор биологических наук Г.Е. Комарова (Технический Университет Молдовы, факультет Аграрных Наук-правопреемник Государственного Аграрного Университета Молдовы, факультет Агрономии). Под их руководством и непосредственном участии в 1988 году в НИИ кукурузы и сорго Республики Молдова был апробирован метод электрофореза зеина, предложенный учеными из Украины (Попереля и Асыка, 1988) в качестве единого метода для массовых целей селекции и семеноводства кукурузы, возделываемой во многих Республиках бывшего Советского Союза.

В течении 15 лет (1988 – 2003 гг.) в НИИ кукурузы и сорго Республики Молдова и Государственном Аграрном Университете Молдовы были проведены расширенные научно-производственные проверки эффективности метода электрофореза зеина. Эти исследования подтвердили его успешность как альтернативы методу грунт-контроля.

Основные результаты проверки метода электрофореза зеина, а также доработки методики с целью создания национального стандарта, детально изложены в серии научных публикаций авторов и их коллег, выпущенных в период с 1990 по 2004 гг. и охватывают следующие позиции:

1. Проведение производственной проверки и сравнительного изучения эффективности метода ЭФ зеина и полевого метода «грунт-контроля» для выявления линейного материала в партиях гибридных семян кукурузы.
2. Изучение эффективности способа идентификации материнских форм методом ЭФ зеина в гибридном потомстве семян кукурузы в соответствии со схемой гибридологического анализа белковых профилей.
3. Определение биологической и генетической чистоты 539 линий кукурузы, используемых в селекционном процессе и в промышленном семеноводстве, а также степень генетического родства у 2067 образцов, представляющих исходный материал для селекции кукурузы.

4. Оценка уровня гибридности 577 участков гибридизации Республики Молдова и 849 партий семян, полученных с заводов по обработке семян.

В 2003 году был издан национальный стандарт SM 223:2003, в котором впервые, в условиях Республики Молдова, для оценки генетической чистоты семенного материала кукурузы, были использованы критерии на молекулярном уровне - белковые маркеры. В связи с тем, что этот стандарт позволяет проводить объективную сертификацию качества семян коммерческих гибридов кукурузы со значительной экономией времени, его стали широко использовать в первичном и промышленном семеноводстве кукурузы нашей Республики, а также для сертификации экспортируемых семян гибридов кукурузы молдавской селекции за рубеж (Россия, Казахстан, Беларусь).

Этап 2. Первичная разработка матриц ЭФ спектров на основе метода электрофореза и принципов компьютерного моделирования для проблемы экспорта семян гибридов кукурузы молдавской селекции (период 2002 – 2004 гг.).

Успешным примером реализации указанного направления является тот факт, что на протяжении уже более двух десятилетий Республика Молдова по экспорту семян кукурузы в Республику Беларусь занимает лидирующую позицию. История успеха столь продолжительного и эффективного двустороннего сотрудничества состоит в том, что решение проблемы экспорта семян кукурузы высокого качества предусматривает оперативное выполнение всех требований страны-импортера.

С целью усиления реципрокной связи со страной-импортером метод электрофореза зеина, положенный в основу национального стандарта SM 233:2003, был внедрен в «Центральную лабораторию качества семенного материала Белорусской государственной сельскохозяйственной академии» (с 2000 г). Проверка достоверности метода электрофореза зеина для определения уровня гибридности семян кукурузы гибридов первого поколения, в соответствии с национальным стандартом (SM 233: 2003) в лаборатории Государственного центра агрохимической службы „Белгородский” (г. Белгород, Россия), аккредитованной для проведения электрофоретической сертификации коммерческих гибридных семян кукурузы по ОСТ 10 003-93. Полученные результаты свидетельствовали об идентичности результатов оценки уровня гибридности семян, выполненные в НИИ кукурузы и сорго (Молдова) и в Государственном Центре Агрохимической службы “Белгородский” (Россия), и базирующихся на использовании общего редуцирующего агента для расщепления белковых молекул зеина (2-меркаптоэтанола).

Следует отметить, что наш национальный стандарт SM 233:2003 был взят за основу разработки национального стандарта Белоруссии, по которому все закупаемые Белоруссией семена гибридов кукурузы, экспортируемые молдавскими семеноводами, проходят повторную проверку на степень гибридности.

В плане методических доработок в НИИ кукурузы и сорго РМ для электрофоретического изучения линий и гибридов кукурузы молдавской селекции были также расширены и систематизированы следующие процедуры:

а) документирование и обработка электрофореграмм белковых профилей исходных родительских форм создаваемых гибридных комбинации молдавской селекции - с помощью лазерного денситометра (модель SL-2D/1D UV/VIS - U.S.A.) и расчётных формул;

б) составление банка данных о белковых профилях исходных родительских форм, прогнозирования и идентификации полипептидных субъединиц зеина как маркеров гибридности - с помощью компьютерного моделирования по программе „FOREZ”.

В 2002 году со стороны *Министерства сельского хозяйства и продовольствия*, а также *Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений Республики Беларусь* был поставлен вопрос о необходимости предоставления (одновременно с указанным сертификатом) *матриц электрофоретических спектров семян* продаваемых гибридов кукурузы и *электрофоретические паспорта гибридов*, находящихся в испытании. Предъявленные требования послужили основой углубленной разработки методологии компьютерного моделирования получаемых электрофоретических спектров гибридов и их родительских форм (Комарова и др., 2003). Положив в основу принципы расчета формул зеиновых спектров семян кукурузы по внутреннему стандарту, была создана база данных матриц электрофоретических спектров зеина родительских форм всех коммерческих гибридов молдавской селекции периода 1994 – 1996 гг.

Таким образом, продаваемые в Белоруссию партии семян могли быть приняты к продаже только после представления со стороны молдавских семеноводов:

- а) сертификатов, выданных на основе стандарта SM-2003;
- б) соответствующих матриц электрофоретических (ЭФ) паспортов семян родительских форм продаваемых гибридов (на основе принципов компьютерного моделирования по программе „FOREZ”).

Этап 3. Создание центров электрофоретической сертификации и паспортизации районированных гибридов кукурузы (период 2004 - 2019 гг.).

С момента разработки и апробации в 2003 году национального стандарта SM 233:2003, для лаборатории биохимии, физиологии и биотехнологии Института Растениеводства «Порумбень» была начата процедура аккредитации и с декабря 2003 по 2012 гг. именно эта лаборатория стала первым юридическим центром по выдаче сертификатов анализа уровня гибридности семян кукурузы, а также по созданию матриц электрофоретических (ЭФ) паспортов семян родительских форм продаваемых гибридов. Параллельно с этой работой, разработчики национального стандарта SM 233:2003 на кафедре селекции, генетики и биотехнологии сельскохозяйственных культур Аграрного Университета Молдовы провели целенаправленную подготовку кадров (А. Рындуника, А. Михалаки, Н. Скицко, Дм. Кожокару, Г. Батыру, С. Боунегру, И. Ерхан) для апробации указанного стандарта в «Центральной фитосанитарной лаборатории» Республики Молдова.

На текущий момент именно «Центральная фитосанитарная лаборатория» Республики Молдова (ЦФЛ РМ) является единственным учреждением, обладающим с 2009 года *правом официальной выдачи сертификатов* по оценке степени гибридности семян гибридов кукурузы молдавской селекции, предназначенных для коммерциализации как в пределах нашей страны, так и за рубежом.

В то же время, первичная разработка и создание *матриц электрофоретических паспортов* (МЭП) семян экспортируемых гибридов кукурузы и их родительских форм в период с 2002 по 2019 проводились только в лаборатории биохимии и физиологии и её правопреемника - сектора биохимии Института Растениеводства «Порумбень» в содружестве с кафедрой селекции, генетики и биотехнологии культурных растений (2002-2012) и её правопреемника - кафедрой биологии растений Государственного Аграрного Университета Молдовы (2012-2019 гг.). Именно эти матрицы [МЭП], утвержденные Дирекцией Института Растениеводства «Порумбень», гарантировали успешное продвижение экспортируемых партий семян коммерческих гибридов кукурузы молдавской селекции для их повторной проверки методом электрофореза в Республике Беларусь (Ротарь et al., 2008). Следует отметить, что приоритет создания матриц ЭФ паспортов и предоставления их стране-импор-

теру принадлежит исключительно молдавской стороне (Comarova et al., 2016). К сожалению, за период 2002 – 2019 годы он определялся спонтанным характером, т.е. создание ЭФ-матриц зависело от поступающего заказа.

В 2012 году в Государственном Агентстве по Интеллектуальной Собственности Республики Молдова (AGEPI) был издан каталог электрофоретических паспортов родительских форм и гибридов кукурузы молдавской селекции, который был составлен на основе исходного селекционного материала, использованного для создания районированных гибридов кукурузы молдавской селекции за период 1994 – 2009 гг. На протяжении 1995 – 2010 гг. материалы этого каталога были предназначены исключительно для служебного пользования.

Этап 4. Разработка проекта по созданию каталога паспортов ЭФ гибридов нового поколения – современный этап эффективного использования молекулярно-биохимических методов и компьютерного моделирования в селекции и семеноводстве кукурузы (2020-2023 гг.).

В период 2010-2019 годов увеличилось число вопросов по эффективности оформления деловой документации и возникшей специфики взаимодействия между «Белорусской государственной сельскохозяйственной академии», Институтом Растениеводства «Порумбень» и «Центральной фитосанитарной лабораторией» Республики Молдова. Появились гибриды кукурузы нового поколения как отечественной, так и иностранной селекции. Поэтому в 2019 году в плане межведомственного сотрудничества Государственного Аграрного Университета Молдовы и Института Растениеводства «Порумбень» была выдвинута рабочая идея о необходимости создания базы данных в форме каталога электрофоретических паспортов экспортируемого семеноводческого материала кукурузы (гибридов нового поколения), разработанного в цифровой форме на основе национального стандарта SM-2003 для его использования на международном уровне. Оригинальность предложенного исследования состояла в том, что проведение молекулярно-биохимического изучения белкового комплекса семян отечественных гибридов кукурузы и их родительских форм определило научную основу создания и получения технической документации в короткие сроки с гарантией защиты авторских прав селекционеров и семеноводов Республики Молдова.

Предложенная идея и ее аргументация были оценены позитивно, и, как результат, к январю 2020 года был утвержден Институционный Проект 20.80009.5107.21 «Создание каталога электрофоретических паспортов родительских форм и гибридов кукурузы, районированных в Республике Молдова и предназначенных на экспорт» (условное рабочее наименование – «Каталог»).

В период 2020-2023 гг. была проведена интенсивная работа по созданию главных составных элементов планируемого «Каталога» - электрофоретических (ЭФ) паспортов. Были разработаны принципы и методы непосредственного получения результатов исследования запасных зеиновых белков эндосперма кукурузы, их обработки, оцифровки с целью последующего моделирования соответствующих ЭФ паспортов, а также их интерпретации (Adamciuc et al., 2022).

Системный подход к созданию алгоритма получения ЭФ паспортов в цифровом формате, разработка рекомендаций по их интерпретации позволили авторам ввести набор новых количественных параметров, расширяющих диапазон возможностей интерпретации полученных данных не только для процесса сертификации оцениваемых партий семян, но и для более детального обсуждения полученных результатов с целью углубления научного анализа изученного материала (Batîru et al., 2023).

Создание «Каталога», как финального продукта интеллектуальной деятельности Проекта, предусматривало опубликование в нем 65-ти ЭФ-ских паспортов родительских форм и гибридов кукурузы нового поколения, районированных в Республике Молдова, Румынии, Белоруссии, Казахстане и экспортируемых за границу. Паспорта этих гибридов были синтезированы на основе 108 электрофоретических матриц родительских линий по принципу кодоминантности. Издание «Каталога» в декабре 2023 года было проведено с целью предоставления систематизированной официальной документации семенного материала гибридов кукурузы нового поколения для ее юридического и коммерческого использования на экспорт (Batîru et al., 2023).

Спектр использования опубликованного «Каталога» достаточно многогранен. Он предназначен:

а) для бенифициаров-оригинаторов гибридов, экспортируемых из Республики Молдова (Porumbeni, MTI, Novosem, Anmair SV), так как создает возможность получения стабильной гарантии защиты авторских прав на эти гибриды;

б) для семеноводческих фирм, производящих семена кукурузы молдавской селекции - с целью сокращения сроков и повышения качества сертификации экспортируемого семенного материала в «Центральную фитосанитарную лабораторию» РМ.;

в) для сертификационных центров: Республики Молдова («Центральная фитосанитарная лаборатория») и стран-импортеров (в частности, «Центральной лаборатории качества семенного материала Белорусской государственной сельскохозяйственной академии») – официальная передача зарегистрированного в РМ Молдова «Каталога» позволит значительно ускорить повторную проверку на степень гибридности партий семян кукурузы, экспортируемых из Республики Молдова, что, в свою очередь, упрощает процесс продажи экспортируемых семян;

г) для преподавателей высших учебных заведений, студентов, докторантов, специалистов агрономического профиля.

По мнению авторов, создание на основе молекулярно-биохимического изучения белкового комплекса семян кукурузы официального юридического документа (в цифровом формате) - Каталога ЭФ-ских паспортов отечественных гибридов кукурузы и их родительских форм, - представляет экономическую ценность в решении задач по повышению конкурентно способности семенного материала кукурузы молдавской селекции.

Несомненно, издание «Каталога» можно было бы ограничить представлением совокупности разработанных ЭФ паспортов родительских линий и гибридов кукурузы нового поколения молдавской селекции. Однако, учитывая многопрофильность широкого диапазона специалистов, для которых предназначен этот «Каталог», авторы сочли необходимым отразить многоступенчатость этапов подготовки этих ЭФ паспортов для упрощения их интерпретации как в прикладном, так и в исследовательском процессе.

Поэтому, первая часть «Каталога» представляет информацию:

- о принципах отбора гибридов кукурузы и их родительских форм для их ЭФ паспортизации;
- о современном уровне использования метода ЭФ зеина с целью проведения молекулярно-биохимического изучения зеинового комплекса эндосперма зерна кукурузы;
- об алгоритме формирования ЭФ паспортов гибридов кукурузы;
- о новых подходах в моделировании ЭФ паспортов гибридов кукурузы и их родительских линий;
- о специфике интерпретации разработанных ЭФ паспортов.

Во второй части «Каталога» представлены 65 ЭФ паспортов, составленных на основе электрофоретических матриц родительских линий и синтезированных на их основе, по принципу кодоминирования, гибридов кукурузы молдавской селекции разных групп спелости (ФАО 100-499).

Созданная в процессе подготовки Каталога исходная база данных EF-паспортов 108 линий кукурузы рассматривается авторами как важная информационная база для логического продолжения Проекта 20.80009.5107.21 в новых институциональных программах по цифровому моделированию коллекции родительских линий кукурузы на уровне белковых молекул, что предполагает продолжение научного сотрудничества Национального Центра исследований и производства семян (правопреемника Института растениеводства «Порумбень») и Факультета аграрных, лесных и экологических наук Технического Университета Молдовы (правопреемника Государственного Аграрного Университета Молдовы).

ВЫВОДЫ

1. Представленная динамика развития научных работ по молекулярно-биохимическим исследованиям полиморфизма запасных белков кукурузы, проведенных в период 1988-2023 в Республике Молдова, свидетельствует об эффективности использования метода электрофореза для идентификации и правовой защиты генотипов кукурузы; для сокращения сроков гибридологического анализа; для оценки подлинности гибридных комбинаций кукурузы первого поколения в год их уборки; для ускорения сроков контроля качества заводских партий семян кукурузы; для идентификации типичности и однородности линейного материала; для массового скрининга изучаемых генотипов кукурузы вплоть до отбора по белковым маркерам ценных для селекционного процесса новых форм.
2. Экспериментально проверена и доказана на большом объеме селекционно-генетического материала целесообразность методологии комплексного использования метода электрофореза и принципов компьютерного моделирования как для проблемы экспорта семян гибридов кукурузы молдавской селекции, так и для широкого спектра научно-исследовательских работ в области генетики, селекции и семеноводства кукурузы.
3. Создание каталога электрофоретических паспортов районированных гибридов кукурузы нового поколения (для использования на национальном и международном уровне) является серьезным аргументом эффективности внедрения в агрономическую практику современных методов биохимической генетики и компьютерных технологий, что расширяет возможности прикладного использования достижений белковой химии в семеноводческую практику на национальном и международном уровнях, а также усовершенствования процесса подготовки студентов агрономического профиля в соответствии с современными требованиями высшего сельскохозяйственного образования Республики Молдова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

4. ADAMCIUC, A.; G. BATÎRU; G. COMAROVA; S. BOUNEGRU and E. ROTARI. (2022). Algorithm for creating electrophoretic passports of maize hybrids. In: *Advanced Biotechnologies - Achievements and Prospects: Materials of Scientific International Symposium*, Ed. 6, Chişinău, 3-4 octombrie 2022. Abstract book. Chişinău: Centrul Editorial-Poligrafic al USM, pp. 7-9. ISBN 978-9975-159-81-4. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/7-9_43.pdf

5. ALSEEKH, S.; E. KARAKAS; F. ZHU; M. WIJESINGHA AHCHIGE and A. R. FERNIE (2023). Plant biochemical genetics in the multiomics era. *Journal of experimental botany*, vol. 74(15), pp. 4293–4307. DOI 10.1093/jxb/erad177
6. ASAD, N.; E. SMITH; S. SHAKYA; S. STEGMAN and L. TIMMONS (2023). Sustainable methodologies for efficient gel electrophoresis and streamlined screening of difficult plasmids. *Methods and Protocols*, 6 (2). Disponibil: <https://doi.org/10.3390/mps6020025>
7. BATÎRU, G.; G. COMAROVA; A. ADAMCIUC; S. BOUNEGRU; D. COJOCARI and E. ROTARI. (2023). *Catalogul pașapoartelor electroforetice ale formelor parentale și hibridilor de porumb omologați în Republica Moldova și destinați pentru export*. Redactor științific A. Rotari. Chișinău: Print-Caro, 132 p. ISBN 978-9975-175-96-8.
8. COMAROVA, G.; A. ROTARI and E. ROTARI (2016). The new way of evaluating the protein polymorphism for Maize breeding and seed production. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, vol. 59, pp. 257-260. ISSN 2285-5785. Disponibil: <https://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2016/Art45.pdf>
9. PANREAC APPLICHEM. (2024). *Protein Biochemistry & Electrophoresis*. The ITW Reagents Division website. Disponibil: <https://www.itwreagents.com/italy/en/protein-biochemistry-and-electrophoresis>
10. STANDARD MOLDOVEAN SM 233:2003 (2003). Semințe de porumb. Determinarea purității biologice a liniilor consangvinizate și a gradului de hibridare la semințele hibridilor de porumb de prima generație prin metoda de electroforeză a proteinelor. Institutul de Stat de Standardizare din Moldova. Ed. oficială. Введен: 01.11.2004. Chișinău: Dep. Moldovastandard. 27 p.
11. КЛИМЕНКОВ, Ф. И.; С. М. ГРАДСКОВ; И. Н. КЛИМЕНКОВА; Н. П. КУЗЬМИНА and В. В. ВОРОНЧИХИН. (2021). Использование метода электрофореза в практике испытательных лабораторий в области семеноводства сельскохозяйственных культур. *Вестник аграрной науки*, № 6 (93), с. 73-78. Disponibil: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-metoda-elektroforeza-v-praktike-ispysatelnyh-laboratoriy-v-oblasti-semenovodstva-selskohozyaystvennyh-kultur/viewer>
12. КОМАРОВА, Г. Е. (1998). Полиморфизм белков в селекционно-генетических исследованиях кукурузы. *Lucrări Științifice. Univ. Agrară de Stat din Moldova. Agronomie*, vol. 6. Chișinău, pp. 14-22.
13. КОМАРОВА, Г.; А. РОТАРЬ и А. АДАМЧУК. (2003). Возможности компьютерного моделирования для паспортизации гибридов кукурузы методом электрофореза. In: *70 ani ai Universității Agricole de Stat din Moldova, Agronomie: Simpozion științific internațional*. Chișinău, pp. 38-40.
14. КУТЛУНИНА, Н. А. и А. А. ЕРМОШИН. (2017). *Молекулярно-генетические методы в исследовании растений*. Учеб.-метод. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 142 с. ISBN 978-5-7996-2142-1. Disponibil: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/52377/1/978-5-7996-2142-1_2017.pdf
15. ПОПЕРЕЛЯ, Ф. А. и Ю. А. АСЫКА. (1988). *Методические указания по электрофорезу зеина кукурузы для определения процента гибридности семян F₁*. Москва. 12 с.
16. РОТАРЬ, А., В. МИКУ, Н. ПЕТРОВА и Г. КОМАРОВА. (2008). Сопоставимость и эффективность электрофоретических методов, используемых в Республике Молдова и Республике Беларусь для сертификации гибридных семян кукурузы. In: *Probleme actuale ale geneticii, fiziologiei și ameliorării plantelor*. Chișinău, Î.S.F.E.-P. 2008, p.443-447.
17. ТОРИКОВ, В. Е.; Н. С. ШПИЛЕВ and Ф. И. КЛИМЕНКОВ. (2019). Использование электрофоретических методов для идентификации сортов зерновых культур. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, № 2 (172), с. 5-12. Disponibil: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-elektroforeticheskikh-metodov-dlya-identifikatsii-sortov-zernovykh-kultur>

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflict of interests.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

Paper history

Received 25.07.2024; Accepted 22.10.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

DOI: 10.55505/SA.2024.2.06
UDC: 633.11:631.524.01(478)



УРОЖАЙНОСТЬ, КАЧЕСТВО ЗЕРНА И АДАПТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НОВЫХ ГЕНОТИПОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ МОЛДОВЫ

Даниела ДУБИЦ*, ORCID: 0000-0002-5128-5021,
Сильвия СЕКРИЕРУ, ORCID: 0009-0001-2999-5158,
Виктор БУРДУЖАН, ORCID: 0009-0006-5223-1945,
Анжела МЕЛЬНИК, ORCID: 0009-0003-0644-119X

Технический Университет Молдовы, Республика Молдова

*Corresponding author: Даниела ДУБИЦ - e-mail: daniela.dubit@am.utm.md

Abstract. This paper presents the results of research on the productivity, grain quality and adaptive properties of 19 new genotypes of winter soft wheat in the conditions of the central zone of Moldova, conducted in 2021-2023. Such indicators as stress resistance, genetic flexibility, and adaptation coefficient were studied. As a result, it was found that, the grain yield varied from 5.45 t/ha (2022) to 8.40 t/ha (2023), depending on the years of research. The most favorable conditions for plant growth and development were in 2023, as indicated by the positive environmental index of +1.49. The genotypes SDK 1921 (7.20 t/ha) and SDK 2021 (7.67 t/ha) showed the highest grain yield, exceeding the control variety Meleag (7.06 t/ha) by 0.14 and 0.60 t/ha, or 2.0-8.6%. The stress resistance of the genotypes varied from -1.53 to 4.71, genetic flexibility changed from 6.05 to 7.85, the adaptability index from 0.89 to 1.10. The protein content in the grain of the studied genotypes ranged from 9.6 to 12.0%, with an average of 10.8% in the experiment. The highest protein yield per 1 ha was demonstrated by the MDK 1807 (685.3 kg/ha) and SDK 2021 (685.0 kg/ha) samples, exceeding the control variety Meleag (680.1 kg/ha) by 5.2 and 4.9 kg/ha. The gluten content in the protein was 13.7-22.3%. The BRU 1975 sample had a high gluten content (22.3%). In terms of protein accumulation, the stress resistance of genotypes varied from -2.7 to -5.3, the Meleag variety having the highest resistance -2.7. The lowest stress resistance was observed in the SDK 2021 and MDK 1807 samples (-5.3 each). The genetic flexibility index varied between 9.6 and 12.0, and the adaptability coefficient from 0.89 to 1.11.

Keywords: *Winter soft wheat; Genotypes; Genetic flexibility; Stress resistance; Protein content; Gluten; Crop yield.*

Реферат. В настоящей работе представлены результаты исследований по изучению продуктивности, качества зерна и адаптационных свойств 9 новых генотипов озимой мягкой пшеницы в условиях центральной зоны Молдовы, проведенных в период 2021-2023 гг. Изучались такие показатели как стрессоустойчивость, генетическая гибкость, коэффициент адаптации. В результате проведенных исследований установлено, что по годам исследований урожайность зерна варьировала от 5,45 т/га (2022 г) до 8,40 т/га (2023 г). Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений сложились в 2023 году, на что указывает положительный индекс среды +1,49. Наиболее высокой урожайностью зерна выделились генотипы SDK 1921 (7,20 т/га) и SDK 2021 (7,67 т/га), превысившие контрольный сорт Меляг (7,06 т/

га) на 0,14 и 0,60 т/га или 2,0-8,6%. Стрессоустойчивость генотипов варьировала от -1,53 до 4,71, генетическая гибкость изменялась от 6,05 до 7,85, индекс адаптивности от 0,89 до 1,10. Содержание белка в зерне изучаемых генотипов колеблется от 9,6 до 12,0%, будучи средним по опыту 10,8%. Наиболее высоким сбором белка с 1 га выделились образцы MDK 1807 (685,3 кг/га) и SDK 2021 (685,0 кг/га), превысившие контрольный сорт Меляг (680,1 кг/га) на 5,2 и 4,9 кг/га. Содержание клейковины в белке составило 13,7 -22,3%. Высоким содержанием клейковины выделился образец BRU 1975 (22,3%). По накоплению белка стрессоустойчивость генотипов варьировала от -2,7 до -5,3, максимальной будучи у сорта Меляг -2,7. Самая низкая стрессоустойчивость отмечается у образцов SDK 2021 и MDK 1807 по -5,3. Показатель генетической гибкости варьирует между 9,6 и 12,0, а коэффициент адаптивности от 0,89 до 1,11.

Ключевые слова: *Озимая мягкая пшеница; Генотипы; Генетическая гибкость; Стрессоустойчивость; Содержание белка; Клейковина; Урожайность.*

ВВЕДЕНИЕ

Озимая мягкая пшеница является основной зерновой культурой Молдовы среди всех зерновых культур. Широкий спектр её применения определяет её значимость, распространение и область использования. Пшеница является основным ингредиентом для большинства видов хлеба и хлебобулочных изделий. По данным Национального бюро статистики Республики Молдова, озимая пшеница выращивается на площади 330-350 тыс. га, со средней урожайностью зерна 4,0-4,5 т/га.

Озимая пшеница обладает высоким генетическим потенциалом продуктивности, который реализуется в зависимости от почвенно-климатических условий и уровня интенсификации технологий возделывания (Дубиц et al., 2024).

Выведение и внедрение новых сортов озимой пшеницы, которые положительно реагируют на интенсификацию возделывания и адаптируются к специфическим условиям, способствует получению высоких урожаев зерна высокого качества.

Современные сорта озимой пшеницы, которые внедряются в производство, должны иметь высокую урожайность и стабильно сохранять её в различных агроклиматических условиях.

Способность формировать урожайность зерна является наследственным признаком, однако в процессе вегетации на растения влияют различные агроклиматические факторы. Сложное взаимодействие генотипа с условиями среды определяет уровень реализации продуктивного потенциала сорта (Шенникова et al., 2024; Левакова, 2019).

Целью проведенных исследований является оценка продуктивности и качества зерна новых генотипов озимой пшеницы в условиях центральной агроклиматической зоны Молдовы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования, направленные на изучение продуктивности и качественных показателей зерна генотипов озимой пшеницы, проводились в период с 2021 по 2023 годы в условиях центральной агроклиматической зоны Молдовы. Объектом исследования стали 9 новых генотипов озимой пшеницы, отличающихся по эколого-географическому происхождению.

В качестве стандарта представлялся районированный сорт озимой пшеницы отечественной селекции Меляг. Предшественником для посева был горох на зерно, а норма высева семян составила 5,0 млн/га. Агротехника, применявшаяся в ходе исследования, соответствовала общепринятым методам возделывания озимой пшеницы для центральной зоны Молдовы. Посев образцов озимой пшеницы проводился 5 октября, 11 октября и 29 ноября соответственно годам исследований. Минеральные удобрения вносились под предпосевную культивацию в дозе N42,5 P42,5 K42,5. Изучаемые в опыте генотипы озимой пшеницы обладают высокой зимостойкостью, о чем свидетельствует хорошее состояние посевов после перезимовки во все годы исследований. Эксперимент проводился с четырёхкратной повторностью, площадь делянки составляла 50 м². Размещение делянок было стандартным.

Учеты и наблюдения в ходе эксперимента проводились в соответствии с методикой государственного испытания по Б. А. Доспехову (1985). Урожайность зерна рассчитывали на стандартную влажность 14% и 100% чистоту. Содержание протеина и клейковины определяли с использованием прибора Granolyser.

Статистическая обработка данных проводилась по методике Б. А. Доспехова (1985), а расчет индекса условий среды — согласно методике Л. А. Животкова (1994).

Коэффициент адаптивности рассчитывался по следующей формуле:

$$Ka = \frac{X_j \cdot 100}{x} \cdot 100$$

где: X_j – урожайность сорта в год исследований, т/га

x – средняя урожайность сорта в опыте, т/га

Коэффициент отзывчивости на улучшение произрастания рассчитывался по формуле В. А. Зыкина (2000):

$$Kp = \frac{x_{\max}}{x_{\min}}$$

где: $x_{\max}$ – урожайность сорта в благоприятных условиях, т/га

$x_{\min}$ – урожайность сорта в неблагоприятных условиях, т/га

Показатели стрессоустойчивости ($y_{\min} - y_{\max}$) и генетической гибкости изучаемых образцов [$(y_{\min} - y_{\max}) : 2$] рассчитывали по уравнениям предложенных А. А. Rosielle и J. Hamblin (1981) в изложении А. А. Гончаренко (2005).

Почва опытного участка представлена черноземом карбонатным с нейтральной реакцией среды (рН 7,0-7,2), с содержанием гумуса в пахотном слое 2,8-3,0%. Обеспеченность подвижными формами азота составила 0,17-0,20%, P₂O₅ 0,14-0,16%, K₂O 1,4 -1,6%.

В период проведения исследований климатические условия варьировались, что отразилось на величине полученного урожая зерна. Таблица 1 иллюстрирует данные о климатических условиях в разные годы, включая показатели температуры, осадков и другие климатические параметры, которые могли повлиять на рост и развитие растений, а также на конечную продуктивность.

В 2021 году среднесуточная температура воздуха составила 11,50С, что на 1,60С превышает норму (9,90С). Этот год выделился чрезвычайно высоким количеством осадков – 805,1 мм. Характер их распределения также был благоприятным для растений озимой пшеницы. Осенью выпало 202,5 мм осадков, что в два раза превышает норму (110,6 мм). В течении зимы и весны также было зафиксировано количество выпавших осадков с превышением нормы на 20,9 мм и 39,6 мм соответственно. В

летний период количество выпавших осадков было на уровне нормы (181,6 мм). В целом за сельскохозяйственный год количество осадков на 314,1 мм превысило норму (491,0 мм).

Таблица 1. Климатические условия в годы проведения исследований

Год	Температура воздуха, °C			Осадки, мм		
	годовая	норма	± к норме	годовая	норма	± к норме
2021	11,5	9,9	+1,6	805,1	491,0	+314,1
2022	10,9	9,9	+1,0	362,1	491,0	-128,9
2023	11,6	9,9	+1,7	346,8	491,0	-144,2
Средняя	11,3	9,9	+1,4	504,9	491,0	+13,9

Последующие два года характеризуются значительным недобором осадков: в 2022 году недобор составил 362,7 мм, а в 2023 году — 346,8 мм по отношению к средней многолетней норме.

В результате многолетних исследований было установлено, что среднесуточная температура воздуха составила 11,3°C, что на 1,4°C выше среднемноголетнего значения (9,9°C). Количество выпавших осадков за этот период достигло 504,9 мм, превысив среднемноголетний показатель на 13,9 мм (Таблица 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В период проведения исследований урожайность изучаемых генотипов озимой пшеницы варьировала в среднем по опыту от 5,45 т/га в 2022 году до 8,44 т/га в 2023 году (Таблица 2).

Таблица 2. Урожайность новых генотипов озимой пшеницы, т/га

№	Генотипы	Урожайность			Средняя	± к средней	
		2021	2022	2023		т/га	%
1	Меляг (ст.)	7,21	5,75	8,23	7,06	-	100,0
2	BRU 1010	6,80	5,19	8,12	6,70	-0,36	94,9
3	BRU 2021	6,75	5,07	8,73	6,85	-0,22	97,0
4	SDK 2021	7,31	5,49	10,20	7,67	+0,61	108,6
5	MDR 1876	8,05	5,70	8,86	7,15	+0,09	101,3
6	SDK 1921	7,73	5,12	8,75	7,20	+0,14	102,0
7	SDK 1877	6,10	5,52	8,53	6,72	-0,34	95,2
8	BRU 1871	7,43	5,51	8,28	7,07	+0,01	100,0
9	MDR 1807	6,80	5,89	7,92	6,87	-0,19	97,3
10	BRU 1975	6,40	5,28	6,81	6,16	-0,90	87,3
Средняя		6,93	5,45	8,44	6,95		
НСП _{0,5} т/га		0,11	0,37	0,43		0,19	
Индекс среды (Ij)		-0,02	-1,5	+1,49			

Наиболее благоприятные условия для растений озимой пшеницы сложились в 2023 году, на что и указывает положительный и достаточно высокий индекс среды +1,49. Близкие к оптимальным оказались условия 2021 года, индекс среды составляет всего – 0,02. Самые жесткие условия отмечаются в 2022 году, когда была получена самая низкая урожайность зерна в опыте – 5,45 т/га, индекс среды оказался отрицательным и высоким – -1,50.

В разрезе изучаемых генотипов можно выделить такие образцы, как SDK 2021 (7,67 т/га), MDR 1876 (7,15 т/га) и SDK 1921 (7,20 т/га), которые превысили значения контрольного сорта Меляг (7,07 т/га) на 0,08-0,60 т/га или на 1,3-8,6%.

Продуктивность на уровне контрольного сорта отмечена у генотипа BRU 1871 (7,07 т/га). Минимальная урожайность зафиксирована у образца BRU 1975, составившей 6,16 т/га, что на 0,90 т/га или 12,7% ниже контроля.

В среднем по опыту урожайность зерна изучаемых генотипов озимой пшеницы составила 6,95 т/га.

Определение содержания протеина в зерне изучаемых генотипов (Таблица 3) показало вариабельность от 9,6% (SDK 1921) до 12,0% (BRU 1975).

Таблица 3. Содержание протеина и клейковины в зерне образцов озимой мягкой пшеницы (2021-2023)

№	Генотипы	Содержание протеина		Выход протеина, кг/га		Урожайность сухого зерна, кг/га		Содержание клейковины	
		%	± к ст.	± к ст.	± к ст.	кг/га	± к ст.	%	± к ст.
1	Меляг (ст.)	11,2	–	680,1	–	6072	–	19,3	–
2	BRU 1010	11,4	+0,2	656,9	-23,2	5762	-310	19,4	+0,1
3	BRU 2021	10,3	-0,9	606,8	-73,3	5891	-181	16,3	-3,0
4	SDK 2021	10,4	-0,8	685,0	+4,9	6596	+524	16,6	-2,7
5	MDR 1876	10,8	-0,4	669,0	-11,1	6149	+107	17,1	-2,2
6	SDK 1921	9,6	-1,6	594,4	-85,7	6192	+120	13,7	-5,6
7	SDK 1877	10,6	-0,6	612,6	-67,5	5779	-293	19,1	-0,2
8	BRU 1871	10,3	-0,9	62502	-54,9	6080	+8	16,8	-2,5
9	MDR 1807	11,6	+0,4	685,3	+5,2	5908	-164	21,1	+1,8
10	BRU 1975	12,0	+0,8	635,8	-44,3	5298	-774	22,3	+2,0
Средняя		10,8		645,5				18,2	

Содержание протеина контрольного сорта Меляг составляет 11,2%, что на 0,4–1,6% превышает значения большинства изучаемых генотипов. Образцы, которые по содержанию протеина превысили контроль, включают BRU 1010 (11,4%), MDR 1807 (11,6%) и BRU 1975 (12,0%), которые на 0,2–0,8% превышают значения контрольного сорта.

В годы исследований наибольшее накопление протеина в зерне отмечается в 2021 году, составившее 12,9%, а минимальное содержание наблюдается в 2023 году – 8,7%. В среднем по опыту содержание протеина составило 10,8%.

Расчеты выхода протеина с урожаем зерна показали его варьирование от 594,4 кг/га (SDK 1921) до 685,8 кг/га (MDR 1807), в среднем по опыту выход протеина составил 645,5 кг/га. Наиболее высокие показатели выхода белка с урожаем сухого зерна зафиксированы у генотипов SDK 2021 (685,0 кг/га) и MDR 1807 (685,3 кг/га), превысивших контрольный сорт Меляг (680,1 кг/га) на 5,9 и 5,2 кг/га соответственно. Самый низкий выход протеина был у образцов BRU 2021 (606,8 кг/га) и SDK 1921 (594,4 кг/га), которые уступили контролю на 73,3 и 85,7 кг/га.

Определение количества клейковины в белке изучаемых образцов показало варьирование от 13,7% до 22,3%, и в среднем по группе генотипов этот показатель составил 18,2% (Таблица 3).

Наибольшее накопление клейковины наблюдается у генотипов MDR 1807 (21,1%) и BRU 1975 (22,3%), которые превысили показатель контрольного сорта Меляг (19,3%) на 1,8% и 2,0% соответственно. Генотипы SDK 1921 (13,7%), BRU 2021 (16,3%), SDK 2021 (16,6%) и BRU 1871 (16,8%) демонстрируют минимальное содержание клейковины, уступившие контролю (19,3%) на 5,6–2,5%.

Показатель стрессоустойчивости генотипа ($y_{\min}-y_{\max}$), который отражает устойчивость растений к стрессовым факторам в период вегетации (Таблица 4), имеет отрицательное значение. Чем меньше разница между минимальной и максимальной урожайностью, тем выше стрессоустойчивость. В ходе наших исследований этот показатель варьировал от -4,71 до -1,53, и в среднем по опыту составил -2,99.

Таблица 4. Адаптивные свойства урожайности зерна генотипов озимой мягкой пшеницы, т/га (2021-2023)

№	Генотипы	Урожайность, т/га		Стрессоустойчивость ($y_1 - y_2$)	Генетическая гибкость ($y_2 + y_1 : 2$)	Коэффициент адаптивности (КА)
		$\max y_1$	$\min y_2$			
1	Меляг (ст.)	8,23	5,75	-2,48	6,99	1,02
2	BRU 1010	8,12	5,19	-2,93	6,66	0,96
3	BRU 2021	8,73	5,07	-3,66	6,90	0,99
4	SDK 2021	10,20	5,49	-4,71	7,85	1,10
5	MDR 1876	8,86	5,70	-3,16	7,28	1,03
6	SDK 1921	8,75	5,12	-3,63	6,94	1,04
7	SDK 1877	8,53	5,52	-3,01	7,03	0,97
8	BRU 1871	8,28	5,51	-2,77	6,90	1,02
9	MDR 1807	7,92	5,89	-2,03	6,91	0,99
10	BRU 1975	6,81	5,28	-1,53	6,05	0,89
Средняя по опыту		8,44	5,45	-2,99	6,95	

Низкой устойчивостью к стрессам обладают генотипы SDK 2021 (-4,71), BRU 2021 (-3,66), SDK 1921 (-3,16) и SDK 1877 (-3,01), которые существенно уступили контрольному сорту Меляг (-2,48). Самая низкая разница в урожайности зерна, а следовательно, самая высокая стрессоустойчивость отмечается у образцов MDR 1807 (-2,03) и BRU 1975 (-1,53).

Значение показателя $[(y_{\min} - y_{\max}) : 2]$ отражает среднюю величину урожайности сорта в контрастных (стрессовых и максимально благоприятных) условиях произрастания и характеризует генетическую гибкость генотипа или его компенсаторный потенциал формирования урожая. Значение этого показателя по вариантам опыта варьирует от 6,05 до 7,28 и в среднем по опыту составляет 6,95.

Коэффициент адаптивности (КА), характеризующий продуктивные возможности изучаемых генотипов озимой мягкой пшеницы, варьировал от 0,89 до 1,10. Для определения видовой адаптивной реакции генотипов использовалась среднесортовая урожайность за годы исследований. Из всего набора изучаемых генотипов только 5 (50,0%) имели коэффициент адаптивности, превышающий 1. Высоким коэффициентом адаптивности выделились образцы MDR 1876 (1,03), SDK 1877 (1,04), районированный сорт Меляг (1,02), а наиболее высокое значение наблюдается у генотипа SDK 2021 (1,10).

Показатель стрессоустойчивости по накоплению белка в зерне (табл. 5) новых генотипов озимой пшеницы варьировал от -2,7 (Меляг) до -5,3 (SDK 2021 и MDR 1807). Максимальное значение его отмечается у контрольного сорта Меляг (-2,7).

Показатель стрессоустойчивости по накоплению белка в зерне новых генотипов озимой пшеницы от -2,7 (Меляг) до -5,3 (SDK 2021 и MDR 1807). Максимальное значение его отмечается у контрольного сорта Меляг (-2,7).

Таблица 5. Адаптивные свойства массовой доли белка (%) новых генотипов озимой мягкой пшеницы, 2021-2023

№	Генотипы	Содержание белка, %		Стрессоустойчивость ($C_2 - C_1$)	Генетическая гибкость ($C_2 - C_1$) : 2	Коэффициент адаптивности (КА)
		maxim (C_1)	minim (C_2)			
1	Меляг (ст.)	12,5	9,8	-2,7	11,2	1,04
2	BRU 1010	13,2	9,6	-3,6	11,4	1,06
3	BRU 2021	12,2	8,3	-3,9	10,3	0,95
4	SDK 2021	13,0	7,7	-5,3	10,4	0,96
5	MDR 1876	13,0	8,5	-4,5	10,8	1,00
6	SDK 1921	11,8	7,3	-4,5	9,6	0,89
7	SDK 1877	12,4	8,8	3,6	10,6	0,98
8	BRU 1871	12,4	8,1	-4,3	10,3	0,95
9	MDR 1807	14,2	8,9	-5,3	11,6	1,07
10	BRU 1975	14,6	9,5	-5,1	12,0	1,11
Средняя по опыту		12,9	8,7	-4,2	10,8	

В период накопления белка в зерне сильнее всего подверглись влиянию стресса генотипы SDK 2021 и MDR 1807, которые продемонстрировали наименьшую стрессоустойчивость с показателем -5,3.

Изучаемые генотипы озимой пшеницы характеризуются высокой генетической гибкостью массовой доли белка, которая варьирует между 9,6 и 12,0.

Коэффициент адаптивности накопления массовой доли белка в зерне в опыте составляет от 0,89 до 1,11. У половины (50%) генотипов он равен 1 и выше, что свидетельствует о высокой адаптивности этих генотипов к сложившимся условиям среды.

В целом, изучаемые генотипы озимой мягкой пшеницы проявили высокую степень адаптивности к агроклиматическим условиям центральной зоны Молдовы как в направлении формирования величины урожая, так и в формировании его качества, включая содержание белка и клейковины.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования по изучению продуктивности и качества зерна новых генотипов озимой пшеницы позволили сделать следующие выводы:

1. Агроклиматические факторы оказали значительное влияние на формирование урожая зерна изучаемыми генотипами озимой пшеницы, которая варьировала от 5,45 т/га (2022 году) до 8,44 т/га (2023 году).
2. В среднем за годы исследований высокой урожайностью зерна выделились генотипы MDR 1876 (7,15 т/га), SDK 1921 (7,20 т/га) и SDK 2021 (7,76 т/га), превысившие контрольный сорт Меляг (7,06 т/га) на 0,09-0,61 т/га или 1,3-8,6%.
3. Наиболее высоким накоплением белка в зерне выделились генотипы BRU 1010 (11,4%), MDR 1807 (11,6%) и BRU 1975 (12,08%), превысившие контрольный сорт на 0,2-0,8 %.
4. Выход протеина с урожаем зерна изучаемых образцов составил 594,4-686,0 кг/га, будучи средним по опыту 645,5 кг/га.
5. Содержание клейковины в белке варьировало от 13,7 до 22,3% и в среднем по группе генотипов составило 18,2%.
6. Стрессоустойчивость генотипов по урожайности зерна составляет 1,53-4,71. Наиболее высокий показатель отмечается у генотипа BRU 1975 -1,53. Генетическая гибкость у изучаемых образцов озимой пшеницы составила 6,05-7,85, будучи средней по опыту 6,95. Коэффициент адаптивности продуктивности генотипов высокий, составляет 0,89-1,10.
7. Стрессоустойчивость генотипов по содержанию белка в зерне варьирует от -2,7 до -5,3, будучи средней по опыту -4,2. Значения генетической гибкости изменяются от 9,6 до 12,0 будучи очень высокими на всех вариантах опыта. Коэффициент адаптивности массовой доли белка в зерне составляет 0,89-1,11.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ROSIELLE, A. A. and J. HAMBLIN (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, vol. 21(6), pp. 943-946. Disponibil: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x>
2. ГОНЧАРЕНКО, А. А. (2005). Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*, №6, с. 64-70. ISSN 2500-2082. Disponibil: <https://www.vestnik-rsn.ru/vrsn>
3. ДОСПЕХОВ, Б. А. (1985). *Методика полевого опыта*. Москва: Колос, 416 с.
4. ДУБИЦ, Д.; А. МЕЛЬНИК и В. БУРДУЖАН (2024). Оценка продуктивных и адаптационных способностей озимой пшеницы сорта Меляг в различных агроклиматических зонах Молдовы. In: *Realizări științifice în ameliorarea porumbului și altor culturi cerealiere: materialele conferinței științifico-practice cu participare internațională*, 11-12 septembrie 2024, Pașcani, pp. 166-171. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/166-171_18.pdf
5. ЖИВОТКОВ, Л. А.; З. А. МОРОЗОВА и Л. И. СЕКУТУЕВА (1994). Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность». *Селекция и семеноводство*, №2, с. 3-6.
6. ЖУЧЕНКО, А. А. (2008). *Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) теория и практика*. Москва: Агрорус, т. 1, 814 с. ISBN 978-5-903413-01-0.

7. ЗЫКИН, В. А.; И. А. БЕЛАН; В. М. РОССЕЕВ и С. В. ПАШКОВ (2000). Селекция яровой пшеницы на адаптивность: результаты и перспективы. В: *Доклады РАСХН*, № 2. с. 5-7.
8. ЛЕВАКОВА, О. В. (2019). Результаты изучения адаптивно-экологических показателей новых сортов и перспективных линий озимой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области. *Зерновое хозяйство России*, №2 (62), с. 13-16. ISSN 2079-8733. Disponibil: <https://www.zhros.online/jour/about>
9. ШЕННИКОВА, И. Н.; Л. П. КОКИНА и И. Ю. ЗАЙЦЕВА (2024). Урожайность и адаптивные свойства сортов ярового ячменя в условиях Волго-Вятского региона. *Таврический вестник аграрной науки*, №2 (38), с. 213-221. ISSN 2542-0720. Disponibil: <https://tvan.niishk.site/annotacii-sta-tey/2024/tvan-no2-38>

Conflict of Interests

The authors declare that they have no conflict of interest.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

Paper history

Received 12.09.2024; Accepted 23.11.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

DOI: 10.55505/SA.2024.2.07
UDC: 635.21:631.532.2.04



ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДА ВЫРАЩИВАНИЯ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Елена СТОЯНОВА*, ORCID: 0009-0005-6986-686X,
Светлана МАЦКОВА, ORCID: 0000-0002-9200-103X

Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко, Республика Молдова

*Corresponding author: Елена Стоянова: e-mail: atf-pgu2021@mfil.ru

Abstract. Our research aimed to study the problems of potato cultivation in Moldova, and the reasons for refusing to grow it. The article presents the results of production experiments to determine the effect of the timing of growing two varieties of potatoes with planting material from last year's harvest and freshly harvested tubers on potato productivity in a peasant farm in Grigoriopol district. Spring planting was carried out in the second decade of April with tubers from last year's harvest. Summer planting for seed purposes was carried out with tubers from last year's harvest and freshly harvested tubers selected during the harvesting of spring plantings. The prepared tubers were planted on June 12-14. The research includes: meteorological conditions, phenological observations, and biometric measurements. Based on the results obtained, it was found that planting tubers of last year's harvest is more profitable for both food and seed purposes. The productivity of spring plantings is higher, including in terms of the number of seed tubers, however, summer plantings contribute to obtaining healthier seed material for the future harvest.

Keywords: *Solanum tuberosum*; Planting date; Seed material; Phenology; Productivity.

Реферат. Целью наших исследований являлось изучение проблем возделывания картофеля в Молдове, анализ причин отказа от его выращивания. В статье приведены результаты производственных опытов по определению влияния сроков выращивания на двух сортах картофеля посадочным материалом урожая прошлого года и свежесобранными клубнями на продуктивность картофеля в крестьянско-фермерском хозяйстве Григориопольского района. Весенняя посадка проводилась во второй декаде апреля клубнями урожая прошлого года. Летняя посадка на семенные цели осуществлялась клубнями от урожая прошлого года и свежесобранными клубнями, отобранными при уборке весенних посадок. Подготовленные клубни высажены 12-14 июня. В исследованиях приведены: метеорологические условия, фенологические наблюдения, биометрические измерения. На основании полученных результатов установлено, что посадка клубнями урожая прошлого года более выгодна как на продовольственные, так и на семенные цели. Продуктивность весенних посадок выше, в том числе и по количеству семенных клубней, однако, летние посадки способствуют получению более здорового семенного материала для будущего урожая.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum*; Сроки посадки; Семенной материал; Фенология; Продуктивность.

ВВЕДЕНИЕ

Последствия разрушения селекции и семеноводства картофеля в 90-х годах прошлого века негативно сказываются на его производстве и в настоящее время. За последние пять лет площади под картофелем в Молдове изменялись от 19 тыс. га в 2019 году до 23 тыс. га в 2020 году. Снижение удельного веса в структуре посевных площадей до 22 тыс. га началось в 2022 году. В Юго-Восточных районах Республики Молдова до 2020 года площади, занятые картофелем, составляли около 200 га, земледельцы не были заинтересованы в производстве собственного картофеля, так как было дешевле импортировать его из ближайших стран (Министерство Экономического Развития Приднестровской Молдавской Республики, 2021).

В последние годы возникла острая необходимость возрождения картофелеводства в связи с его физическим дефицитом, однако существующие проблемы, такие как подорожание удобрений, пестицидов и посадочного материала из-за увеличения стоимости логистики (местные поставщики отказываются от импорта семенного картофеля из Нидерландов), а также подорожание электроэнергии, поскольку ассоциация водопользователей использует её для работы насосных станций, создают дополнительные трудности. Еще одной причиной возрождения картофелеводства является повышение цен на картофель. В начале весны 2022 года рыночные цены на картофель увеличились на 15-20% по сравнению с началом года, что привело к их выравниванию с уровнем цен на самой высокой точке за пятилетие (в долларовом эквиваленте). Рост цен обеспечивается сравнительно высокой стоимостью импортного картофеля (Stalham and Allen, 2001).

Ситуация, сложившаяся в 2021-2023 годах, подтвердила важность курса на самообеспеченность Республики Молдова продукцией отечественных производителей, в том числе картофелем, с учетом засушливых условий последних лет. Это можно достичь через увеличение поливных площадей. В производстве картофеля существуют сложности и трудности, особенно в Юго-Восточных районах Республики Молдова. Эти проблемы обоснованы объективными факторами в период вегетации растений, как правило, высокая температура и низкое значение влажности воздуха, а также с помощью насекомых переносчиков увеличивается распространённость вирусных болезней (Duellman et al., 2021). Производство картофеля на семена должно быть научно обоснованно спланировано с обязательным учетом сроков сортообновления и сортосмены. Сильное поражение растений вирусными болезнями способствует резкому снижению урожая при использовании семенного материала ниже II-III репродукции, поэтому сортообновление необходимо проводить через 2-3 года (Ильев и Стоянова, 1991).

Сегодня во всех районах региона аграрии занимаются выращиванием картофеля, высаживают по 5-10-20 га. Ежегодно выращивают картофель в промышленных масштабах сельхозпроизводители: ООО «Фикс» и ООО «Рустас» в Слободзейском районе, агрофирмы Григориопольского, Дубоссарского и Каменского районов, некоторые из них размножают и реализуют и семенной картофель. В хозяйствах делается упор на сорта картофеля немецкой селекции (Белароза, Берлинка, Бернина, Венета, Королева Анна, Розара, Рудольф и другие).

В Дубоссарском районе в ООО «Лендер Агроприм» ежегодно выращивают до 2 тысяч тонн картофеля на семенные и продовольственные цели, потенциал у хозяйства есть и на более высокие объемы производства, но существуют проблемы с хранением. Многие хозяйства из соседних районов закупают семенной материал картофеля у Роберто Гуардигли (ООО «Лендер Агроприм»), размножают один-два года у себя, высаживая в весенних и летних посадках. От летнего урожая картофеля выращивают на семенные цели.

В Григориопольском районе, на полях КФХ «Корчак», Станислав Николаевич Корчак занимается выращиванием двух сортов картофеля немецкой селекции — Бернина и Венета. Семенной материал первой и второй репродукции был закуплен у компании Лендер Агроприм. Для предотвращения повреждения семенного материала и распространения картофельной моли в 2023 году в хозяйстве был использован собственный посадочный материал, отобранный от урожая 2022 года. Крупная фракция картофеля от весенней посадки направляется на продовольственные цели, а клубни среднего размера используются в качестве семенного материала для летних посадок в тот же год. Урожай, полученный от летних посадок, используется как семенной материал.

Целью наших исследований является установление влияния периода выращивания на рост, развитие и продуктивность картофеля в условиях юго-восточного региона Республики Молдова. Задачи исследования включают:

- Определение наступления основных фаз роста и развития картофеля, а также биометрических показателей в зависимости от сорта и периода посадки;
- Выявление зависимости продуктивности картофеля от сорта и периода выращивания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методы исследований включают полевые и лабораторные методы. Организация полевых опытов, наблюдения и учеты проводились согласно методике полевого опыта Б. А. Доспехова (1985). При закладке опытов использовался метод расщепленных блоков. Опыты были 1-факторными, с 3 повторностями. Учетная площадь делянки составляла 10 м². Исследования проводились в производственных опытах в 2021-2023 годах на полях КФХ «Корчак», Григориопольский район.

Для определения продуктивности посадок картофеля проводились копки и учеты от весенней посадки перед уборкой в первой декаде июня по 5 растений в трех повторностях. Продуктивность летних посадок определялась за неделю до массовой уборки картофеля.

Выращиваемые в хозяйстве сорта картофеля имеют следующие характеристики:

1. Венета – ранний сорт столового назначения. Урожайность на 45-й день после полных всходов составляет 8,0-10,0 т/га. Этот сорт устойчив к возбудителю рака картофеля и к золотистой картофельной цистообразующей нематоды. Он восприимчив к возбудителю фитофтороза по ботве и клубням, но устойчив к вирусам морщинистой и полосчатой мозаики, а также скручиванию листьев. Хорошо переносит засуху.
2. Бернина – среднеспелый сорт товарного назначения. Товарная урожайность составляет 22,1-44,9 т/га. Сорт обладает выраженным иммунитетом к раку, золотистой нематоды, морщинистой полосчатой мозаике и скручиванию листьев. Умеренно восприимчив к фитофторозу.

Агротехника возделывания. Площадь сельхозугодий хозяйства составляет 150 га, из которых под картофелем ежегодно выделяется от 10 до 20 га. Картофель в хозяйстве выращивается по голландской технологии с использованием гербицидов (Замотаев и др., 2001; Stalham and Allen, 2001. Предшественник – озимая пшеница.

Предпосадочная подготовка клубней. В течение трех недель при температуре 15-18°C клубни проходят яровизацию. Перед посадкой семенной материал об-

работывается средствами защиты: Гаучо – 0.2 л/т, Престиж КС – 0.7 л/т, Серкадис – 0.25 л/т. Эта обработка проводится с целью профилактики против вредителей и болезней. Для этого готовится рабочий раствор протравителей, в который окунаются мешки с семенным материалом. Согласно исследованиям Т. Бохан (2011), такая комбинированная обработка клубней способствует повышению всхожести картофеля (Бохан и др., 2011).

Норма посадки составляет 2-2,5 т/га клубней массой 50-80 г. Используемая схема посадки: 70×25 см, глубина заделки клубней – 10-12 см. Одновременно с посадкой формируются высокообъемные грядки с помощью горизонтально-фрезерного культиватора. Высота грядки составляет 23-25 см, ширина по основанию – 75 см, а по верху – 15-17 см.

Агротехнические мероприятия в период вегетации включали культивации с окучиванием и удалением сорняков; подкормки жидкими удобрениями (КАС); орошение 3-4 раза за сезон, с нормами 200-400 м³/га, проводимое с использованием установки „Консоль”; борьба с вредителями и болезнями в соответствии с технологическими требованиями.

В 2023 году особое внимание уделялось обработке посадок картофеля для предотвращения болезней [8]. В целях профилактики опрыскивали фунгицидом Сектин Феномен (100+500 г/кг) ВДГ – 1,25 кг/га. Во все годы проведения опыта было выполнено три обработки многокомпонентными препаратами, которые включали:

- Первая обработка: Метаксил + Магний 2 кг + Мочевина 5 кг + микроэлементы 20 20 20 по 5 кг на га + Макс форте 250 мл + инсектицид Метафлумизон 240г/л (Альверде);
- Вторая обработка (через 2 недели): Ордан + Магний 2 кг + Мочевина 4 кг + микроэлементы 10:10:50 5 - кг на га Фосфор + Гумифильд форте Макс 250 мл + жидкий бор + инсектицид Лодер;
- Третья обработка (через 10 дней): Циогланд + микроэлементы калийные по 5 кг/ га + Магний 1 кг/га + бор жидкий + Альверде;
- Обработка перед скашиванием ботвы: Картофель был обработан препаратом Ордан.
- Уборка урожая: К массовой уборке картофеля приступали в третьей декаде августа и заканчивали в конце августа двухрядным польским картофелекопателем Z-609.

Для летней посадки свежесобранными клубнями уборку раннего урожая обоих сортов проводили 5-8 июня, с их сортировкой, подготовкой к посадке, обработкой стимуляторами роста (Гибереллин и Янтарная кислота), протравителями (Гаучо – 0.2 л/т, Престиж КС – 0.2 л/т, Синклер, либо Серкадис - 0.25 л/т). Крупные клубни массой 80-100-120 г разрезали пополам вдоль клубня, на мелких клубнях 50-70 г делали кольцевые надрезы, с вымачиванием около 30-40 минут в приготовленных растворах с просушиванием в теплом помещении 5-6 дней. Посадку осуществляли 13-14 июня по той же технологии, что и весеннюю.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Площади под картофелем в Юго-Восточных районах Республики Молдова в 2023 году составили более 700 га. Если в 2020 году объем производства картофеля составлял 6869 тонн, то в 2023 году произведено 7110 тонн картофеля и средней урожайности 18 т/га (Таблица 1).

Таблица 1. Производство картофеля в Юго-Восточных районах Республики Молдова

Показатель	Годы								
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	% 2023 к 2021 г.
Площадь всего, га	240,0	196,0	165,0	228,0	255,0	300,0	500,0	650,0	217,0
Урожайность, т/га	26,29	23,77	17,36	20,95	28,96	26,72	17,35	11,23	42,0
Валовой сбор, тонн	6307,0	4651,0	2868,0	4861,0	7595,0	8015,0	8673,0	7298,0	91,0

Погодные условия последнего десятилетия стали резко континентальными, что характеризуется засухами в весенне-летние периоды. Климатические условия Григориопольского района за последние четыре года были особенно контрастными (Таблица 2).

В 2020 году лето отличалось жаркой и сухой погодой, особенно в июле и августе, когда максимальная температура воздуха достигала 35-38°C. Во все годы наблюдалась высокая дневная температура, которая оказывала отрицательное влияние на бутонизации-цветении картофеля, завязывании клубней и их качестве.

Таблица 2. Метеорологические показатели по годам, АМС Григориопольский район

Месяц	2020		2021		2022		2023	
	Сред-несут. темпер. возд.	Сумма осадков, мм	Сред-несут. темпер. возд.	Сумма осадков, мм	Сред-несут. темпер. возд.	Сумма осадков, мм	Сред-несут. темпер. возд.	Сумма осадков, мм
Март	8,5	16,0	4,5	40,0	3,2	14,4	7,3	39,0
Апрель	10,5	5,0	8,8	39,0	10,6	37,0	10,4	102,0
Май	10,4	90,0	15,5	70,0	16,4	19,3	16,2	12,0
Июнь	22,1	93,0	20,9	113,7	21,6	18,0	21,3	23,0
Июль	23,5	87,0	24,3	147,0	24,7	5,0	24,1	115,0
Август	23,2	10,0	24,7	134,0	24,9	85,0	24,9	5,0
Сентябрь	19,8	45,0	14,6	10,9	14,5	82,1	20,5	19,0
Октябрь	15,6	37,0	9,3	2,7	12,0	12,0	15,1	10,3
Среднее	16,7	383	15,3	557,3	16,0	272,8	17,6	325,3

Влагообеспеченность в последние годы значительно колебалась. Более засушливыми оказались 2022-2023 годы, когда вегетационный период картофеля сопровождался снижением влажности воздуха, которая в августе 2022 года опустилась до 34%. Из-за большого количества дождей в июле, посадки картофеля пострадали от фитофтороза и макроспориоза. Клубни поражены сосудистым некрозом и сухой гнилью, что подтверждено данными характеристик сортов. Результаты исследований подтверждают сходство с выводами, представленными в работах Деренко (2014), Замотаевой и др. (2001), а также Duellman et al. (2021). Негативные последствия отрицательно сказались на продуктивности сортов, урожайность снизилась в полтора раза, до 10 т/га.

Фенологические наблюдения. Отмечали наступление основных фаз роста и развития картофеля в зависимости от сорта и сроков посадки (Таблицы 3 и 4).

Таблица 3. Даты наступления фаз вегетации сорта Венета

Фазы роста и развития	Весенняя посадка			Летняя посадка					
				«старые» клубни			свежеубранные клубни		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Дата посадки	11.04	13.04	16.04	13.06	13.06	14.06	14.06	13.06	14.06
Полные всходы	30.04	30.04	02.05	23.06	24.06	25.06	26.06	27.06	26.06
Массовое цветение	5.06	7.06	7.06	25.08	26.08	24.08	1.09	1.09	30.08
Созревание-уборка	20.08	20.08	21.08	26.09	27.09	27.09	1.10	2.10	1.10
Всходы – уборка, дн.	103	103	102	96	96	95	98	98	98

В весенних посадках период вегетации сорта Венета был более продолжительным и составлял 102-103 суток в зависимости от года. При посадке прошлогодними клубнями он был на 6-8 дней короче в летних посадках по сравнению с весенними. На летних посадках свежееубранными клубнями всходы появлялись на 1-3 дня позже по сравнению со старыми клубнями. Соответственно и период вегетации у них был более продолжительным (Таблицы 3, 4).

Таблица 4. Даты наступления фаз вегетации картофеля сорт Бернина

	Весенняя посадка			Летняя посадка					
				прошлогодние клубни			свежеубранные клубни		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Дата посадки	11.04	13.04.	16.04	13.06	13.06.	14.06	14.06	13.06.	14.06
Полные всходы	03.05	05.05	06.05	25.06	26.06	26.06	30.06	29.06	29.06
Массовое цветение	8.06	8.06	10.06	26.08	25.08.	24.08	2.09.	3.09.	30.08
Созревание-уборка	22.08	22.08	23.08	28.09	29.09	28.09	3.10	4.10	4.10
Всходы – уборка, дн.	112	110	110	96	96	95	96	98	98

На наступление фаз вегетации оказали погодные условия, сорт и срок посадки картофеля. Период вегетации среднеспелого сорта Бернина в зависимости от условий года в весенних посадках был в пределах 110-112 дней, в летних посадках прошлогодними клубнями – 95-96 дней, а свежееубранными – 96-98 дней. Наблюдения за ростом и развитием растений картофеля в весенних и летних посадках отражены в таблицах 5 и 6.

Всхожесть картофеля сорт Венета была выше при посадке прошлогодними клубнями в весенних посадках (95-97%), в летних посадках она оказалась выше на прошлогодних клубнях, а самой низкой – 90-92% была всхожесть свежееубранных клубней. Количество стеблей и высота растений больше в весенних посадках. В летних посадках эти показатели также были выше на вариантах с посадкой прошлогодними клубнями. У сорта Бернина всхожесть выше в весенних посадках. Причем она выше и по сравнению с раннеспелым сортом Венета на 1-3%. Показатели высоты и количества стеблей на растении больше на весенних посадках. А в летних посадках количество стеблей и высота картофеля больше при посадке прошлогодними клубнями.

Таблица 5. Всхожесть и биометрические показатели картофеля сорт Венета

Год	Сроки посадки	Всхо- жесть, %	Количество стеблей в фазе цветения, шт/раст.	Высота, см	
				Полные всходы	Бутонизация- цветение
2021	Весенняя	97,0	5,8	23,4	57,8
	Летняя (прошлогодними клубнями)	95,0	5,6	21,9	50,3
	Летняя (свежеубранными клубнями)	92,0	3,4	19,5	44,4
2022	Весенняя	95,0	5,9	24,1	57,6
	Летняя (прошлогодними клубнями)	93,0	5,3	23,2	53,0
	Летняя (свежеубранными клубнями)	90,0	3,2	20,0	40,2
2023	Весенняя	96,0	5,7	24,6	59,4
	Летняя (прошлогодними клубнями)	93,0	5,4	23,1	53,7
	Летняя (свежеубранными клубнями)	90,0	3,2	20,3	44,2

Таблица 6. Всхожесть и биометрические показатели картофеля сорт Бернина

Год	Сроки посадки	Всхо- жесть, %	Количество стеблей в фазе цветения, шт/раст.	Высота, см	
				Полные всходы	Бутонизация- цветение
2021	Весенняя	98,0	5,9	21,7	58,3
	Летняя (прошлогодними клубнями)	97,0	5,2	20,4	55,4
	Летняя (свежеубранными клубнями)	95,0	3,0	18,7	48,4
2022	Весенняя	97,0	5,7	23,5	59,3
	Летняя (прошлогодними клубнями)	94,0	4,8	22,0	56,6
	Летняя (свежеубранными клубнями)	93,0	2,9	21,1	45,2
2023	Весенняя	97,0	5,8	22,9	60,2
	Летняя (прошлогодними клубнями)	95,0	5,7	24,8	57,6
	Летняя (свежеубранными клубнями)	92,0	3,1	22,6	51,9

В результате визуальных наблюдений было установлено, что поражаемость картофеля вирусными и бактериальными заболеваниями была выше на весенних посадках обоих сортов. Из 25 осмотренных кустов каждого сорта, в среднем 5-8 и 6-9 растений выглядели больными (в зависимости от года). На летних посадках из прошлого года поражалось 3-5 и 4-6 растений, а из свежих клубней — 2-4 и 3-4 растения для каждого сорта.

Продуктивность картофеля зависела как от сорта, так и от сроков выращивания (Таблицы 7 и 8). Как количество, так и масса семенных клубней у сорта Венета были выше на весенней посадке по сравнению с летней. Процент семенных клубней колебался от 73% до 78% в разные годы. На летних посадках, как количество, так и масса семенных клубней были больше при использовании прошлогодних клубней, хотя отношение семенного материала к общему урожаю оставалось примерно одинаковым (60-76%). Было отмечено достоверное превышение урожая при использовании прошлогодних клубней как на весенних, так и на летних посадках.

Таблица 7. Продуктивность картофеля сорт Венета, среднее с 1 куста

Показатели	Весенняя посадка				Летняя посадка							
					«старые» клубни				свежеубранные клубни			
	2021	2022	2023	сред	2021	2022	2023	сред	2021	2022	2023	сред
Количество клубней всего, шт	10,3	11,1	10,8	10,7	4,1	4,3	4,2	4,2	4,0	3,8	4,2	4,0
Количество семенных клубней, шт	8,1	9,3	7,8	8,4	3,1	3,0	2,6	2,9	1,5	1,3	1,7	1,5
Масса клубней всего, кг НСП ₀₉₅ = 0,24кг	2,8	3,1	2,5	2,8	2,1	1,9	1,6	1,9	1,6	1,4	1,3	1,4
Масса семенных клубней, кг НСП ₀₉₅ = 0,14кг	2,2	2,4	2,1	2,2	1,2	1,1	0,8	1,0	0,6	0,4	0,3	0,4
% семенных клубней к общему количеству	78,6	83,8	72,2	78,5	75,6	69,8	61,9	69,0	37,5	34,2	40,5	37,5

У сорта Бернина наблюдалась такая же тенденция, как и у сорта Венета. Получены более высокие показатели по годам на весенних посадках. Хотя как количество, так и масса клубней во всех вариантах несколько выше у сорта Бернина. В весенней посадке образовалось больше семенных клубней, их масса также была выше. Удельный вес семенных клубней оказался во все годы больше на варианте летней посадки прошлогодними клубнями. Отмечено достоверное превышение урожая прошлогодними клубнями в весенней посадке (Таблица 8).

Таблица 8. Продуктивность картофеля сорт Бернина, среднее с 1 куста

Показатели	Весенняя посадка				Летняя посадка							
					«старые» клубни				свежеубранные клубни			
	2021	2022	2023	сред	2021	2022	2023	сред	2021	2022	2023	сред
Количество клубней всего, шт	9,3	10,1	9,8	9,7	7,1	7,3	6,8	7,1	4,5	3,8	5,0	4,4
Количество семенных клубней (70-80 г), шт	6,6	6,9	6,3	6,6	4,9	5,0	4,4	4,8	2,6	2,4	2,7	2,6
Масса клубней всего, кг НСП ₀₉₅ = 0,25кг	3,0	3,5	3,2	3,2	2,0	1,3	1,8	1,7	0,9	1,1	1,4	1,1
Масса семенных клубней, кг НСП ₀₉₅ = 0,15кг	2,0	1,8	1,6	1,5	1,0	0,8	0,9	0,9	0,6	0,3	0,5	0,5
% семенных клубней к общему количеству	71,0	68,3	64,3	68,0	69,0	68,5	64,7	67,6	68,9	63,2	54,0	59,1

ВЫВОДЫ

В Юго-Восточных районах Республики Молдова картофель играет особую роль в обеспечении населения продовольствием. К сожалению, с распадом Союза распалась и отрасль картофелеводства. В последние десятилетия практически

весь картофель был привозным, но с 2020 по 2023 годы в связи с изменением ситуации, только некоторые аграрные предприятия постепенно возрождают отрасль картофелеводства.

Анализ показателей роста, развития и продуктивности картофеля сорта Вене-та и Бернина в хозяйстве КФХ «Корчак» Григориопольского района позволил сделать вывод о том, что посадка клубнями урожая прошлого года достоверно выгодна, как на продовольственные, так и на семенные цели. Летние посадки выглядят более здоровыми, способствуют получению качественного семенного материала для будущего урожая. Поэтому в целях обеспечения населения продовольственным и семенным материалом и более эффективного использования пашни в Юго-Восточных районах Республики Молдова перспективной является двух уро-жайная культура картофеля прошлогодними клубнями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. БОХАН, Т. Н.; В. Л. Игнатович и В. Т. Михальчик (2011). Предпосадочная обработка семенных клубней – важный резерв повышения урожайности. В: *Материалы XII Междун. студ. конф.*, Гродно, 18-20 мая 2011 г. Ч. 3. Гродно: ГТАУ, с. 113-115.
2. ДЕРЕНКО, Т. А. (2014). Квадрис: современный подход для защиты картофеля от важнейших заболеваний. *Земледелие*, № 8, с. 43-45. Disponibil: <https://cyberleninka.ru/article/n/kvadriss-ovremennyy-podhod-dlya-zaschity-kartofelya-ot-vazhneyshih-zabolevaniy>
3. ДОСПЕХОВ, Б. А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс, 2011. 350 с. ISBN 978-5-903034-96-34.
4. ИЛЬЕВ, П. Б. и Е. М. Стоянова (1990). Проблемы семеноводства картофеля в Молдавии. В: *Состояние и перспективы интенсификации овощеводства: Материалы Научно-практической конференции ПНИИСХ*, 17-19 июля 1990 г. Тирасполь, с. 104-105.
5. ЗАМОТАЕВ, А. И.; Б. П. ЛИТУН и А. В. КОРШУНОВ (2001). *Производство картофеля на промышленной основе*. Москва: Агропромиздат. 177с.
6. МИНИСТЕРСТВО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКИ. *Статистический ежегодник Приднестровской Молдавской Республики за 2021 год*. Site web. Disponibil: <https://mer.gospmr.org/devatelnost/gosudarstvennaya-sluzhba-statistiki-gosstat/in-formacziya/ezhegodnik-gosudarstvennoj-sluzhby-statistiki/ezhegodnik-po-respublike.html>
7. DUELLMAN, K. M.; W. J. PRICE; A. MELINDA; M. A. LENT; C. L. CHRISTIAN; M. C. BERTRAM et al. (2021). Fungicide Seed Treatment Improves Performance of Single-Drop Whole and Cut Seed Potatoes. *American Journal of Potato Research*, vol. 98, pp. 315-327. Disponibil: <https://doi.org/10.1007/s12230-021-09845-0>
8. STALHAM, M. A. and E. J. ALLEN (2001). Effect of variety, irrigation regime and planting date on depth, rate, duration and density of root growth in the potato (*Solanum tuberosum*) crop. *The Journal of Agricultural Science*, vol.13 (3), pp. 251-270.

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflict of interests.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

Paper history

Received 29.09.2024; Accepted 23.11.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

DOI: 10.55505/SA.2024.2.08
UDC: 633.11:632.952



EFICACITATEA BIOLOGICĂ COMPARATIVĂ A NOILOR PRODUSE DE UZ FITOSANITAR ÎN SCOPUL COMBATERII MICOZELOR PARAZITE OBLIGATE (*PUCCINIA RECONDITA* ROB. ET DESM. F. *TRITICI* ERIKS. ȘI *ERYSIPHE GRAMINIS* DC. F. *TRITICI* MARCHAL.) LA CULTURA GRÂULUI DE TOAMNĂ

Alexei BIVOL*, ORCID: 0009-0003-5709-7173,
Sergiu BĂDĂRĂU, ORCID: 0009-0009-5542-4373

Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

*Correspondență: Alexei BIVOL – e-mail: alexei.bivol@spp.utm.md

Abstract. This paper presents the results of state testing for new fungicide remedies on the basis of: triazoles (AGFun-2, EW, and FUN 4 SC), strobilurins (Arkheon, SC, and FUN 3 SC), and triazole + strobilurin combinations (F2024-azodif, SC, Binazol 300 SC, AGFun-10, SC, and Spireel, SC), aimed at combating obligate parasitic pathogens (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* and *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) that cause brown rust and powdery mildew, the two key diseases of winter wheat, based on the specific conditions of the Republic of Moldova. The action of these products, studied within state trials, demonstrated a significantly high biological efficacy for their approval and inclusion as fungicidal preparations in the integrated management of winter wheat protection and in the State Register of Plant Protection Products and Fertilizers developed for the Republic of Moldova.

Keywords: Winter wheat; Pathogenic fungi; Fungicide; Triazole; Strobilurin; Efficiency.

Rezumat. În prezenta lucrare sunt redată rezultatele aferente testării de stat, reieșind din condițiile specifice Republicii Moldova, a unor noi remedii fungicide pe bază de triazoli (AGFun-2, EW și FUN 4 SC), strobilurine (Arkheon, SC și FUN 3 SC), triazol + strobilurină (F2024-azodif, SC, Binazol 300 SC, AGFun-10, SC și Spireel, SC), împotriva agenților patogeni paraziți obligați (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* și *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*), care provoacă rugina brună și făinarea, cele două boli-cheie ale grâului de toamnă. Acțiunea produselor de uz fitosanitar, cercetate în cadrul încercărilor de stat, a arătat o eficiență biologică destul de sporită, care permite recomandarea lor în scopul omologării și includerii drept preparate fungicide în managementul integrat de protecție a grâului de toamnă și în Registrul de Stat al produselor de uz fitosanitar și al fertilizanților, elaborat pentru Republica Moldova.

Cuvinte-cheie: Grâu de toamnă; Fungi patogeni; Fungicid; Triazol; Strobilurină; Eficiență.

INTRODUCERE

Microorganismele fitopatogene, în contact cu plantele-gazdă, cauzează dereglarea echilibrului funcțional și determină o scădere a cantității de substanțe organice acumulate prin fotosinteză. În cazul cerealielor, acest lucru duce la reducerea productivității. Per ansamblu, plantele de cultură manifestă o sensibilitate mai ridicată la

atacul bolilor comparativ cu rudele lor sălbatice, din motiv că acestea sunt nevoite să se dezvolte în condiții de monocultură artificială (Wyczling, et al. 2010). Actualmente, obținerea unor producții majore nu poate fi concepută fără utilizarea unor metode corespunzătoare de protecție a grâului de toamnă, care trebuie să includă măsuri legislative și de carantină fitosanitară – măsuri privind ameliorarea și cultivarea soiurilor mai rezistente, măsuri privind igiena culturală, metode și mijloace fizico-mecanice; măsuri agrotehnice, metoda biologică, măsuri de prognoză și avertizare, iar în cazuri strict necesare combaterea chimică (Bădăraș, 2012).

Administrarea produselor cu acțiune fungică pentru combaterea microorganismelor fitopatogene are un efect pozitiv asupra productivității culturilor agricole, însă generează și consecințe negative asupra preparatelor utilizate care pot intra în contact cu substanțele respective, asupra consumatorilor de produse agricole și, nu în ultimul rând, asupra mediului înconjurător. Majoritatea produselor de uz fitosanitar sunt substanțe chimice toxice pentru oameni și animale, ceea ce impune aplicarea unor măsuri stricte pentru prevenirea eventualelor intoxicații ale oamenilor și animalelor, dar și pentru prevenirea poluării producției agricole, a solului, apelor și vegetației. Totuși, atunci când este aplicată rațional și corect, chimioterapia prezintă o eficacitate ridicată, efect rapid, eficiență economică și recolte salvate, care depășesc valoric cheltuielile efectuate. Prin urmare, tratamentele chimice trebuie aplicate doar în cazuri de pericol evident, conform principiului lui Hippocrate „Primum non nocere” (Bădăraș și Gaibu, 2014).

Foarte periculoase în agrocenoze sunt bolile cauzate de paraziți obligați, deoarece, în acest caz, măsurile agrotehnice întreprinse de om, orientate spre obținerea unor plante viguroase și bine dezvoltate, contribuie la o mai bună asigurare a agenților patogeni cu hrană proaspătă. Modul de nutriție al paraziților obligați le permite utilizarea directă a citoplasmei din celulele vii ale plantei-gazdă, fără o prelucrare prealabilă a hranei. În acest context, pentru combaterea ciupercilor parazite obligate, precum *Erysiphe graminis* și *Puccinia recondita*, metoda chimică de combatere este de neînlocuit (Пересыпкин, 1989).

Perfecționarea metodei chimice de protecție a grâului de toamnă împotriva făinării și ruginii brune este posibilă cu ajutorul unor produse moderne, bazate pe triazoli și strobilurine. Aceste produse, testate de stat, au fost implementate în sistemele integrate de protecție a cerealelor, constituind scopul cercetărilor efectuate de autori în cadrul unor contracte tehnico-științifice încheiate între S.S. „Centrul de stat pentru atestarea și omologarea produselor de uz fitosanitar și a fertilizanților” și I.P. Universitatea Tehnică a Moldovei.

MATERIALE ȘI METODE

Subiectul primordial de diminuare a pierderilor de recoltă impune abordarea problemei privind identificarea unor măsuri eficiente pentru protecția grâului de toamnă, care să contribuie la reducerea intensității dezvoltării bolilor cheie și a nocivității acestora, prin aplicarea unui număr minim de tratamente chimice. Succesul combaterii bolilor prin chimioterapie necesită determinarea corectă a termenelor de aplicare a tratamentelor, utilizarea fungicidelor cu eficiență sporită, precum și diversificarea sortimentului de produse chimice omologate.

În acest sens, lucrările de experimentare a unor noi produse de uz fitosanitar cu acțiune fungică împotriva ciupercilor parazite obligate *Erysiphe graminis* și *Puccinia recondita*, realizate în culturile de grâu de toamnă din cadrul SRL „Vatra-Răzășească”, raionul Ialoveni, s-au dovedit de actualitate și au avut ca obiective următoarele:

- studul privind dinamica dezvoltării făinării și ruginii brune prin efectuarea sondajelor de evidență și calcularea indicatorilor de frecvență și intensitate a atacului;
- determinarea eficacității biologice a fungicidelor triazolice (AGFun-2, EW și FUN 4 SC), strobilurine (FUN 3, SC și Arkheon, SC) și triazolo-strobilurine (Binazol 300 SC, F2024-azodif, SC, AGFun-10, SC și Spireel, SC) împotriva făinării și ruginii brune, în comparație cu varianta martor netratată și variantele etalon;
- prelucrarea statistică a rezultatelor obținute;
- recomandarea preparatelor testate pentru omologare ca fungicide împotriva micozelor *Erysiphe graminis* și *Puccinia recondita*, precum și includerea acestora în „Registrul de Stat al produselor de uz fitosanitar și al fertilizanților”.

Conform literaturii de specialitate, evoluția epidemiilor de boli la grâul de toamnă este favorizată de factori precum: nivelul sporit de umiditate relativă a aerului, precipitațiile frecvente, ceața, roua, densitatea excesivă a semănăturilor, aerisirea insuficientă, aplicarea unor doze exagerate de azot, sensibilitatea soiurilor la atacul bolilor și temperaturile moderat ridicate (18–27°C) (Bădărau și Gaibu, 2014). În acest context, condițiile de mediu din perioada de vegetație a anului 2024 au fost relativ favorabile dezvoltării bolilor provocate de ciupercile *Erysiphe graminis* și *Puccinia recondita* la cultura grâului de toamnă.

În cadrul experiențelor noastre, s-au utilizat opt produse de uz fitosanitar pe bază de triazoli și strobilurine. Triazolii acționează asupra ciupercilor superioare prin inhibarea biosintezei ergosterolului în membranele celulare, ceea ce duce la dereglarea ciclului biologic prin blocarea formării anamorfei, lipsindu-le astfel de sursa principală de inocul (conidiile la *Oidium monilioides* și uredosporii la *Puccinia recondita*).

Strobilurinele sunt substanțe organice de sinteză care imită structura strobilurinei A, extrasă din ciuperca *Strobilurus tenacellus*, fac parte din grupa fungicidelor QoI (Quinone outside inhibitor), care acționează prin inhibarea respirației mitocondriale, ceea ce blochează producerea de energie necesară pentru ciclul vital al ciupercilor.

Experimentările privind testarea de stat a noilor fungicide triazolo-strobilurine s-au efectuat pe soiul de grâu de toamnă Căpriană. Montarea experienței s-a realizat pe 10 aprilie 2024, utilizând metoda dreptunghiului latin (Figura 1). Fiecare variantă experimentală a inclus patru repetiții, iar parcelele aferente fiecărei repetiții aveau dimensiunile de 25 x 2 m (50 m²). Pentru a evita suprapunerea soluției de lucru între variantele experimentale, parcelele au fost separate prin cărări. Fiecare variantă experimentală și repetiție a fost identificată prin plăcuțe instalate în fața parcelor respective, pe care erau indicate numerele acestora. Au fost efectuate două tratamente: 10 aprilie 2024 și 25 mai 2024.

Tratarea plantelor s-a realizat folosind o stropitoare portabilă, în intervale orare fără vânt, pentru a asigura aplicarea uniformă a soluției. Observările fenologice și sondajele de evidență au fost realizate periodic, respectând cerințele din „Îndrumări metodice pentru testarea produselor chimice și biologice de protecție a plantelor de dăunători, boli și buruieni în Republica Moldova” (Chișinău, 2002).

Eficacitatea biologică a tratamentelor cu fungicidele testate pentru combaterea ciupercilor *Erysiphe graminis* și *Puccinia recondita* la grâul de toamnă a fost determinată utilizând următoarea formulă de calcul:

$$E. b. \% = \frac{I. m. - I. e.}{I. m.} \times 100, \text{ unde:}$$

E. b. – eficacitatea biologică;

I. m. – intensitatea dezvoltării bolii în varianta martorului fără tratamente;

I. e. – intensitatea dezvoltării bolii în variantele experimentale.

Din punct de vedere statistic, datele obținute în cadrul experimentelor au fost prelucrate conform metodologiei descrise de Б.А. Доспехов (1985).

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Pentru o gestionare cu succes și o combatere eficace a bolilor grâului de toamnă, este necesară diagnosticarea corectă a bolilor și identificarea precisă a agenților patogeni. Pe baza particularităților biologice ale acestora, se pot aplica măsuri specifice de control și combatere integrată.

Starea fitosanitară a semănturilor de grâu depinde de respectarea cerințelor agrotehnice în cadrul tehnologiei de cultivare. Este bine cunoscut faptul că plantele de grâu slăbite din cauza condițiilor nefavorabile de mediu devin mai susceptibile la bolile provocate de ciuperci saprofite și parazite facultative, precum *Drechslera tritici-repentis*, *Septoria graminum*, *Septoria nodorum*, *Fusarium graminearum* etc. (Lenc, 2015). Indiferent de tehnologia de cultivare utilizată, plantele de grâu rămân vulnerabile la bolile cauzate de microorganisme parazite obligate, precum rugina brună și făinarea. În acest context, în tehnologia intensivă de cultivare a grâului de toamnă, tratamentele cu produse fitofarmaceutice sunt absolut necesare pentru combaterea ciupercilor parazite obligate *Erysiphe graminis* și *Puccinia recondita*, responsabile de bolile majore – făinarea și rugina brună.



Figura 1. Lotul experimental pentru testarea de stat a noilor produse de uz fitosanitar în combaterea bolilor grâului de toamnă, SRL „Vatra-Răzășeasca”, raionul Ialoveni, 2024

În zona centrală a țării, în perioada desfășurării cercetărilor prevăzute în cadrul contractelor tehnico-științifice încheiate între S.S. „Centrul de stat pentru atestarea și omologarea produselor de uz fitosanitar și a fertilizanților” și I.P. Universitatea Tehnică a Mol-

dovei, condițiile climaterice din perioada de vegetație a anului 2024, s-au dovedit relativ favorabile atât pentru dezvoltarea culturilor de grâu de toamnă, cât și pentru apariția și extinderea bolilor infecțioase cheie – făinarea și rugina brună. Pe sectorul experimental din cadrul SRL „Vatra-Răzășeasca”, raionul Ialoveni, în varianta martor netratat, au fost observate frecvent simptome cauzate de agenții patogeni *Erysiphe graminis* și *Puccinia recondita*. De asemenea, au fost identificate semne patografice produse de alte ciuperci patogene, precum *Ustilago tritici*, *Tilletia caries*, *Septoria graminum*, *Septoria nodorum*, *Dreschlera tritici-repentis*, *Fusarium graminearum*, *Cladosporium herbarum*, de bacteriile *Xanthomonas translucens* și *Pseudomonas atrofaciens*, precum și de virusul mozaicului rusesc (*Triticum virus 8*).

Pentru obținerea unor producții performante de grâu de toamnă, în condițiile favorabile dezvoltării bolilor cheie, precum făinarea și rugina brună, utilizarea fungicidelor devine absolut necesară, chiar și în contextul aplicării metodelor alternative de protecție, cum ar fi rotația culturilor, cultivarea soiurilor rezistente, pregătirea adecvată și fertilizarea echilibrată a solului, precum și întreținerea culturilor în conformitate cu cerințele tehnologice. În astfel de situații, chimioterapia rămâne metoda radicală de combatere a ruginii brune și făinării, implicând 2-3 tratamente chimice specializate cu fungicide omologate (Moșoi et al., 2016).

Reușita combaterii chimice a făinării și ruginii brune, indică lărgirea sortimentului de preparate, omologate prin procedura testărilor de stat. Înainte de montarea experiențelor, în câmpul selectat a fost efectuată monitorizarea stării fitosanitare a grâului de toamnă evidențiindu-se gradul de atac cu făinare și rugină brună. Acest demers a avut ca scop determinarea eficienței biologice a preparatelor supuse testării de stat.

Rezultatele experimentale privind determinarea eficienței biologice a unor noi produse triazolo-strobilurine în combaterea ciupercii *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* la cultura grâului de toamnă sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Rezultatele eficienței biologice a unor noi produse de uz fitosanitar împotriva făinării grâului de toamnă. Soiul Căpriană, SRL „Vatra-Răzășeasca”, raionul Ialoveni, anul 2024

Denumirea produsului / ingredientului activ	Variantele experienței		Frecvența atacului, %	Intensitatea dezvoltării bolii, %	Eficiența biologică, %
AGFun-2, EW (tebuconazol, 250 g/l)	1.	Martor netratat	19,6	10,1	0,0
	2.	St. Alister 250 EW – 0,75 l/ha	3,8	1,0	90,1
	3.	AGFun-2, EW – 0,75 l/ha	4,1	1,2	88,2
	4.	AGFun-2, EW – 1,0 l/ha	3,4	0,9	91,1
		DL 0,95			2,04
FUN 4 SC (tebuconazol, 500 g/l)	1.	Martor netratat	22,5	13,1	0,0
	2.	Teză, SC – 0,5 l/ha	3,2	1,0	92,4
	3.	FUN 4 SC – 0,25 l/ha	5,8	1,6	87,8
	4.	FUN 4 SC – 0,30 l/ha	3,5	1,2	90,8
		DL 0,95			3,56
FUN 3 SC (azoxistrobin, 500 g/l)	1.	Martor netratat	22,5	13,1	0,0
	2.	St. Astarta One 250 SC - 1,0 l/ha	3,7	1,1	91,6
	3.	FUN 3 SC – 0,4 l/ha	4,9	1,6	87,8
	4.	FUN 3 SC – 0,5 l/ha	3,5	1,0	92,4
		DL 0,95			2,59

Arkheon, SC (piraclostrobin, 250 g/l)	1.	Martor netratat	19,6	10,1	0,0
	2.	St. Revycare – 1,0 l/ha	3,2	0,9	91,1
	3.	Arkheon, SC – 0,7 l/ha	4,9	1,4	86,1
	4.	Arkheon, SC – 0,8 l/ha	3,5	1,0	90,1
		DL 0,95			3,50
Binazol 300 SC tebuconazol, 200 g/l + trifloxistrobin, 100 g/l	1.	Martor netratat	19,6	10,1	0,0
	2.	St. Custodia 320 SC – 1,0 l/ha	3,5	0,85	91,6
	3.	Binazol 300 SC – 0,75 l/ha	5,2	1,40	86,1
	4.	Binazol 300 SC – 1,0 l/ha	3,3	0,95	90,6
		DL 0,95			2,85
F2024-azodif, SC azoxistrobin, 200 g/l + difenconazol, 125 g/l	1.	Martor netratat	19,6	10,1	0,0
	2.	Brander, SC – 1,0 l/ha	3,0	0,75	92,6
	3.	F2024-azodif, SC – 0,5 l/ha	5,1	1,35	86,6
	4.	F2024-azodif, SC – 0,7 l/ha	3,5	0,85	91,6
		DL 0,95			3,31
AGFun-10, SC protioconazol, 175 g/l + trifloxistrobin, 150 g/l	1.	Martor netratat	19,6	10,1	0,0
	2.	St. NOVA PRO – 0,8 l/ha	3,0	1,1	89,1
	3.	AGFun-10, SC – 0,7 l/ha	5,5	1,6	84,2
	4.	AGFun-10, SC – 0,8 l/ha	3,4	1,4	86,2
	5.	AGFun-10, SC – 1,0 l/ha	2,3	0,8	92,1
		DL 0,95			2,95
Spireel, SC protioconazol, 175 g/l + trifloxistrobin, 88 g/l	1.	Martor netratat	19,6	10,1	0,0
	2.	St. Madison SC 263 – 0,9 l/ha	3,7	0,8	92,1
	3.	Spireel, SC – 0,5 l/ha	7,4	1,4	86,1
	4.	Spireel, SC – 0,6 l/ha	4,2	1,0	90,1
		DL 0,95			3,21

Analizând rezultatele experimentale obținute în cadrul testărilor de stat din anul 2024, se observă că produsele supuse testării, atât cele cu o singură substanță activă, cât și cele cu doi ingrediente, au demonstrat o eficiență biologică satisfăcătoare în combaterea micozei *Erysiphe graminis* f. sp. *Tritici*. Aceste rezultate sugerează că produsele testate pot fi recomandate pentru omologare și includerea în Registrul de stat al produselor de uz fitosanitar și al fertilizanților.

Astfel, dintre produsele pe bază de tebuconazol, preparatul AGFun-2, EW s-a comportat similar variantei standard (Alister 250 EW – 0,75 l/ha) atât în doza de 0,75 l/ha, cât și în doza de 1,0 l/ha. Eficiența produsului FUN 4 SC a fost sub nivelul standardului în prima doză (0,5 l/ha), ceea ce sugerează că acesta poate fi recomandat pentru omologare doar în doza a doua de 0,30 l/ha.

De asemenea, preparatul FUN 3 SC pe bază de azoxistrobin, în doza de 0,4 l/ha, a avut o eficiență sub nivelul variantei standard (Astarta One 250 SC – 1,0 l/ha), iar în doza de 0,5 l/ha, eficiența biologică a fost comparabilă cu nivelul standardului. Produsul Arkheon, SC pe bază de piraclostrobin, a demonstrat o eficiență similară variantei etalon (Revycare – 1,0 l/ha), doar în doza de 0,8 l/ha.

Aceste observații indică faptul că, în funcție de doza aplicată, unele produse au arătat eficiență comparabilă cu standardele existente, ceea ce susține recomandarea lor pentru utilizare și omologare în scopuri fitosanitare.

Dintre produsele pe bază de protioconazol + trifloxistrobin, preparatul AGFun-10, SC a arătat o eficiență biologică mai scăzută, decât etalonul (NOVA PRO – 0,8 l/ha) în doza de 0,7 l/ha, însă a fost eficient la nivelul standardului în dozele de 0,8 l/ha și 1,0 l/ha. În ace-

leași condiții climatice, preparatul Spireel, SC (protioconazol, 175 g/l + trifloxistrobin, 88 g/l) a prezentat o eficiență biologică inferioară în combaterea ciupercii *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*, fiind propus de autori pentru omologare doar în doza de 0,6 l/ha.

Eficiența biologică a preparatului F2024-azodif, SC (azoxistrobin, 200 g/l + difenocnazol, 125 g/l) a fost similară cu cea a variantei standard (Brander, SC – 1,0 l/ha) în doza de 0,7 l/ha, dar sub nivelul standardului în doza de 0,5 l/ha. Produsul Binazol 300 SC (tebuconazol, 200 g/l + trifloxistrobin, 100 g/l) a demonstrat o eficiență biologică similară variantei standard (Custodia 320 SC – 1,0 l/ha) în doza de 1,0 l/ha și sub nivelul etalonului în doza de 0,75 l/ha.

Pe lângă făinarea grâului de toamnă, rugina brună rămâne una dintre cele mai mari amenințări la recoltă în culturile de grâu din țara noastră. Rezultatele experimentale privind eficiența biologică a unor noi produse triazolo-strobilurine în combaterea ciupercii *Puccinia recondita* la grâul de toamnă sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2. Eficiența biologică a unor noi produse de uz fitosanitar în combaterea ruginii brune a grâului. Soiul Căpriana, SRL „Vatra-Răzășeasca”, raionul Ialoveni, 2024

Denumirea produsului / ingredientului activ	Variantele experienței		Frecvența atacului, %	Intensitatea dezvoltării bolii, %	Eficiența biologică, %
AGFun-2, EW (tebuconazol, 250 g/l)	1.	Martor netratat	25,4	10,8	0,0
	2.	St. Alister 250 EW – 0,75 l/ha	3,1	1,15	89,4
	3.	AGFun-2, EW – 0,75 l/ha	3,3	1,50	86,1
	4.	AGFun-2, EW – 1,0 l/ha	2,5	0,85	92,1
		DL 0,95			2,44
FUN 4 SC (tebuconazol, 500 g/l)	1.	Martor netratat	25,4	10,8	0,0
	2.	Teză, SC – 0,5 l/ha	4,3	0,95	91,2
	3.	FUN 4 SC – 0,25 l/ha	6,2	1,45	86,6
	4.	FUN 4 SC – 0,30 l/ha	4,8	1,05	93,3
		DL 0,95			3,22
FUN 3 SC (azoxistrobin, 500 g/l)	1.	Martor netratat	25,4	10,8	0,0
	2.	St. Astarta One 250 SC - 1,0 l/ha	3,5	1,05	90,3
	3.	FUN 3 SC – 0,4 l/ha	4,8	1,40	87,0
	4.	FUN 3 SC – 0,5 l/ha	3,2	0,90	91,7
		DL 0,95			2,41
Arkheon, SC (piraclostrobin, 250 g/l)	1.	Martor netratat	25,4	10,8	0,0
	2.	St. Revycare – 1,0 l/ha	3,9	0,85	92,1
	3.	Arkheon, SC – 0,7 l/ha	5,0	1,20	88,9
	4.	Arkheon, SC – 0,8 l/ha	4,1	0,75	93,1
		DL 0,95			2,58
Binazol 300 SC tebuconazol, 200 g/l + trifloxistrobin, 100 g/l	1.	Martor netratat	25,4	10,8	0,0
	2.	St. Custodia 320 SC – 1,0 l/ha	3,4	0,85	92,1
	3.	Binazol 300 SC – 0,75 l/ha	5,0	1,35	87,5
	4.	Binazol 300 SC – 1,0 l/ha	3,1	0,90	91,7
		DL 0,95			2,54

F2024-azodif, SC azoxistrobin, 200 g/l + difenoconazol, 125 g/l	1.	Martor netratat	25,4	10,8	0,0
	2.	Brander, SC – 1,0 l/ha	3,3	0,75	93,1
	3.	F2024-azodif, SC – 0,5 l/ha	4,6	1,25	88,4
	4.	F2024-azodif, SC – 0,7 l/ha	3,6	0,80	92,6
		DL 0,95			2,58
AGFun-10, SC protioconazol, 175 g/l + trifloxistrobin, 150 g/l	1.	Martor netratat	25,4	10,8	0,0
	2.	St. NOVA PRO – 0,8 l/ha	2,2	0,85	92,2
	3.	AGFun-10, SC – 0,7 l/ha	3,6	1,65	84,7
	4.	AGFun-10, SC – 0,8 l/ha	2,5	1,15	89,4
	5.	AGFun-10, SC – 1,0 l/ha	2,0	0,75	93,1
		DL 0,95			2,85
Spireel, SC protioconazol, 175 g/l + trifloxistrobin, 88 g/l	1.	Martor netratat	25,4	10,8	0,0
	2.	St. Madison SC 263 – 0,9 l/ha	3,3	0,85	92,1
	3.	Spireel, SC – 0,5 l/ha	5,5	1,25	88,4
	4.	Spireel, SC – 0,6 l/ha	3,9	0,90	91,7
		DL 0,95			3,03

Datele din tabelul 2 denotă faptul că eficiența biologică a produselor pe bază de tebuconazol (AGFun-2, EW și FUN 4 SC) în prima doză testată au fost sub nivelul variantelor standard (Alister 250 EW – 0,75 l/ha și Teză, SC – 0,5 l/ha), iar în doza a doua, eficiența acestora a fost la nivelul standardului. În combaterea ruginii brune, produsul pe bază de azoxistrobin FUN 3 SC, a arătat o eficiență biologică la nivelul standardului (Astarta One 250 SC – 1,0 l/ha) în doza de 0,4 l/ha și peste nivelul variantei standard în doza de 0,5 l/ha. Eficiența biologică a tratamentelor cu preparatul Arkheon, SC (piraclostrobin, 250 g/l) a fost la nivelul variantei etalon (Revcare – 1,0 l/ha) în doza de 0,8 l/ha, dar a fost sub nivelul standardului în doza de 0,7 l/ha.

În ceea ce privește preparatele cu două substanțe active, produsul Binazol 300 SC (tebuconazol, 200 g/l + trifloxistrobin, 100 g/l) a prezentat o eficiență biologică împotriva ciupercii *Puccinia recondita*, similară variantei standard (Custodia 320 SC – 1,0 l/ha) în doza de 1,0 l/ha și sub nivelul standardului în doza de 0,75 l/ha. Eficiența biologică a produsului F2024-azodif, SC (azoxistrobin, 200 g/l + difenoconazol, 125 g/l) a fost sub nivelul standardului în doza de 0,5 l/ha și la nivelul variantei standard (Brander, SC – 1,0 l/ha) în doza de 0,7 l/ha. Dintre produsele pe bază de protioconazol + trifloxistrobin, preparatul AGFun-10, SC a arătat o eficiență biologică sub nivelul variantei standard (NOVA PRO – 0,8 l/ha) în doza de 0,7 l/ha, dar la nivelul standardului în dozele de 0,8 l/ha și 1,0 l/ha. În aceleași condiții climatice, eficiența biologică a preparatului Spireel, SC (protioconazol, 175 g/l + trifloxistrobin, 88 g/l) împotriva ciupercii *Puccinia recondita* a fost mai redusă comparativ cu varianta standard (Madison SC 263 – 0,9 l/ha) în doza de 0,5 l/ha și la nivelul standardului în doza de 0,6 l/ha.

CONCLUZII

În concluzie, preparatele supuse testărilor de stat pentru omologare în Republica Moldova, care conțin substanțe triazolice, strobilurine sau combinații triazolo-strobilurine, au demonstrat o eficiență biologică remarcabilă în combaterea ciupercilor *Erysiphe graminis* și *Puccinia recondita*. Aceste preparate acționează prin mecanisme specifice, cum ar fi inhibarea biosintezei ergosterolului în membranele celulare, blocarea sporogenezei în anamorfă și inhibarea producerii de energie necesară metabolismului fungic. Datorită acestor acțiuni, produsele testate au arătat o eficiență biologică

suficient de înaltă pentru a fi incluse în sistemele integrate de protecție a grâului de toamnă și pentru combaterea principalelor ciuperci parazite care provoacă bolile cheie – rugină brună și făinarea.

În contextul celor menționate și pe baza rezultatelor experimentale obținute în cadrul procedurii de testare pentru omologare, propunem Comisiei Interdepartamentale omologarea următoarelor produse fungicide pentru cultura grâului de toamnă în combaterea făinării și ruginii brune: produse triazolice (AGFun-2, EW și FUN 4 SC), strobilurice (FUN 3, SC și Arkheon, SC) și triazolo-strobilurice (Binazol 300 SC, F2024-azodif, SC, AGFun-10, SC și Spireel, SC). Aceste produse urmează să fie incluse în Registrul de Stat al produselor de uz fitosanitar și al fertilizanților, pentru utilizare în dozele următoare: AGFun-2, EW – 1,0 l/ha, FUN 4 SC – 0,3 l/ha, FUN 3 SC – 0,5 l/ha, Arkheon, SC – 0,8 l/ha, Binazol 300 SC – 1,0 l/ha, F2024-azodif, SC – 0,7 l/ha, AGFun-10, SC – 0,8-1,0 l/ha, Spireel, SC – 0,6 l/ha, cu aplicare a două tratamente pe parcursul unei perioade de vegetație.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. BĂDĂRĂU, S. (2012). *Fitopatologie (generală și agricolă)*. Chișinău, 597 p. ISBN 978-9975-56-046-7.
2. BĂDĂRĂU, S. și Z. GAIBU (2014). *Bolile plantelor cultivate în Republica Moldova. Partea I: Micoze*. Chișinău, 365 p. ISBN 978-9975-64-258-3.
3. *Îndrumări metodice pentru testarea produselor chimice și biologice de protecție a plantelor în Republica Moldova*. Chișinău, 2002. 290 p.
4. LENC, Leszek. (2015). Fusarium head blight (FHB) and Fusarium populations in grain of winter wheat grown in different cultivation systems. *Journal of Plant Protection*, no. 55 (1), pp. 94-109. ISSN 1427-4345. Disponibil: <https://www.plantprotection.pl/pdf-93820-28428?filename=Fusarium%20head%20blight.pdf>
5. MOȘOI, V.; DANILOV, N; GOMOJA, G; FURNIC, AL; GAIBU, Z. et al. (2016). *Registrul de stat al produselor de uz fitosanitar și al fertilizanților, permise pentru utilizare în Republica Moldova*. Chișinău, 424 p. ISBN 978-9975-56-306-2.
6. WYCZLING, D.; L. LENC and C. SADOWSKI. (2010). Comparison of disease occurrence and Green leaf area (GLA) of winter wheat depending on the forecrop and differentiated fungicidal protection used. *Journal of Plant Protection*, nr. 50 (4), pp. 489-495. ISSN 1427-4345. Disponibil: <https://www.plantprotection.pl/pdf-92188-26287?filename=Comparison%20of%20disease.pdf>
7. ДОСПЕХОВ, Б. А. (1985). *Методика полевого опыта*. 5 изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 351 с.
8. ПЕРЕСЫПКИН, В. Ф. (1989). *Сельскохозяйственная фитопатология*. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 480 с.

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflict of interests.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

Paper history

Received 27.09.2024; Accepted 23.11.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

DOI: 10.55505/SA.2024.2.09
UDC: 66.047.3



CREȘTEREA EFICIENȚEI PROCESULUI DE USCARE A SEMINȚELOR OLEAGINOASE PRIN APLICAREA TRATAMENTULUI TERMIC ÎN STRAT DE SUSPENSIE

Victor POPESCU*, ORCID: 0000-0002-4634-2255,
Natalia ȚISLINSKAIA, ORCID: 0000-0003-3126-5792,
Mihail MELENCIUC, ORCID: 0000-0001-6575-8814,
Vitali VIȘANU, ORCID: 0000-0002-2273-342X,
Sergiu POPA, ORCID: 0000-0002-1146-9504,
Tatiana BALAN, ORCID: 0000-0002-8897-105X,
Dinu VOINESCO, ORCID: 0000-0001-5004-0068,
Petru VOLEAC, ORCID: 0009-0006-4206-3730

Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

*Correspondență: Victor POPESCU - e-mail: victor.popescu@ie.utm.md

Abstract. The study is dedicated to increasing the efficiency of the drying process of oilseeds from processing industry residues. The research focused on the example of seeds, which are currently not fully exploited in the Republic of Moldova, but have great potential to be used as raw material for the food, cosmetic and pharmaceutical industries, while their drying process by traditional methods has low efficiency and hinders their exploitation. In order to carry out investigations to solve the existing problems, an experimental plant has been developed, and the method of thermal treatment in the suspension layer was applied in the drying process. The results obtained have shown that the developed plant allows increasing the productivity, energy efficiency and quality of dried seeds.

Keywords: Oilseeds; Drying; Experimental plant; Energy efficiency.

Rezumat. Studiul este consacrat sporirii eficienței procesului de uscare a semințelor oleaginoase provenite din reziduurile industriei de procesare. Cercetările au fost axate pe exemplul semințelor, care la moment în Republica Moldova nu sunt valorificate pe deplin, dar au un mare potențial pentru a fi utilizate în calitate de materie primă pentru industria alimentară, cea cosmetică și cea farmaceutică, iar procesul de uscare a lor prin metodele tradiționale are o eficiență redusă și împiedică valorificarea lor. Pentru realizarea investigațiilor în vederea soluționării problemelor existente, a fost elaborată o instalație experimentală, care aplică în procesul de uscare metoda de tratare termică în strat de suspensie. Rezultatele obținute au demonstrat că instalația elaborată permite creșterea productivității, a eficienței energetice și a calității semințelor uscate.

Cuvinte-cheie: Semințe oleaginoase; Uscare; Instalație experimentală; Eficiență energetică.

INTRODUCERE

Perfecționarea tehnologiilor și a instalațiilor de procesare a reprezentat întotdeauna o preocupare majoră pentru cercetători, atât la nivel național, cât și internațional. Principalele probleme care necesită soluții urgente includ creșterea eficienței

energetice, îmbunătățirea productivității și asigurarea unei calități superioare (Pagotto & Halog, 2016; Zhu et al. 2007; Popescu et al., 2019; Tîrșu et al., 2022).

Totodată, o problemă acută din domeniul procesării produselor agricole, după cum remarcă cercetătorii din acest domeniu, este și lipsa unor procedee tehnologice eficiente de uscare a semințelor oleaginoase (Nedeff et al., 2008; Jajcevic et al., 2013; Popescu et al., 2022; Balan et al., 2022).

Din această cauză, semințele de cătină albă și cele de struguri, provenite din deșeurile industriei de procesare autohtone, nu sunt valorificate în modul corespunzător, din cauza lipsei unei tehnologii eficiente de uscare, care împiedică utilizarea ulterioară a acestor semințe (Nowicka et al., 2015; Horabik & Molenda, 2016). Astfel, în Republica Moldova aceste semințe nu sunt exploatate în prezent ca materii prime cu mare potențial pentru industria alimentară, cosmetică și farmaceutică.

Trebuie evidențiat faptul că semințele de cătină albă și cele de struguri au un potențial valoros, fiind bogate în uleiuri vegetale cu proprietăți alimentare și terapeutice deosebite, de mare interes pentru aceste industrii, dar din cauza lipsei unor metode eficiente de uscare, aceste semințe nu pot fi utilizate la justa lor valoare în domeniile menționate (Chou & Chua, 2021; Sharma et al., 2019; Jin et al., 2015).

În acest context, pentru a explora posibilitățile și a identifica soluții de sporire a eficienței procesului de uscare a semințelor oleaginoase, a fost concepută o instalație experimentală care utilizează metoda de tratare termică în strat de suspensie.

Cercetările realizate au demonstrat că uscarea semințelor cu ajutorul instalației dezvoltate și aplicarea metodei propuse contribuie la creșterea productivității, eficienței energetice și calității semințelor uscate.

MATERIALE ȘI METODE

Cercetările s-au concentrat asupra procesului de uscare a semințelor oleaginoase provenite din reziduurile industriei de procesare. În mod special, semințele de cătină albă și cele de struguri au fost selectate ca obiect principal al studiului, acestea fiind insuficient valorificate în prezent în Republica Moldova. Cu toate acestea, ele prezintă un interes deosebit pentru industriile alimentară, cosmetică și farmaceutică. Uscarea acestor semințe prin metode tradiționale se confruntă cu o eficiență redusă, ceea ce subliniază necesitatea identificării unor soluții tehnologice mai avansate.

Instalația experimentală, elaborată pentru realizarea cercetărilor, cu privire la uscarea semințelor examinate, este prezentată în figura 1.

Această instalație este ajustată pentru a aplica în procesul de uscare metoda de tratare termică în strat de suspensie și în baza acestei instalații a fost estimată eficiența procesului de uscare prin metoda propusă, iar rezultatele au fost comparate cu cele obținute prin metoda de uscare clasică.

Componentele instalației constau din carcasă, controler, tub, panou și ventilator. Structura de consolidare a elementelor instalației este carcasa, care este confecționată din materiale rezistente la acțiunea factorilor de influență și asigură suportul mecanic și protecția celorlalte componente. Pentru ajustarea precisă a regimurilor de uscare se utilizează controlerul, unitatea de comandă și control, care monitorizează și reglează parametrii de funcționare ai instalației cum ar fi temperatura, fluxul de aer și durata procesului. Elementul prin care semințele sunt suspendate și tratate termic în timpul procesului de uscare este tubul, iar ventilatorul asigură circulația aerului cald prin stratul de semințe. Panoul electric asigură dirijarea și protecția instalației de curenți de șoc și devieri de tensiune.

Instalația experimentală reprezintă o soluție inovatoare, care utilizează metoda de tratare termică în strat de suspensie, pentru uscarea semințelor oleaginoase, contribuind la creșterea eficienței procesului, a calității produsului final și reducerea consumului energetic.



Figura 1. Instalația experimentală elaborată:

1 – carcasă; 2 – controler; 3 – tub; 4 – panou; 5 – ventilator.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Analizând procesul de uscare a semințelor examinate, pentru diferite valori ale vitezei și temperaturii aerului, s-a determinat pentru fiecare metodă de uscare: consumul de energie electrică, viteza deshidratării, durata procesului și calitatea produselor finite.

În continuare se prezintă valorile stabilite ale duratei procesului deshidratării produsului prin metoda tradițională, pentru 5 regimuri de temperatură selectate pentru exemplificare – 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, din seria celor examinate.

Astfel, aplicarea agentului termic cu temperatura de 60°C, a făcut posibilă deshidratarea produsului respectiv de la conținutul de umiditate inițială de 40% până la cea finală de 10% în timp de 485 minute. Respectiv pentru valorile regimurilor de temperatură de 70°C, 80°C, 90°C și 100°C, durata procesului de deshidratare a fost 459, 423, 385 și 349 minute respectiv.

Din rezultatele obținute se observă că durata procesului de uscare prin metoda tradițională a semințelor examinate, scade odată cu creșterea temperaturii agentului termic de la 60 °C la 100 °C, de circa 1,38 ori.

S-a constatat, de asemenea, o reducere constantă a umidității pe parcursul timpului, iar durata procesului de deshidratare, de la valoarea maximă inițială până la cea finală, diferă semnificativ în funcție de regimul de temperatură aplicat.

S-a demonstrat că viteza de uscare crește proporțional cu temperatura agentului de uscare. Astfel, la temperatura de 60°C, viteza de uscare este de 0,35 %/minut, iar la temperaturile de 70, 80, 90 și 100 °C aceasta atinge valori de 0,41; 0,49; 0,57 și respectiv 0,66 %/minut.

După cum s-a constatat, creșterea temperaturii agentului de tratare termică, menită să accelereze viteza de deshidratare, favorizează apariția defectelor, cum ar fi neuniformitatea uscării și carbonizarea stratului superficial al semințelor. Prin urmare,

semințele deshidratate neuniform și cu astfel de defecte nu pot garanta o calitate corespunzătoare atunci când sunt utilizate ca materie primă în industria alimentară, cosmetică sau farmaceutică.

Aplicând metoda propusă de uscare în strat de suspensie pentru probe similare de semințe, în aceleași condiții și pentru cele 5 regimuri convenționale de bază examinate (60°C, 70°C, 80°C, 90°C și 100°C), durata procesului s-a dovedit a fi invers proporțională cu intensitatea regimului termic: 391 de minute, 362 de minute, 337 de minute, 312 de minute și, respectiv, 287 de minute.

Astfel, s-a demonstrat că durata procesului de uscare în strat de suspensie a semințelor scade semnificativ în comparație cu metoda tradițională pentru toate regimurile de temperatură examinate. De asemenea, s-a confirmat că viteza de deshidratare în strat de suspensie crește considerabil odată cu intensificarea regimului termic.

Așadar, la temperatura de 60°C, viteza deshidratării este de 0,38 %/minut, iar la temperaturile de 70, 80, 90 și 100°C aceasta atinge, corespunzător, valorile de 0,47; 0,56; 0,65 și 0,73 %/minut.

Trebuie subliniat faptul că viteza deshidratării în cazul metodei propuse de uscare crește semnificativ comparativ cu metoda clasică. Totodată, cercetările au confirmat că metoda propusă a demonstrat o îmbunătățire semnificativă a calității semințelor procesate.

Cu toate că au fost aplicate aceleași regimuri de uscare ca și în cazul metodei tradiționale pentru probe și condiții similare, utilizarea metodei propuse a exclus definitiv apariția defectelor de uscare neuniformă și a efectului de carbonizare a stratului superficial al semințelor uscate.

Aceasta a fost posibilă datorită reducerii duratei de procesare comparativ cu metoda tradițională și a faptului că se combate efectul de carbonizare a stratului superficial al produselor. În figura 2 se prezintă, ca exemplu, probe de semințe uscate prin metoda tradițională de tratare termică ambalate în plicuri de ambalate în plicuri de polietilenă sub vid.

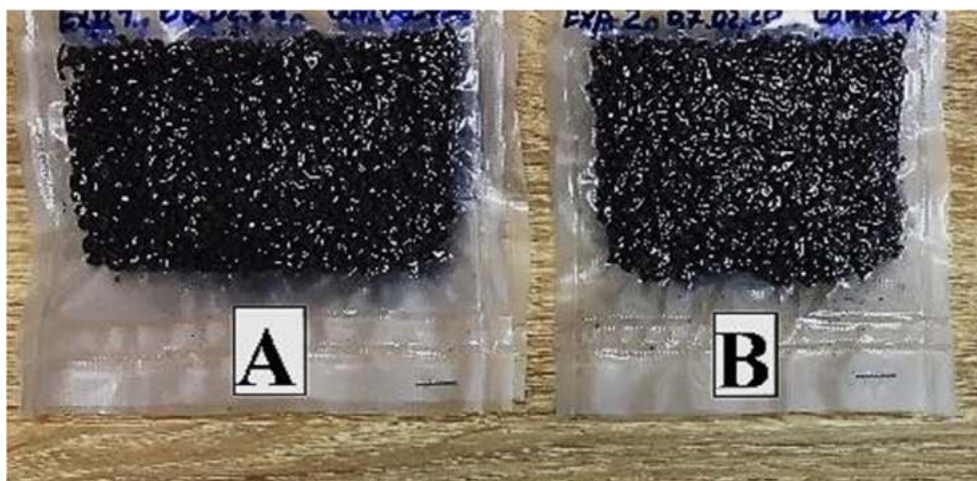


Figura 2. *Semințe uscate prin metoda tradițională:
A - semințe de struguri; B - semințe de cătină albă.*

Analizele de calitate au demonstrat că semințele uscate prin metoda tradițională, având un timp mai mare de tratare termică, se caracterizează cu o culoare mai închisă din cauza defectelor de carbonizare, care apar inevitabil în timpul procesării.

Similar, în figura 3 se prezintă exemplul de probe de aceleași semințe uscate prin metoda propusă de tratare termică.

Analiza semințelor uscate a relevat că, pe suprafața semințelor deshidratate în strat de suspensie, nu s-au format defecte de carbonizare a stratului superficial, iar acestea au o culoare cafeniu deschis. Acest rezultat se explică prin faptul că metoda propusă implică durate de procesare mai scurte comparativ cu metoda clasică, ceea ce previne apariția petelor de carbonizare sau a altor imperfecțiuni pe suprafața semințelor.



Figura 3. *Semințe uscate prin metoda propusă:*
A - semințe de struguri; B - semințe de cătină albă.

Astfel, metoda propusă de deshidratare în strat de suspensie a semințelor elimină apariția defectelor și asigură o creștere semnificativă a calității acestora.

Cel mai important aspect de subliniat este că, în rezultatul comparației consumului de energie electrică pentru uscarea semințelor cu aplicarea ambelor metode examinate, s-a stabilit experimental că, în aceleași condiții și pentru probe similare, utilizarea metodei propuse reduce consumul de energie electrică cu aproximativ 18% față de aplicarea metodei clasice de procesare.

Consumul redus de energie electrică în cazul metodei propuse a fost confirmat în toate seriile de experimente realizate și pentru toate probele de semințe. Acest rezultat se explică prin sporirea eficienței procesului de uscare și creșterea randamentului obținut.

CONCLUZII

Rezultatele obținute în urma cercetărilor efectuate au evidențiat multiple avantaje ale metodei propuse de uscare în strat de suspensie, confirmând eficiența și superioritatea acesteia față de metoda clasică.

Aplicarea instalației elaborate a demonstrat o creștere semnificativă a vitezei de deshidratare comparativ cu metoda clasică, reducând în mod considerabil durata tratamentului termic, contribuind direct la sporirea productivității procesului.

Mai mult ca atât, cercetările au demonstrat că metoda propusă de uscare permite creșterea calității produselor procesate pentru utilizarea lor ulterioară și asigură un consum mai redus de energie electrică cu circa 18%.

S-a confirmat că pe suprafața semințelor deshidratate în strat de suspensie nu s-au format defecte de carbonizare a stratului superficial. Aceasta se datorează faptului, că, prin această metodă, semințele nu sunt supuse la durate mari de procesare ca prin metoda clasică, iar acest fapt împiedică apariția petelor de carbonizare sau a altor defecte pe suprafața lor.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. BALAN, M.; N. ȚISLINSKAIA; V. VIȘANU; M. MELENCIUC and V. POPESCU (2022). Device for uniform air distribution in a tunnel dryer. In: *Modern Technologies in the Food Industry: Proceedings of the International Conference*, Ed. 5, Chisinau, 20-22 October 2022. Chișinău, pp. 17-18. Disponibil: https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/172378
2. CHOU, S. and K. CHUA (2021). New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 12(10), pp. 359-369. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224401001029?via%3Dihub>
3. HORABIK, J. and M. MOLENDIA (2016). Parameters and contact models for DEM simulations of agricultural granular materials: A review. *Biosystems Engineering*, vol. 147(2), pp. 206-225. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511016300265?via%3Dihub>
4. JAJCEVIC, D.; E. SIEGMANN; C. RADEKE and J. KHINAST (2013). Large-scale CFD-DEM simulations of fluidized granular systems. *Chemical Engineering Science*, vol. 98, pp. 298-310. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000925091300345X?via%3Dihub>
5. JIN, G.; M. ZHANG; Z. FANG; Z. CUI and C. SONG (2015). Numerical Investigation on Effect of Food Particle Mass on Spout Elevation of a Gas-Particle Spout Fluidized Bed in a Microwave-Vacuum Dryer. *Drying Technology*, 2015, vol. 33, nr. 5, pp. 591-604. DOI 10.1080/07373937.2014.965317.
6. NEDEFF, V.; E. MOȘNEGUTU; M. PANAINTE; C. SAVIN și B. MACARESCU (2008). Cercetări cu privire la sortarea aerodinamică a particulelor solide după starea suprafețelor. *Revista de Chimie*, vol. 59(3), pp. 360-365. Disponibil: <http://bch.ro/pdfRC/NEDEF%20V.pdf>
7. NOWICKA, P.; A. WOJDYŁO; K. LECH and A. FIGIEL (2015). Chemical Composition, Antioxidant Capacity, and Sensory Quality of Dried Sour Cherry Fruits pre-Dehydrated in Fruit Concentrates. *Food and Bioprocess Technology*, vol. 10, nr. 8, pp. 2076-2095. ISSN 1935-5149.
8. PAGOTTO, M. and A. HALOG (2016). Towards a Circular Economy in Australian Agri-food Industry: an application of input-output oriented approaches for analyzing resource efficiency and competitiveness potential. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 20, nr. 5, pp. 1176-1186. Disponibil: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12373>
9. POPESCU, V.; M. TIRSU; N. TSISLINSKAIA; V. VISHANU; M. BALAN and M. MELENCIUC (2022). Increasing the efficiency of the drying process of fruits treated using SHF method. In: *Problems of the Regional Energetics*, no 3(55), pp. 130-139. Disponibil: https://journal.ie.asm.md/assets/files/10_03_55_2022.pdf
10. SHARMA, Y.; S. MANGLA; P. PATIL and S. LIU (2019). When challenges impede the process: For circular economy-driven sustainability practices in food supply chain. *Management Decision*, vol. 57, nr. 4, pp. 995-1017. ISSN 0025-1747.
11. TÎRȘU, Mihai; Victor POPESCU; Mihail BALAN; Igor KURDOV; Tatiana BALAN și Viorel ROTARI (2022). Fluidized Bed Seed Dewatering System. In: *Problems of the Regional Energetics*, no 2 (54), pp. 114-122. Disponibil: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.2-54.10>
12. ZHU, H. P.; Z. Y. ZHOU; R. Y. YANG and A. B. YU (2007). Discrete particle simulation of particulate systems: Theoretical developments. *Chemical Engineering Science*, vol. 62 (13), pp. 3378-3396. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000925090700262X?via%3Dihub>
13. ПОПЕСКУ, В.; Л. МАЛАЙ; В. РОТАРЬ и О. ВОЛКОНОВИЧ (2019). Надёжная система для переработки сельскохозяйственной продукции. В: *Констрування, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник*, вип. 49, с. 200-204. Disponibil: <https://zbirniksgm.kntu.kr.ua/pdf/49/26.pdf>

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflict of interests.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

Paper history

Received 24.06.2024; Accepted 22.09.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

DOI: 10.55505/SA.2024.2.10
UDC: 636.5; 637.56



POULTRY COMB-BASED FOOD PRODUCTS: APPROACHES TO SHELF-LIFE PREDICTION AND QUALITY ASSESSMENT

Nataliia PATSERA, ORCID: 0000-0001-8737-9997,
Lubov VOYTSEKHIVSKA, ORCID: 0000-0001-7595-1845,
Sergii VERBYTSKYI*, ORCID: 0000-0002-4211-3789

Institute of Food Resources of the National Academy of Agrarian Sciences, Kyiv, Ukraine

**Corresponding author: Sergii VERBYTSKYI – verb@ipr.net.ua*

Abstract. Poultry combs are considered as a valuable raw material for the production of various food products. A flowchart outlining the industrial manufacturing process for these products is developed and substantiated. The study details the physical and chemical properties of poultry combs, and the results are presented. To evaluate the alimentary value of the product developed, a comprehensive analysis of the chemical traits was fulfilled. The findings conclude that ready-to-eat products made from poultry combs are nutritious, technologically feasible, and accessible to a wide range of consumers. The chemical composition of thermally treated poultry combs, particularly the high protein content, contributes to the limited shelf life. This implies the need for scientifically-based predictions of safe storage periods, which can be achieved through practical research (which is time and labor-intensive but reliable) or sophisticated mathematical modeling (which is easier to implement but may be less reliable). This scientific paper substantiates the application of factorial testing methods to predict the shelf life of perishable meat products.

Keywords: *Poultry, Processing, Meat products, Broiler chickens, Poultry combs, Shelf life, Mathematical modeling.*

INTRODUCTION

Food security, as an integral component of national security, must be ensured through comprehensive measures, including resource-saving strategies applied throughout the entire agri-food chain, from field to fork. Also, the agri-food sector requires substantial energy input and generates significant amounts of waste at various stages of production. Sources of waste include food manufacturing processes, surplus products within supply chains, discarded waste, solid municipal waste, and packaging. At present, many recommended systems fall short of effectively integrating agri-food resources into sustainable practices. However, the efficient utilization of these resources is imperative, as one of the primary goals of sustainable development is to ensure food safety. (Grumeza-Clefos, I. 2019; Hessel, C.T. et al., 2019).

In Ukraine, there is a growing trend toward increasing the share of poultry-derived raw materials within the overall material balance of the meat industry. This shift is primarily driven by the higher profitability of rearing and processing poultry compared to traditional slaughter animals. Additionally, the long-term transition to poultry meat remains relevant for various consumer demographics. In high-income regions, customers favor poultry products due to their health benefits and convenience, while in less affluent areas, consumers are drawn to the affordability of poultry products.

The poultry industry, however, generates substantial amounts of waste, including heads, legs, bones, entrails, feathers etc. These by-products are often recycled into livestock feed, fertilizer, or pet food, or discarded entirely. This disposal poses environmental hazards, potential risks to human health, and leads to the loss of valuable biological resources such as proteins, enzymes, and lipids (Lasekan, A. et al., 2013).

The effective utilization of these secondary raw materials presents an opportunity for economic and environmental benefits, underscoring the need for theoretical and practical research to support sustainable practices in the poultry industry. One of the possible directions for using secondary poultry raw materials is the production of therapeutic, prophylactic, and specialized foods that serve as rich sources of nutrients, particularly proteins (Zmiiievska, T. et al., 2014).

An actual trend in the industry is the development of ready-to-eat meat products directly at poultry processing facilities. This approach adds significant value, with the surplus value of 1 kg of heat-treated products from poultry meat and by-products estimated to be at least 1 EUR. These products remain cost-effective for consumers while adhering to stringent food safety and quality standards. Additionally, a growing segment of health-conscious consumers seek products made from secondary poultry raw materials as elements of healthy, dietary lifestyle. (Verbytskyi, S., 2011; Patsera, N.M. et al., 2023).

MATERIAL AND METHODS

The study focused on the physical properties and chemical composition of poultry secondary raw materials, including the quantitative content of the main microelements and amino acids. Analyses were conducted using equipment and devices available at the Department of Meat Products Technology and the Department of Analytical Research and Food Quality at the Institute of Food Resources, National Academy of Sciences of Ukraine. Standard research methods, along with industry-accepted protocols and guidelines, were employed to ensure accuracy and reliability. The research object comprised poultry secondary raw materials, specifically combs of hens and roosters, sourced from domestic poultry processing enterprises: Private Enterprise “Ular” (Lviv region) and “Magrok” Ltd. (Dnipro city).

RESULTS AND DISCUSSIONS

According to the research objectives, physico-chemical parameters of hen and rooster combs were analyzed. Sample selection and preparation were carried out in accordance with the applicable regulatory standards and guidelines. The values of the measured parameters are summarized in Table 1.

Table 1. Physico-chemical parameters of combs from hens and roosters

Samples	Content, % (by mass)				Bound water to meat, %	Bound water to total water, %	pH
	Protein	Water	Fat	Ash			
Sample № 1 Private Enterprise “Ular” (Lviv region)	12.11±0.09	85.82±0.19	1.24±0.22	0.84±0.24	54.41±0.20	75.22±0.19	6.53±0.25
Sample № 2 “Magrok” Ltd. (Dnipro city)	16.21±0.12	81.95±0.15	1.06±0.11	0.78±0.25	51.03±0.22	71.15±0.21	6.64±0.23

As shown in Table 1, the pH value is close to neutral. The high water content was also characteristic, of which approximately 75% is in a bound state. The fat content was notably low, not exceeding 1.24%. The amino acid composition of the combs of chickens and roosters was also studied (Patsera, N.M., Verbytskyi, S.B., 2023), revealing a significantly higher content of hydroxyproline and proline - 5.0 and 1.1 times greater, respectively, compared to first-category chicken meat. The above data indicates the abundance of connective tissue proteins in combs, making them a distinctive source of such proteins.

Further analysis focused on the mineral and vitamin composition of the combs in comparison to first-category chicken meat (Voitsekhivska, L. et al., 2022). The results demonstrated a markedly higher concentration of key microelements in combs, including iron (15 times more), zinc (2 times more), and chromium (112 times more). Importantly, no limiting amino acids were detected in the chicken combs, further highlighting their nutritional potential.

Poultry combs have long been integrated into traditional cuisines around the world, maintaining stable demand among consumers. For example, Japanese cuisine features grilled chicken combs prepared using the yakitori technique. The combs are characterized by high moisture content – ranging from 85.7% to 87.4%, of which approximately 70% is in a bound state; the amount of fat does not exceed 1.5%; pH value is close to neutral (6.4). Heads are currently processed without separating combs while these destemming and can complement the nomenclature of by-products of the poultry processing industry. To further enhance the utility of this by-product, we have proposed a novel processing technology for hen and rooster combs (Fig. 1). This technology ensures important safety and quality parameters making combs a viable addition to the range of products derived from poultry processing by-products (Patsera, N.M., Verbytskyi, S.B., 2023).

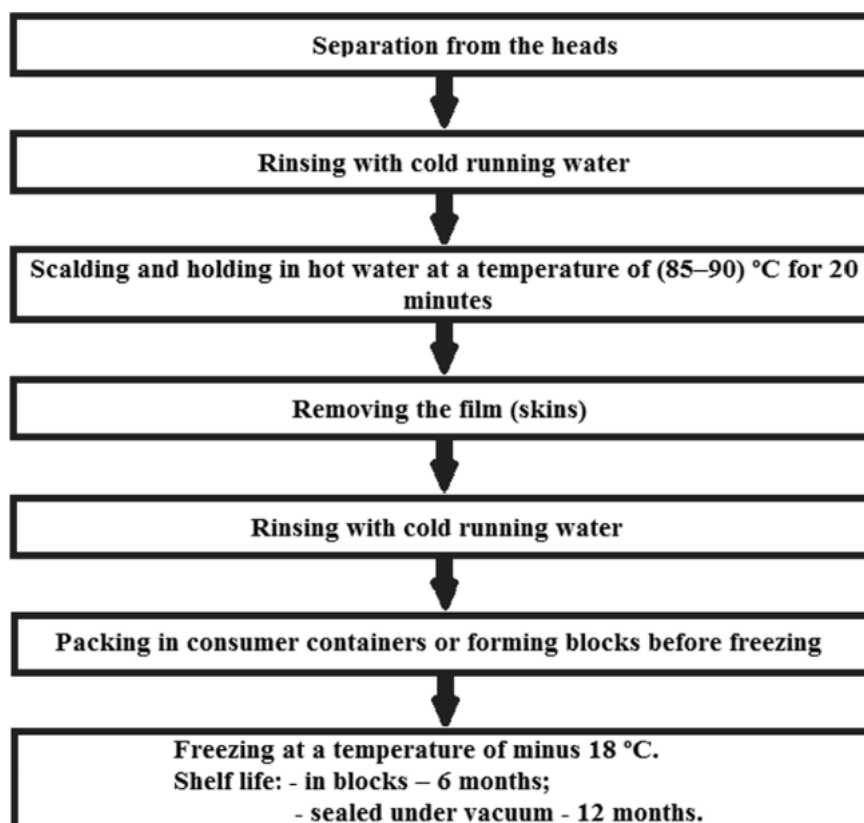


Figure 1. Processing chart of poultry combs

(Source: Patsera, N.M., Verbytskyi, S.B., 2023)

Based on literature review and the experimental studies discussed above, it was considered appropriate to develop a heat-treated meat product using whole poultry combs. Since this product falls under the category of fully cooked, ready-to-eat foods, it is important to address storage stability in order to ensure proper food safety and optimize logistics.

Predicting the safe storage duration of ready-to-eat meat products is best achieved through mathematical modeling. This approach helps to determine the timeframe during which the product remains safe and suitable for consumption when stored under conditions prescribed by current standards and regulations (Taormina, P.J., 2021). Mathematical storage predictive models are recognized as integral components of broader food quality management systems (Motuzka Yu.M. et al., 2018). According to Koval, O.A., and Guts, V.S. (2008), the food spoilage model should include mutually dependent indicators $y(t)$, which alternate dynamically and affect the product's shelf life, and also independent factors, such as environmental and storage conditions, determining directly the product's durability and suitability for consumption :

$$-m_i \frac{d^2}{dt^2} y(t) + a_i \frac{d}{dt} y(t) + T_i \frac{d}{dt} y(t) + k_i y(t) = 0 \quad (1)$$

where

- m_i is the reduced mass of the i -th indicator or group of homogeneous indicators; a_i is an exponential coefficient reflecting the accumulation of harmful substances, microbial growth, changes in rheological traits, and other homogeneous indicators; T_i is a factor coefficient considering shelf life variations based on the dynamics of the impurities; k_i is the reduced kinetic constant that refines the model to enhance its predictive accuracy.

Considering that food products are highly prone to spoilage due to a limited number of factors acting with significant speed, the spoilage rate of a food product can be expressed using the following formula:

$$-m_i \frac{d^2}{dt^2} y(t) + a_i \frac{d}{dt} y(t) = 0 \quad (2)$$

Being differentiated the formula can be written as:

$$\frac{d}{dt} y(t) = V_{oy} e^{\frac{a_i t}{m_i}} \quad (3)$$

Although the method described above is effective in addressing local problems related to determining the quality and storage capacity of food products (e.g., Guts, V.S. et al., 2020), determining the coefficients in formula (3) is often practical. A more feasible approach is outlined in the work of Bocharova-Leskina, A., and Verbytskyi, S. (2019), where the relative proportion of a food product's shelf life and its influencing factors is assessed through a full factorial two-level experimental design, which includes $N = 2^n$ experiments. The ongoing experiments involve the available sets of levels of n factors, which determine the response of the function with Y value and $y_1, y_2, y_3, \dots$ values. The value Y provides the duration (in days) during which the influencing factors remain below threshold levels, ensuring the product's acceptability for consumption. The studies conducted have demonstrated that the acceptability of cooked meats is influenced by four primary factors. Therefore, we consider that the regression analysis, assuming the distribution of the modeled value follows a normal distribution (e.g., with a probability of 95%), is applicable. In this context, the probable safe storage period of these foods can be determined using the regression equation, namely an incomplete polynomial of the fourth degree:

$$\begin{aligned}
 y = & b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{14}X_1X_4 + \\
 & + b_{23}X_2X_3 + b_{24}X_2X_4 + b_{34}X_3X_4 + b_{123}X_1X_2X_3 + b_{124}X_1X_2X_4 + \\
 & + b_{134}X_1X_3X_4 + b_{234}X_2X_3X_4 + b_{1234}X_1X_2X_3X_4
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

This approach allows to determine the safe storage periods when the factors take real values. To achieve this, the coded factors are converted according to equation (4). By assigning appropriate numerical values to the variables x_1, x_2, x_3, x_4 in the regression equation, based on experimental data matrix, we can obtain an interpolation formula, which can be used to predict the safe shelf life of a food product, taking into account the initial conditions applied.

The approach substantiated above is applicable for predicting the safe storage periods of perishable meat products. For this purpose, the factors $X_1 \dots X_4$ are identified as the most significant ones for ensuring the safety and quality of cooked poultry combs. The factors necessary to determine the probable shelf life are given hereafter:

X_1 characterizes the complex concept of microbial contamination;
 X_2 characterizes sensory issues, including taste, smell, and texture ;
 X_3 characterizes physical properties and chemical composition of the product;
 X_4 characterizes the oxidative spoilage, which leads to the degradation of fats and other compounds.

Research is essential to identify the appropriate indicators for cooked poultry combs and to develop corresponding interpolation formulas for predicting the safe shelf life of these products. Objectively predictable safe storage periods of ready-to-consume meats with short shelf lives are important for planning manufacturing and logistics procedures (Amorim, P. et al., 2011). However, ensuring the overall food safety of the manufactured products still remains the top priority.

CONCLUSIONS

Poultry processing routines inevitably generate large amounts of waste, a number of those still being valuable secondary raw materials that can be utilized for various beneficial products, including food items. The results of the literature review and conducted research demonstrate the potential of using poultry combs, a by-product of slaughter, as a raw material for creating delicacies and specialty foods with unique taste profiles and high nutritional and biological value.

It can be concluded that the ready-to-eat products made from poultry combs represent a valuable source of nutritious meat, which is technologically feasible to produce and accessible to a wide range of consumers. As these products are perishable, there is a clear need for scientifically-based predictions of safe storage periods. This can be achieved through practical experiments as well as applying full factorial experiments or other acceptable mathematical modeling techniques.

REFERENCES

1. AMORIM, P.; MEYER, H.; ALMEDER, C. and B. ALMADA-LOBO (2011). Managing perishability in production-distribution planning: a discussion and review. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, nr. 25(3), pp. 389-413.
2. BOCHAROVA-LESKINA, A. and S. VERBYTSKYI (2019). Theoretic approaches to substantiate shelf life capacity of butter and spreads. *Journal of Engineering Science*, nr. 3 (26), pp. 78 - 88. Available online: https://jes.utm.md/wp-content/uploads/sites/20/2019/10/JES_2019-3_78-88.pdf

3. GRUMEZA-CLEFOS, I. (2019). Utilizarea rațională a deșeurilor din industria agro-alimentară. In: *Perspectivile și Problemele Integrării în Spațiul European al Cercetării și Educației*, Ed. 6: Conferință științifică internațională, Cahul, 6 iunie 2019. Cahul, vol. 6, pp. 379-385. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/379-385.pdf
4. GOOTS, V.; KOVAL, O.; BONDAR, S. and S. VERBYTSKYI (2020). Simulation of high pressure meat processing. In: *Proceedings of University of Ruse*, vol. 10.2 (59), pp. 60-67.
5. HESSEL, C. T.; S. de OLIVEIRA ELIAS; J. P. PESSOA; L. M. ZANIN, E. STEDEFELDT et al. (2019). Food safety behavior and handling practices during purchase, preparation, storage and consumption of chicken meat and eggs. *Food Research International*, vol. 125. Available online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996919305174>
6. KOVAL, O. A. and V. S. GOOTS (2008). Kinetic theory of property modeling and forecasting of the shelf life of food products. *Goods and Markets*, nr. 2, pp. 67-74.
7. LASEKAN, A.; F. ABU BAKAR and D. HASHIM (2013). Potential of chicken by-products as sources of useful biological resources. *Waste Management*, vol. 33(3), pp. 552-565. Available online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X12003674>
8. MOTUZKA, Yu. M.; L. O. YASHCHENKO and O. M. MOTUZKA (2018). Mathematical modeling of complex indicators of the quality of products for enteral nutrition at the stages of their life cycle. *Technical Sciences and Technologies*, vol. 4 (14), pp. 223-229.
9. PATSERA, N. M.; O. I. KUTS and S. B. VERBYTSKYI (2023). Technological and economic feasibility of profound processing of slaughter poultry. In: *Science. Education. Culture: Materials of the international scientific conference dedicated to the 32nd anniversary of Comrat State University*, Comrat, 21 octombrie 2022. Comrat, vol. 1, pp. 361-365. Available online: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/361-365_13.pdf
10. PATSERA, N. M. and S. B. VERBYTSKYI (2023). Study of the amino acid composition of poultry combs as a non-traditional food raw material. In: *The Path to Science – 2023: Collected papers of the International Scientific-Practical Conference of Students*, April 12, 2023. Oral: Zhangir Khan West-Kazakhstan Agrarian-Technical University, vol. 1, pp. 190-194.
11. TAORMINA, P. J. (2021). Purposes and Principles of Shelf Life Determination. In: P. J. Taormina, M. D. Hardin (eds), *Food Safety and Quality-Based Shelf Life of Perishable Foods*. Food Microbiology and Food Safety. Springer, Cham. DOI 10.1007/978-3-030-54375-4_1
12. VERBYTSKYI, S. (2011). Profound processing – greater profits. *Our Poultry Farming*, vol. 1(13), pp. 64-47.
13. VOITSEKHIVSKA, L.; S. VERBYTSKYI; N. PATSERA and Yu. OKHRIMENKO (2022). Study of poultry combs as a non-traditional product of the poultry processing industry. *Food Resources*, vol. 10 (19), pp. 58-65. DOI 10.31073/foodresources2022-19-06.
14. ZMIEVSKA, T.; N. USATENKO and S. VERBYTSKYI (2014). Using of low-value raw poultry materials. *Ukrainian Food Journal*, vol. 3(4), pp. 497-504. Disponibil: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20153093379>

Conflict of Interests

The authors declare that they have no conflict of interest.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

Paper history

Received 21.09.2024; Accepted 05.12.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

DOI: 10.55505/SA.2024.2.11
UDC: 636.4.082.26



CAPACITĂȚILE PRODUCTIVE ALE HIBRIZILOR FORMAȚI PRIN UTILIZAREA DIFERITOR TIPURI GENETICE DE SUINE

Ivan CERNEV, ORCID: 0000-0002-1294-3204,
Ilie ROTARU*, ORCID: 0000-0002-2452-0479

Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

*Correspondență: Ilie ROTARU – e-mail: ilie.rotaru@mpasa.utm.md

Abstract. The paper presents the experimental results regarding the influence of the genetic types of boars on the productive qualities and the specific feed consumption of hybrids, as well as its modification in the growth and fattening process with the increase in the age of the pigs. The object of the study was different genetic boar types: pure-bred Pietrain and Duroc, as well as Duroc x Pietrain hybrids, imported from France and (Great White x Landrace x Pietrain) x Pietrain, imported from Romania, on the basis of which hybridization schemes were developed where the maternal form was Landrace x Great White in all variants. In all age periods, a higher specific feed consumption (3.1 kg feed/kg weight gain) was reported in the young pigs from the lot where the Duroc bred, known for its relatively higher fat accumulation in the adipose layer, was used for hybrid production. In the other hybrid types specific feed consumption ranged between 2.79 and 2.92 kg. The genetic type of the boars was found to play a determining role on carcass and meat quality. According to production testing, backfat thickness in hybrids varied between 20.2 and 22.5 mm at a weight of 110-120 kg. The differences between tetraracial and triracial hybrids were 1.3 mm. Experimental data confirm the viability of using hybrid boars according to consumer requirements and the specifications of the final product delivered for processing.

Keywords: *Pigs; Hybrids; Specific feed consumption; Carcass composition.*

Rezumat. Lucrarea prezintă rezultatele experimentale privind influența tipurilor genetice de vieri asupra calităților productive și consumului specific de furaje la hibridi, precum și modificările acestuia pe parcursul procesului de creștere și îngrășare, odată cu avansarea în vârstă a suinelor. Studiul a avut ca obiect diferite tipuri genetice de vieri: rase pure Pietrain și Duroc, precum și hibridi Duroc x Pietrain importați din Franța și (Marele Alb x Landrace x Pietrain) x Pietrain importați din România. Pe baza acestora au fost elaborate scheme de hibridare, în care forma maternă a fost Landrace x Marele Alb în toate variantele. În toate perioadele de vârstă, un consum specific de furaje mai ridicat (3,1 kg furaj/kg spor) a fost semnalat la tineretul suin din lotul, în care pentru producerea hibridilor a fost utilizată rasa Duroc, cunoscută pentru acumulările relativ mai mari de grăsime în stratul adipos. În celelalte tipuri de hibridi consumul specific de furaje s-a situat între 2,79 și 2,92 kg. S-a constatat că tipul genetic al vierilor are un rol determinant în formarea calității carcaselor și a producției de carne. Conform testărilor de producție, grosimea stratului de slănină la spinare la hibridi a variat între 20,2 și 22,5 mm la o greutate de 110-120 kg. Diferențele între hibridii tetrasiali și trisiali au fost de 1,3 mm. Datele experimentale confirmă viabilitatea utilizării vierilor hibridi în funcție de cerințele consumatorilor și specificațiile produsului final destinat procesării.

Cuvinte-cheie: *Porcine; Hibridi; Consum specific de furaje; Compoziția carcasei.*

INTRODUCERE

În scopul îmbunătățirii calității cărnii, în majoritatea țărilor lumii se utilizează pe scară largă încrucișarea industrială (Гришкова et al., 2016) și hibridarea între două sau trei rase specializate în producția de carne. Eficiența acestor metode a fost demonstrată prin numeroase experimente (Zhang et al., 2016) și prin practica avansată. Hibrizii se remarcă printr-o energie de creștere ridicată, un consum redus de nutreț și valori superioare în ceea ce privește calitatea carcaselor și a cărnii. Datorită acestor avantaje, în SUA, hibrizii reprezintă 90% din efectivul de suine sacrificat, în Olanda – 70%, iar în Marea Britanie – 60%.

Pentru obținerea unor rezultate remarcabile, este necesară utilizarea, în procesul de încrucișare, a raselor specializate divergente din punct de vedere genetic. Aceasta presupune diferențe semnificative în însușirile reproductive, capacitatea de îngrășare și calitatea carcaselor și a cărnii. În prezent, în multe țări sunt dezvoltate programe de hibridare pentru evaluarea rezultatelor obținute. Acest proces este unul continuu, datorită omologării unor rase noi, cu însușiri productive superioare, care răspund în totalitate cerințelor consumatorilor de carne de calitate. Prin integrarea acestor rase în noi scheme de hibridare, se obțin hibridi cu viabilitate ridicată și caracteristici superioare ale carcaselor.

Această metodă modernă de ameliorare a suinelor (Гришкова et al., 2014; Данилова, 2015; Лебедев, 1974) permite aplicarea sa în unități de creștere de tip intensiv. De exemplu, formarea de noi hibridi în țări precum Anglia, SUA, Olanda și Ungaria, în ultimele trei decenii și jumătate, a dus la creșterea randamentului la sacrificare, subțierea stratului de slănină și îmbunătățirea calităților comerciale ale carcaselor. În acest fel, metodele de îmbunătățire a calității cărnii sunt perfecționate în mod constant, contribuind la rezolvarea unei probleme majore în suinicultură: producerea cărnii de marcă. Din aceste motive, în multe țări, producția de carne macră a devenit un criteriu principal pentru evaluarea carcaselor.

Astfel, datorită manifestării fenomenului heterozis, în prima generație de descendenți se pot obține ameliorări semnificative ale calității cărnii Wang et al., 2022; Ding et al., 2018). În rezultatul lucrărilor de selecție desfășurate pe termen lung, în SUA, conținutul de carne macră din carcasă a crescut semnificativ, iar valoarea calorică a 100 g de carne a scăzut de la 377 la 210 kcal. Grosimea stratului de slănină la cei mai valoroși vieri s-a redus de la 3,98 cm la 1,75 cm, iar randamentul jambonului a crescut de la 13,54% la 18,64% (Нарижный et al., 2019).

Cu toate acestea, în SUA, Danemarca și alte țări, selecția intensivă orientată spre creșterea cantității de carne macră din carcasă a condus la un număr tot mai mare de animale care produc carne palidă, moale și exudativă (PSE). În acest context, se impune introducerea în procesul de selecție a unor metode care să valorifice calitățile ereditare ale mai multor genotipuri, nu doar ale unei singure rase. Este necesar să fie extinse lucrările de formare a tipurilor de carne care să se caracterizeze prin productivitate ridicată, rezistență la stres, o structură osoasă puternică și o adaptabilitate bună la condițiile intensive de exploatare.

MATERIALE ȘI METODE

Pentru atingerea obiectivelor lucrării și obținerea materialului genetic necesar, au fost importate din Franța și utilizate în procesul de experimentare și producție următoarele categorii: scrofițe Landrace x Marele Alb, vieri de rasă Pietrain, Duroc și vieri hibridi Duroc x Pietrain (proveniți de la firma AXIOM), precum și vieri hibridi trirasiali obținuți prin utilizarea scroafelor Marele Alb x Landrace și a vierilor de rasă Pietrain

(proveniți de la firma Hypor, filiala România). Experimentele au fost desfășurate în cadrul unității de producție pentru creșterea și îngrășarea porcinelor SC „Agroseminvest” SRL, situată în satul Burlăceni, raionul Cahul.

Studiul a fost realizat pe cinci loturi experimentale de hibrizi, diferențiate în funcție de tipul genetic (Tabelul 1). Forma maternă în toate loturile a fost reprezentată de scrofele Landrace x Marele Alb, iar forma paternă a inclus: vieri de rasă pură Pietrain și Duroc; vieri hibrizi Duroc x Pietrain; hibrizi (Marele Alb x Landrace) x Pietrain; respectiv hibrizi (Marele Alb x Landrace x Pietrain) x Pietrain.

Tabelul 1. Sistemele de hibridare

Lotul	Forme parentale		Produs final
	Maternă	Paternă	
I (martor)	♀ Landrace x Marele alb	♂ Pietrain	Hibrid trirasial
II	♀ Landrace x Marele alb	♂ (Marele alb x Landrace) x Pietrain	Hibrid trirasial
III	♀ Landrace x Marele alb	♂ (Marele alb x Landrace x Pietrain) x Pietrain	Hibrid trirasial
IV	♀ Landrace x Marele alb	♂ Duroc	Hibrid trirasial
V	♀ Landrace x Marele alb	♂ Duroc x Pietrain	Hibrid tetrasial

Fiecare variantă experimentală a fost constituită din 6 scroafe Landrace x Marele Alb și 30 de capete de tineret hibrid, trirasial și tetrasial. Formarea loturilor experimentale s-a realizat pe baza principiului analogic, luând în considerare originea, masa corporală și vârsta scroafelor.

Pentru evaluarea vitezei de creștere și a producției de carne, au fost selectate 150 de capete de tineret suin, analogic în funcție de origine, vârstă și masă corporală. Consumul specific de nutreț a fost monitorizat atât în perioada de creștere, cât și în cea de îngrășare, calculându-se pe baza evidenței nutrețului administrat și a sporului lunar realizat.

Sacrificarea de control s-a efectuat atunci când suinele au atins o masă corporală de 110-120 kg, sacrificându-se un total de 15 capete, câte 3 din fiecare lot (Nistor, 2015). Evaluarea carcaselor s-a efectuat la cald, prin măsurători gravimetrice, determinându-se următorii indici: masa carcabei, măsurată prin cântărire cu ajutorul unui cântar electronic; randamentul la sacrificare, calculat ca raport între masa carcabei și masa vie; randamentul jambonului, exprimat procentual față de masa carcabei.

Datele obținute au fost procesate biometric folosind metoda variațiilor statistice în programul Microsoft Office Excel, iar gradul de semnificație a fost determinat utilizând Criteriul Studet, conform metodologiei descrise de N. Plohinschii (1969).

REZULTATE ȘI DISCUȚII

În procesul de creștere și dezvoltare, eficiența producerii cărnii de porc este influențată nu doar de sporul obținut, ci și de cantitatea de nutreț utilizată de suine, exprimată prin consumul specific, un indicator care reflectă gradul de asimilare a substanțelor nutritive în organism. Rezultatele experimentale demonstrează că, odată cu înaintarea în vârstă a animalelor, consumul specific crește, însă există diferențe între loturile de hibrizi. Cel mai redus consum specific s-a înregistrat la tineretul suin din lotul II experimental, unde, în perioada de creștere cuprinsă între 151 și 180 de zile, acesta a fost de 2,79 kg.

Pe de altă parte, în toate perioadele de vârstă, tineretul suin din lotul IV experimental a prezentat o creștere mai intensă a consumului specific. În acest lot, forma paternă a fost rasa Duroc, caracterizată printr-o acumulare mai mare de grăsime în carcasă, spre deosebire de rasa Pietrain, care produce carne cu un conținut mai scăzut de grăsime. Totuși, carnea provenită de la Pietrain are calități gustative inferioare. Acest lucru se datorează stratului de grăsime mai redus prezent în țesutul muscular. Concomitent, în carcasele provenite de la suinele Pietrain se formează un strat de slănină mai subțire, aspect solicitat atât de producători, cât și de consumatori.

Tabelul 2. Consumul specific la suine de diferite tipuri genetice în perioadă de creștere, kg, $n=30$, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Lotul	Vârsta animalelor, zile			
	28-60	Cv, %	61-90	Cv, %
I (martor)	0,73 $\pm$ 0,02	12,87	1,21 $\pm$ 0,03	13,71
II	0,64 $\pm$ 0,01	4,90	1,22 $\pm$ 0,03	14,18
III	0,77 $\pm$ 0,02	12,32	1,25 $\pm$ 0,03	14,43
IV	0,74 $\pm$ 0,01	6,15	1,28 $\pm$ 0,04	16,86
V	0,71 $\pm$ 0,01	7,67	1,24 $\pm$ 0,04	16,26

Deoarece formarea țesutului adipos implică un consum mai mare de energie, creșterea corespunzător și consumul de nutreț, atingând, în ultima perioadă de dezvoltare, valoarea de 3,1 kg pe unitate de spor în lotul IV. În schimb, în loturile de tineret suin I, II, III și V, consumul specific variază între 2,79 și 2,92 kg. Acest indicator are o influență decisivă asupra costului producției, având în vedere că furajele reprezintă peste 70% din structura prețului de cost.

Tabelul 3. Consumul specific la suinele de diferite tipuri genetice în perioadă de îngrășat, kg, $n=30$, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Lotul	Vârsta animalelor, zile					
	91-120	Cv, %	121-150	Cv, %	151-180	Cv, %
I (martor)	1,75 $\pm$ 0,03	10,47	2,10 $\pm$ 0,04	9,47	2,86 $\pm$ 0,04	7,88
II	1,78 $\pm$ 0,04	11,18	2,20 $\pm$ 0,05	11,15	2,79 $\pm$ 0,05	10,24
III	1,80 $\pm$ 0,04	13,41	2,30 $\pm$ 0,03	7,22	2,80 $\pm$ 0,04	8,40
IV	2,00 $\pm$ 0,07	18,65	2,68 $\pm$ 0,03	6,35	3,10 $\pm$ 0,02	2,77
V	1,88 $\pm$ 0,04	12,48	2,52 $\pm$ 0,04	7,69	2,92 $\pm$ 0,01	2,61

În fiecare lot experimental au fost utilizate câte 30 de capete de tineret suin, conform vârstei animalelor indicate în Tabelul 3. Astfel, suinele din fiecare lot, menținute în aceeași componență, au participat la studiu în diferite perioade de referință.

Datele din tabelul confirmă că, în toate loturile experimentale, consumul specific s-a situat între 2,79 și 2,92 kg, cu excepția lotului IV (Figura 1), unde acesta a depășit valoarea de 3 kg pe kilogram spor. Rezultatele obținute în procesul de îngrășare a hibridizilor pentru producerea cărnii de calitate, în condiții intensive de producție, sunt considerate optime. Astfel, producătorii de carne pot selecta variantele de hibridare care îndeplinesc cerințele consumatorilor privind calitatea produsului, asigurând în același timp un preț avantajos pentru comercializarea cărnii.

Promovarea tipurilor genetice de suine care consumă mai puțin nutreț pentru producerea cărnii este mai eficientă, dar trebuie să se ia în considerare și calitatea carcaselor și a cărnii, care este determinată de proprietăți precum frăgezimea, suculența și gustul – toate fiind influențate de conținutul de grăsime din carne. Alegerea optimă a variantei de hibridare este dictată de cerințele pieței, unde se formează prețul carcaselor, cărnii și chiar al slăninii. În situațiile în care slăcina are un preț avantajos, o creștere nesemnificativă a consumului specific nu afectează considerabil costul de producție.

În procesul de producție, este important să se țină cont de faptul că o creștere a cantității de grăsime acumulate în carcasă duce la un consum mai mare de nutreț pe kilogram spor. De aceea, alegerea hibridului potrivit, care să asigure atât cerințele consumatorilor, cât și eficiența producției, devine un factor-cheie. La livrarea cărnii, producătorii trebuie să respecte cerințele pieței, optând pentru variante de hibridi care generează cantitatea necesară de carne, cu un strat de slăcină conform preferințelor consumatorilor.

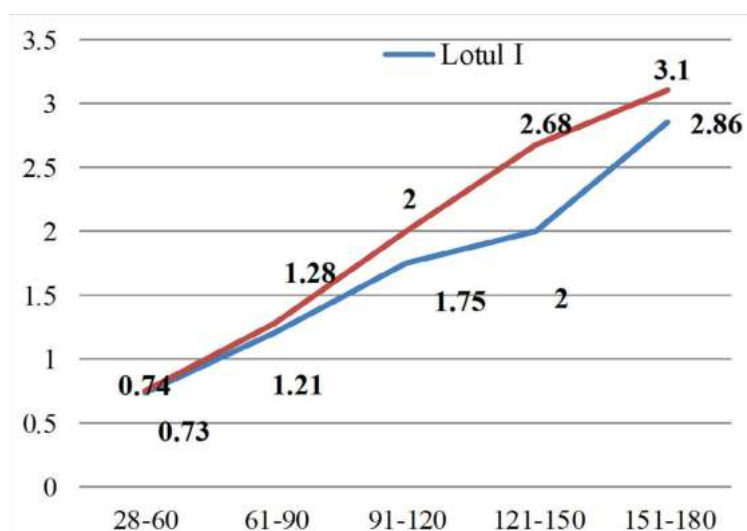


Figura 1. Influența vârstei asupra creșterii consumului specific la tineretul suin, kg

Obținerea unei greutate mai mari a carcaselor este influențată semnificativ de greutatea capului și a membrilor, regiuni care contribuie într-o măsură mai redusă la furnizarea de carne și slăcină. Aceste aspecte sunt reflectate de rezultatele experimentale prezentate în tabelul 3, care ilustrează distribuția greutății componentelor carcaseri și relevă diferențele dintre loturile analizate.

Tabelul 4. Evaluarea conținutului carcaselor în funcție de valoarea tineretului hibrid $\bar{X} \pm S\bar{x}$, $n=3$

Lotul	Randamentul jambonului, %	Greutatea capului, kg	În % către masa carcaselor	Greutatea membrilor, kg	În % către masa carcaselor
I (martor)	12,02	$6,76 \pm 0,09$	8,07	$1,60 \pm 0,07$	1,91
II	14,11	$7,17 \pm 0,20$	8,93	$1,83 \pm 0,03$	2,28
III	11,21	$7,13 \pm 0,06$	8,62	$1,77 \pm 0,09$	2,14
IV	12,23	$7,20 \pm 0,20$	8,87	$1,73 \pm 0,03$	2,13
V	11,51	$6,90 \pm 0,17$	8,25	$1,53 \pm 0,03$	1,83

Datele prezentate în tabelul 4 evidențiază că randamentul jambonului (Figura 2) a fost cel mai mare la hibridii din lotul II, atingând 14,11%, în timp ce valori mai mici s-au înregistrat în loturile III și V. Hibridii din loturile I și IV s-au situat într-o poziție intermediară. Greutatea capului a fost mai redusă la hibridii din loturile I și V, cu valori cuprinse între 6,76 și 6,90 kg, diferențele față de loturile II, III și IV fiind de 0,30-0,54 kg, unde greutatea acestei regiuni a carcasei a fost la același nivel de dezvoltare.

Influența genotipului a fost evidentă și în cazul greutateii membrilor, diferențele între loturi variind între 0,31 și 0,45 kg. Aceste rezultate confirmă influența factorului genetic asupra nivelului de dezvoltare a indicilor cantitativi la hibridii de suine. Producerea hibridilor utilizând vieri cu tipuri genetice diferite a condus la obținerea carcaselor cu o compoziție optimă, caracterizată prin dezvoltarea regiunilor corporale de calitate (cum ar fi jambonul) în detrimentul dezvoltării regiunilor precum capul și membrele, ceea ce răspunde cerințelor pieței interne și externe.

Efectul utilizării vierilor hibridi la producerea cărnii de marcă. Pentru a evalua eficacitatea utilizării vierilor hibridi în producția cărnii de marcă, s-a realizat o testare pe un efectiv mărit de tineret hibrid în cadrul unității de creștere și îngrășare a porcinelor SC „Agroseminvest” SRL.

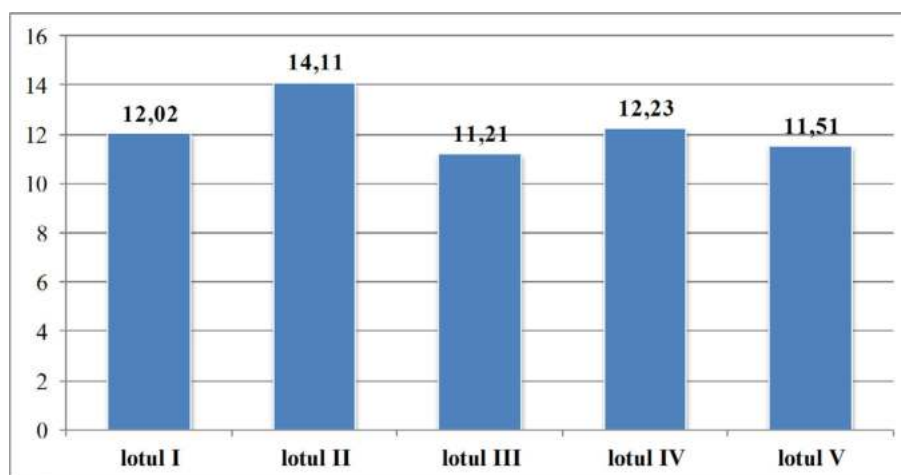


Figura 2. Randamentul jambonului în funcție de tipul genetic a vierilor

Conform datelor obținute (Tabelele 5 și 6), cele mai eficiente variante de hibridare în experiment au fost înregistrate în loturile IV și V. Prin urmare, pentru testarea în producție au fost selectate combinațiile de rase din aceste loturi, care au fost comparate cu lotul I (martor).

Tabelul 5. Rezultatele testării creșterii tineretului hibrid de suine, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Lotul	Parametrii	n	$\bar{X} \pm S\bar{x}$
I (martor)	Vârsta atingerii 110 de kg, zile	125	171,54 $\pm$ 0,91
	Sporul mediu zilnic (60-180 zile), g	125	739 $\pm$ 0,06
IV	Vârsta atingerii 110 de kg, zile	125	176,42 $\pm$ 0,83
	Sporul mediu zilnic (60-180 zile), g	125	784 $\pm$ 0,05
V	Vârsta atingerii 110 de kg, zile	125	170,08 $\pm$ 0,87
	Sporul mediu zilnic (60-180 zile), g	125	784 $\pm$ 0,05

Rezultatele prezentate în tabelul 5 demonstrează că vârsta la care hibridii testați au atins greutatea de 110 kg a variat între 170 și 176 de zile. Cea mai scurtă perioadă de timp pentru atingerea acestei greutăți a fost înregistrată la hibridii L x MA x P x D. În ceea

ce privește sporul mediu zilnic, acesta a avut o valoare de 815 g în perioada de îngrășare, fiind cu 76 g mai mare comparativ cu hibrizii L x MA x P. De asemenea, tineretul suin din lotul L x MA x D a prezentat o viteză de creștere relativ intensă, însă sporul mediu zilnic a fost cu 31 g mai mic față de hibrizii obținuți prin utilizarea vierului birasial P x D.

Masa carcaselor la hibrizii (tabelul 6) L x MA x P x D a fost mai mare cu 1,73 kg comparativ cu cea a hibrizilor L x MA x P, indicând o superioritate cantitativă a acestora.

Tabelul 6. Caracteristica carcaselor în procesul de testare a hibrizilor de suine, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Lotul	Parametrii	n	$\bar{X} \pm S\bar{x}$
I (martor)	Masa vie, kg	50	113,24 $\pm$ 0,36
	Masa carcasei, kg	50	83,26 $\pm$ 0,24
	Lungimea mare a carcasei, cm	50	101,59 $\pm$ 0,09
	Masa jambonului, kg	50	10,32 $\pm$ 0,06
	Grosimea slăninei la spinare, mm	50	21,2 $\pm$ 0,02
IV	Masa vie, kg	50	111,36 $\pm$ 0,31
	Masa carcasei, kg	50	81,8 $\pm$ 0,46
	Lungimea mare a carcasei, cm	50	110,2 $\pm$ 0,21
	Masa jambonului, kg	50	9,84 $\pm$ 0,04
	Grosimea slăninei la spinare, mm	50	21,5 $\pm$ 0,04
V	Masa vie, kg	50	113,66 $\pm$ 0,42
	Masa carcasei, kg	50	83,53 $\pm$ 0,18
	Lungimea mare a carcasei, cm	50	104,02 $\pm$ 0,10
	Masa jambonului, kg	50	9,60 $\pm$ 0,02
	Grosimea slăninei la spinare, mm	50	20,2 $\pm$ 0,01

Totuși, lungimea carcaselor la hibrizii tetrarasiali (L x MA x P x D) s-a situat în jurul valorii de 104 cm, fiind mai redusă cu 6-9 cm față de hibrizii trirasiali (L x MA x D și L x MA x P). Jamboanele mai globuloase și cu o greutate mai mare au fost obținute de tineretul hibrid L x MA x P, unde rasa Pietrain a contribuit cu 0,5% din produsul final. Această rasă se remarcă prin dezvoltarea accentuată a musculaturii jamboanelor, atât în partea posterioară, cât și în cea anterioară a carcaselor, ceea ce aduce un plus de valoare produsului final.

Grosimea stratului de slănină format în procesul de creștere și dezvoltare a tineretului suin a variat între 20,2 și 21,5 mm, diferența între hibrizii tetrarasiali și trirasiali fiind de 1,3 mm. Rezultatele testării în producție au confirmat veridicitatea datelor experimentale privind eficacitatea utilizării diferitelor variante de hibridi, în funcție de cerințele agenților economici și de specificațiile produsului final livrat unităților de procesare a cărnii.

CONCLUZII

1. În toate perioadele de vârstă, un consum specific mai ridicat a fost semnalat la tineretul suin din lotul IV, unde pentru producerea hibrizilor a fost utilizată rasa Duroc, cunoscută pentru acumulările relativ mai mari de grăsime în stratul adipos.
2. Rezultatele obținute în procesul de îngrășare a hibrizilor pentru obținerea cărnii de calitate sunt optime. Astfel, producătorii de carne de porc pot alege varianta de hibridare care răspunde cerințelor consumatorilor și asigură un preț adecvat pentru carne și slănină.

3. Calitatea carcaselor, exprimată prin randamentul jambonului, certifică faptul că în lotul II acest indicator a ajuns la 14,11%, în timp ce în loturile III și V s-a plasat în limitele de 11,21-11,51%, fiind mai mic cu 2,6%.
4. Grosimea stratului de slănină la spinare a fost variabilă și, conform rezultatelor testării în producție, a constituit între 20,2 și 22,5 mm. Diferența între hibridii tetrasiali și trisiali a fost de 1,3 mm. Jamboane mai globuloase și cu o greutate mai mare au fost obținute de hibridii Landrace x Marele alb x Pietrain, unde rasa Pietrain a contribuit cu 0,5% din produsul final.

Cercetările au fost realizate în cadrul proiectului instituțional „Elaborarea și implementarea bunelor practici de agricultură durabilă și reziliență climatică” (020407), desfășurat sub egida Subprogramului instituțional de cercetare al Universității Tehnice a Moldovei.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. DING, R.; M. YANG; X. WANG; J. QUAN; Z. ZHUANG et al. (2018). Genetic architecture of feeding behavior and feed efficiency in a Duroc pig population. *Frontiers in genetics*, vol. 9. DOI 10.3389/fgen.2018.00220.
2. NISTOR, A. (2015). *Controlul calitatii carcaselor de suine*. Disponibil: <https://ru.scribd.com/doc/252066034/227496034-Controlul-Calitatii-Carcaselor-de-Suine>
3. WANG, S.; J. YANG; G. LI; R. DING; Z. ZHUANG et al. (2022). Identification of homozygous regions with adverse effects on the five economic traits of Duroc pigs. *Frontiers in veterinary science*, vol. 9. DOI 10.3389/fvets.2022.855933.
4. ZHANG, T.; L. WANG; H. SHI; H. YAN; L.-C. ZHANG et al. (2016). Heritabilities and genetic and phenotypic correlations of litter uniformity and litter size in Large White sows. *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 15 (4), pp. 848-854. DOI 10.1016/s2095-3119(15)61155-8.
5. ГРИШКОВА, А. П.; А. А. АРИШИН; Н. А. ЧАЛОВА; В. А. ВОЛКОВ и Н. Л. ТРЕТЬЯКОВА (2016). Использование хряков разного генотипа в системе четырехпородного скрещивания. *Свиноводство*, № 8, с. 4-6. ISSN 0039- 713X.
6. ГРИШКОВА, А. П.; Н. А. ЧАЛОВА; А. А. АРИШИН; В. А. ВОЛКОВ и В. А. ГРИШКОВ (2014). Эффективность скрещивания свиней кемеровской породы с хряками специализированных мясных пород. *Зоотехния*, № 3, с. 4-5. ISSN 0235-2478.
7. ДАНИЛОВА, Т. (2015). Влияние межпородного скрещивания на откормочные и мясные качества молодняка свиней. В: *Научный фактор в стратегии инновационного развития свиноводства: сб. материалов XXII Международной науч.-практической конф.*, 9-11 сент. 2015. Гродно, с. 47-51. ISBN 978-985-537-071-1.
8. ЛЕБЕДЕВ, Ю. (1974). Научные и практические проблемы получения постной свинины. *Сельское хозяйство зарубежом, сер. Животноводство*, №8.
9. НАРИЖНЫЙ, А. Г.; Ю. В. ЗАСУХА; С. Н. ГРИЩЕНКО и Н. П. ГРИЩЕНКО (2019). Интенсификация использования хряков-производителей в свиноводстве. *Ветеринария*, № 6, pp. 44-47. ISSN 0042-4846. DOI 10.30896/0042-4846.2019.22.6.44-47.

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflict of interests.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

Paper history

Received 15.09.2024; Accepted 24.11.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

DOI: 10.55505/SA.2024.2.12
UDC: 636.2.082.453.52



PARTICULARITĂȚI PRIVIND EVALUAREA CALITĂȚII MATERIALULUI SEMINAL LA ȚAURI ÎN FUNCȚIE DE PERIOADĂ DE PĂSTRARE

Elena CIBOTARU, ORCID: 0000-0001-7755-3429,
Grigore DARIE, ORCID: 0009-0009-3998-1321,
Alisa PÎRLOG*, ORCID: 0000-0003-3937-8708,
Natalia PAVLICENCO, ORCID: 0000-0002-4418-7909

Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

*Correspondență: Alisa PÎRLOG – e-mail: alisa.pirlog@mpasa.utm.md

Abstract. This study presents the evolution of the quality of bull semen frozen between 1978-1986 and thawed in the present - 2022-2024, evaluating the essential parameters of reproductive performance, such as: sperm motility, sperm concentration, progressive movements and advanced movements (VAP, VSL, VCL) etc. The results obtained demonstrate a significant fluctuation of these parameters, with a general trend of decreasing sperm motility and concentration. Sperm mobility has recorded a constant decrease, with a notable reduction during storage up to the present 2022-2024. This is also manifested in the sperm concentration which has recorded a continuous decrease over time, which indicates possible fluctuations depending on environmental conditions and sperm preservation technologies. Progressive movements recorded significant values, suggesting the need for further investigations to identify the specific factors that influence semen quality. Regarding advanced movements (VAP, VSL, VCL) the same trend of decrease in semen frozen in 1982-1986 and thawed in the period 2022-2024 was recorded. These results highlight the importance of constant monitoring of semen quality and the need to optimize preservation technologies to ensure reproductive success in production and teaching farms.

Keywords: *Bulls; Semen; Cryopreservation; Spermatozoa; Motility; Quality.*

Rezumat. Acest studiu prezintă evoluția calității materialului seminal congelat de taur între anii 1978-1986 și decongelat în prezent - 2022-2024, evaluându-se parametrii esențiali ai performanțelor reproductive, precum: motilitatea spermatozoizilor, concentrația spermatozoizilor, mișcările progresive și mișcările avansate (VAP, VSL, VCL) etc. Rezultatele obținute ne demonstrează o fluctuație semnificativă a acestor parametri, cu o tendință generală de scădere a motilității și concentrației spermatozoizilor. Mobilitatea spermatozoizilor a înregistrat o scădere constantă, cu o reducere notabilă în timpul depozitării până în prezent 2022-2024. Acest lucru se manifestă și asupra concentrației spermatozoizilor care au înregistrat o scădere continuă în timp, ceea ce indică posibile fluctuații în funcție de condițiile de mediu și de tehnologiile de conservare a spermei. Mișcările progresive au înregistrat valori semnificative, sugerând necesitatea unor investigații suplimentare pentru a identifica factorii specifici care influențează calitatea materialului seminal. Referitor la mișcările avansate (VAP, VSL, VCL) s-a înregistrat aceeași tendință de diminuare a materialului seminal congelat în 1982-1986 și decongelat în perioada anilor 2022-2024. Aceste rezultate evidențiază importanța monitorizării constante a calității materialului seminal și necesitatea de a optimiza tehnologiile de conservare pentru a asigura succesul reproductiv în fermele de producție și didactice.

Cuvinte-cheie: *Tauri; Material seminal; Crioconservare; Spermatozoizi; Motilitate; Calitate.*

INTRODUCERE

În contextul zootehniei moderne, crioconservarea materialului seminal de taur oferă numeroase avantaje. Aceasta asigură disponibilitatea materialului de calitate superioară pentru reproducere, facilitează diseminarea caracteristicilor genetice valoroase și reduce necesitatea transportului animalelor pentru reproducere. De asemenea, această tehnologie contribuie la îmbunătățirea diversității genetice și la conservarea raselor valoroase (Darie et. al., 2022; Hayk, 1991).

Cu toate acestea, succesul crioconservării depinde de mai mulți factori, inclusiv calitatea inițială a materialului seminal, utilizarea unor protocoale optime de congelare și decongelare, precum și adaptarea mediilor crioprotectoare la specificul spermei (Darie et. al., 2022; Darie et. al., 2016). Factorii de mediu, genetici și fiziologici influențează viabilitatea și fertilitatea spermatozoizilor după decongelare (Антонюк, 1988; Hayk, 1991).

Crioconservarea materialului seminal reprezintă o tehnologie fundamentală în reproducerea asistată, utilizată pentru conservarea pe termen lung a materialului seminal, permițând utilizarea sa în momente optime pentru însămânțare artificială. Procesul implică păstrarea spermatozoizilor în azot lichid, la temperaturi extrem de scăzute (-196°C), ceea ce previne degradarea materialului genetic și menține viabilitatea acestuia pe perioade îndelungate (Zăhan, 2017; Hayk, 1991).

Acest studiu își propune să analizeze parametrii esențiali ai calității materialului seminal crioconservat de taur, incluzând mobilitatea, concentrația și mișcările spermatozoizilor, cu scopul de a identifica condițiile optime pentru succesul reproducției asistate în fermele de bovine (Păcală et. al., 2004; Vintilă, 2005).

Un rol important îl joacă calitatea materialului seminal la însămânțarea artificială a bovinelor. Astfel, calitatea materialului seminal la tauri este un factor esențial în succesul programelor de reproducție, atât în creșterea bovinelor pentru carne, cât și pentru lapte. Un material seminal de înaltă calitate contribuie direct la creșterea ratei de fecunditate, la sănătatea vițelilor și la eficiența generală a fermei (Zăhan, 2017). În special în fermele comerciale, unde însămânțarea artificială este o practică frecventă, calitatea materialului seminal determină, într-o mare măsură, rentabilitatea și stabilitatea productivității.

Calitatea materialului seminal este evaluată pe baza mai multor factori, printre care: concentrația spermatozoizilor, motilitatea, morfologia, vitalitatea și capacitatea de a supraviețui la crioconservare. Alți factori care influențează calitatea includ: genetica, alimentația, vârsta, condițiile de mediu și starea generală de sănătate a animalelor. Tehnici avansate de analiză, cum ar fi evaluarea microscopică și testele biochimice, sunt folosite pentru a asigura că materialul seminal îndeplinește cerințele de calitate (Vintilă, 2005; Hayk, 1991).

Un material seminal de calitate superioară nu doar îmbunătățește șansele de fecunditate, dar contribuie și la transferul de caracteristici genetice valoroase, cum ar fi productivitatea ridicată, rezistența la boli și adaptabilitatea. De aceea, evaluarea și selecția atentă a taurilor pe baza calității materialelor seminale sunt esențiale pentru succesul îmbunătățirii majorării efectivului de animale în fermă (Darie et. al., 2022; Zăhan, 2017).

MATERIALE ȘI METODE

Cercetările au fost desfășurate în cadrul fermei didactice a Universității Tehnice a Moldovei, utilizând facilități moderne ale Laboratorului de Reproducție, parte a Departamentului de Resurse Animale și Siguranța Alimentelor. Acest laborator este specializat în analiza parametrilor biologici și reproducători, fiind dotat cu echipamente

avansate pentru manipularea și evaluarea materialului seminal. Studiul s-a concentrat pe investigarea materialului seminal de taur, conservat prin congelare în condițiile criogenice, provenit din loturi colectate și depozitate în anii diferiți.

Probele analizate au fost selectate pe baza unui protocol riguros, ținând cont de origine, condițiile de procesare și de păstrare, precum și durata depozitării acestora în bănci criogenice. Evaluarea a vizat identificarea influențelor pe care perioada de stocare și condițiile specifice de crioconservare le exercită asupra calității materialului seminal, în special asupra parametrilor săi esențiali, cum ar fi motilitatea spermatozoizilor, viabilitatea, integritatea membranelor și potențialul de fertilizare.

Rezultatele obținute sunt relevante pentru optimizarea tehnicilor de conservare și utilizare a materialului seminal în programele de reproducție asistată, oferind informații valoroase despre stabilitatea materialului genetic în timp și impactul factorilor de mediu asupra performanței.

În cadrul studiului, o atenție deosebită a fost acordată analizei detaliate a parametrilor esențiali ce definesc calitatea materialului seminal congelat și ulterior decongelat. Evaluările au inclus examinarea exhaustivă a tuturor indicatorilor de calitate, printre care: mobilitate, concentrație, mișcările spermatozoizilor.

Analiza s-a concentrat pe identificarea modificărilor survenite în urma acestor procese, având în vedere importanța menținerii funcționalității și viabilității spermatozoizilor.

Din gama parametrilor evaluați, au fost incluși toți indicatorii relevanți de calitate. În primul rând, mobilitatea spermatozoizilor, unul dintre cei mai critici factori pentru fertilizare, a fost evaluat atât în ceea ce privește procentajul total al spermatozoizilor mobili, cât și tipurile specifice de mișcări (progresive, oscilatorii sau vibratorii și mișcări – „înapoi ca racul”. În al doilea rând, concentrația spermatozoizilor din fiecare probă a fost determinată cu scopul de a evalua dacă procesele de congelare afectează densitatea celulară și, implicit, potențialul fertilizator al materialului seminal. În al treilea rând, s-a realizat o analiză detaliată a tipologiei mișcărilor spermatozoizilor, având în vedere că natura și intensitatea acestora reflectă starea structurală și funcțională.

De asemenea, evaluările au inclus și alte aspecte complementare, precum integritatea membranelor spermatozoizilor, viabilitatea celulară post-decongelare și eventualele modificări structurale cauzate de stresul criogenic. Aceste investigații au permis o înțelegere mai profundă a efectelor proceselor criogenice asupra celulelor reproductive, contribuind la identificarea potențialelor puncte critice ce pot afecta calitatea materialului.

Rezultatele acestui studiu au o importanță semnificativă, deoarece oferă informații esențiale pentru optimizarea tehnicilor de conservare criogenică. Totodată, ele sprijină dezvoltarea de noi strategii menite să îmbunătățească rata de succes a utilizării materialului seminal congelat-decongelat în programele de reproducție asistată, atât pentru animale, cât și pentru aplicații biomedicale.



Foto 1. Paietă de material seminal de taur



Foto 2. Programul CEROS



Foto 3. Depozitarea materialului seminal de taur în paiete

Materialul seminal decongelat de taur utilizat pentru însămânțarea artificială în ferma didactică de bovine a UTM, a fost supus examenului microscopic care include: mobilitatea, concentrația, mișcările progresive, și mișcările de înaintare a spermatozoizilor VAP – viteza medie; VSC – viteza în linie dreaptă; VCL – viteza curbiliniară prin examenul microscopic folosind programul computerizat CEROS.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

În studiu, au fost analizate mai multe doze de material seminal decongelat provenit de la tauri din diferiți ani depozitat în azot lichid la -1960C. Crioconservarea, fiind o tehnică utilizată pentru a conserva materialul seminal prin congelare, permite păstrarea acestuia pentru perioade mai îndelungate și utilizarea ulterioară în programele moderne de însămânțare artificială. Evaluarea fiecărui parametru al materialului seminal a fost esențială pentru a determina potențialul fiecărei doze în cadrul programelor de reproducție. În studiu a fost luat materialul seminal de taur de înaltă valoare genetică, păstrat în azot lichid la -1960C, anii 1978 -1986, și decongelat în anii 2022-2024. În cazul spermatozoizilor de taur, mobilitatea este un factor esențial în succesul însămânțării artificiale și al reproducției taurinelor.

Mobilitatea spermatozoizilor este un indicator fundamental al calității materialului seminal și al potențialului acestuia de a produce o fertilizare reușită (Figura 1).



Figura 1. Mobilitatea spermatozoizilor în sperma de taur după congelare, %

Datele furnizate reflectă evoluția mobilității spermatozoizilor de taur pe parcursul unei perioade îndelungate, cu observații efectuate la intervale de ani. Această perioadă este caracterizată de o tendință generală de scădere a mobilității spermatozoizilor, cu fluctuații anuale notabile.

Scăderea continuă a mobilității spermatozoizilor în timp poate fi influențată de mai mulți factori, inclusiv: Factorii genetici - schimbări în structura genetică a populației de tauri sau selecția pentru anumite trăsături pot influența mobilitatea spermatozoizilor. Factorii de mediu - modificările în condițiile de creștere ale taurilor, cum ar fi schimbările climatice, poluarea sau variațiile în alimentație, pot afecta negativ sănătatea reproductivă a animalelor. Progresul tehnologic - schimbările în tehnologiile de colectare și conservare a spermei pot fi factori semnificativi. Dacă tehnologiile nu au evoluat suficient pentru a compensa factorii biologici și de mediu, acest lucru ar putea explica scăderea mobilității. Gestionarea reproducerii - calitatea spermatozoizilor este influențată semnificativ de practicile de reproducere. Eventualele modificări în gestionarea programelor de reproducere sau procedurile de însămânțare artificială pot contribui la scăderea calității spermei.

Concentrația materialului seminal reprezintă numărul de spermatozoizi viabili prezenți într-un mililitru de probă și este un parametru important în determinarea eficacității în reproducerea asistată. Totodată este un indicator important al calității materialului seminal și reprezintă punctul de pornire în cadrul tehnologiilor de însămânțări artificiale, pentru stabilirea gradului de diluție a spermei.

Concentrația spermei, fiind o măsură esențială a calității materialului seminal, indicând numărul de spermatozoizi prezenți într-un mililitru de ejaculat, este un element principal în analiza spermei, fiind folosită în special în tehnologiile de reproducere asistată, cum ar fi însămânțarea artificială, fertilizarea in vitro sau alte proceduri de fertilizare.

O concentrație optimă este importantă pentru stabilizarea gradului de diluție necesară înainte de însămânțare, asigurând astfel un număr suficient de spermatozoizi viabili care să crească șansele de succes ale fecundității. Totodată, asigură un raport corect între spermatozoizii activi și mediul de diluție, evitând atât suprasaturarea cât și diluția excesivă. Analiza concentrației materialului seminal după congelare la tauri este prezentată în figura 2.



Figura 2. Concentrația spermatozoizilor în sperma de taur după congelare, M/ml

Datele prezentate în figura 2, reflectă evoluția concentrației spermatozoizilor congelați de taur în perioada păstrării îndelungate în azot lichid. Astfel, pe parcursul acestei perioade, concentrația a variat semnificativ, indicând fluctuații importante care pot fi atribuite unei serii de factori biologici, tehnologici și de mediu.

Studiul mișcărilor spermatozoizilor are un rol important și deosebit pentru însă-mânțarea vacilor. De aceea, analiza mișcărilor progresive și viteza de înaintare a spermatozoizilor de taur în studiul inițiat, a avut și are o importanță majoră în reproducția taurinelor.

Mișcările progresive ale spermatozoizilor sunt esențiale pentru capacitatea acestora de a ajunge la ovul și de a-l fecunda. Spermatozoizii se deplasează printr-un mecanism activ, iar tipurile de mișcare ale acestora pot fi clasificate în mai multe moduri, în funcție de direcția și viteza mișcării. Aceste mișcări sunt influențate de factori genetici, fiziologici și de mediu. Spermatozoizii, pentru a ajunge la ovul, au nevoie de un sistem eficient de mișcare, care este realizat prin intermediul unui flagel (coadă). Mișcarea spermatozoizilor este esențială pentru fertilizare, iar tipurile și calitatea acestei mișcări pot influența semnificativ succesul procesului de reproducere.

Mișcările progresive ale spermatozoizilor din sperma decongelată de taur sunt influențate de mai mulți factori, printre care calitatea congelării, metoda de decongelare, temperatura și mediul în care aceștia se află după decongelare.

Mișcările progresive totale ale spermatozoizilor din sperma decongelată de taur se referă la capacitatea acestora de a se deplasa în mod eficient în direcția corectă pentru a fertiliza un ovul.

Rezultatele privind mișcările progresive a spermatozoizilor din sperma congelată de taur ($\mu\text{m/s}$) sunt prezentate în figura 3.

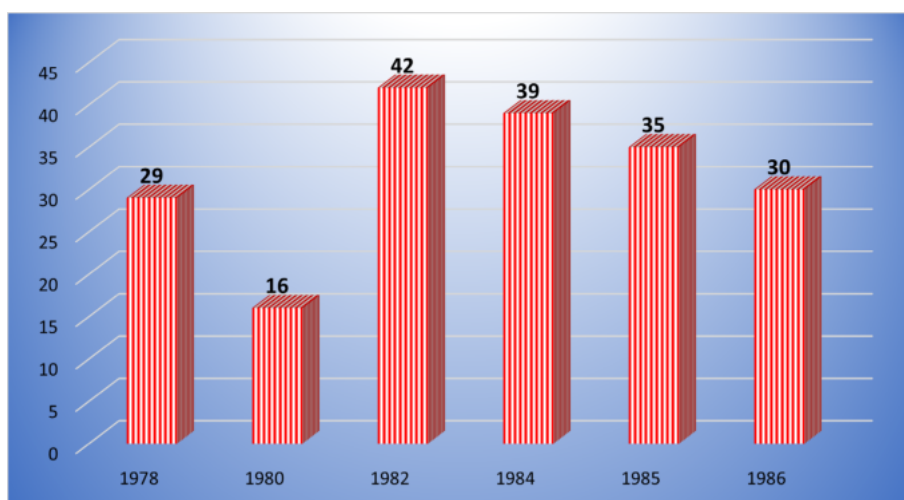


Figura 3. Mișcările progresive ale spermatozoizilor în sperma de taur după congelare, %

Datele prezentate referitoare la mișcările progresive ale spermatozoizilor de taur în perioada luată în studiu indică o variabilitate semnificativă a acestui parametru important în evaluarea calității materialului seminal. Mișcările progresive ale spermatozoizilor sunt esențiale pentru fertilitate, fiind un indicator cheie al capacității acestora de a fertiliza ovocitul.

În ansamblu, analiza mișcărilor progresive ale spermatozoizilor de taur în perioada studiată a demonstrat fluctuații evidente de la an la an, cu o tendință de scădere până în prezent. Aceste fluctuații sugerează faptul că, deși au existat îmbunătățiri semnificative în unele perioade, nu s-au menținut pe termen lung.

Schimbările menționate sunt influențate de mai mulți factori, inclusiv condițiile de mediu (temperatură, umiditate, poluare), tehnologiile utilizate în colectarea și conservarea materialului seminal (de exemplu, crioconservarea), precum și starea de sănătate și gestionarea taurilor. De asemenea, factorii genetici și de selecție pot contribui la variabilitatea observată în mișcările progresive ale spermatozoizilor.

Măsurarea vitezei de înaintare a spermatozoizilor prin programa computerizată CEROS a evaluat trei caracteristici: viteza medie (VAP), viteza în linie dreaptă (VSL) și viteza curbiliniară (VCL). VAP măsoară distanța parcursă de spermatozoizi într-o direcție generală și o perioadă de cercetare dată. VSL măsoară distanța în linie dreaptă parcursă de spermatozoizi de la un punct la altul într-o perioadă de studiu, fiind reprezentată de cea mai mică valoare numerică. VCL reprezintă distanța totală traversată de capul spermatozoidului în perioada de observație, având cea mai mare valoare numerică dintre cele trei viteze măsurate. Rezultatele experimentale sunt prezentate în figura 4.

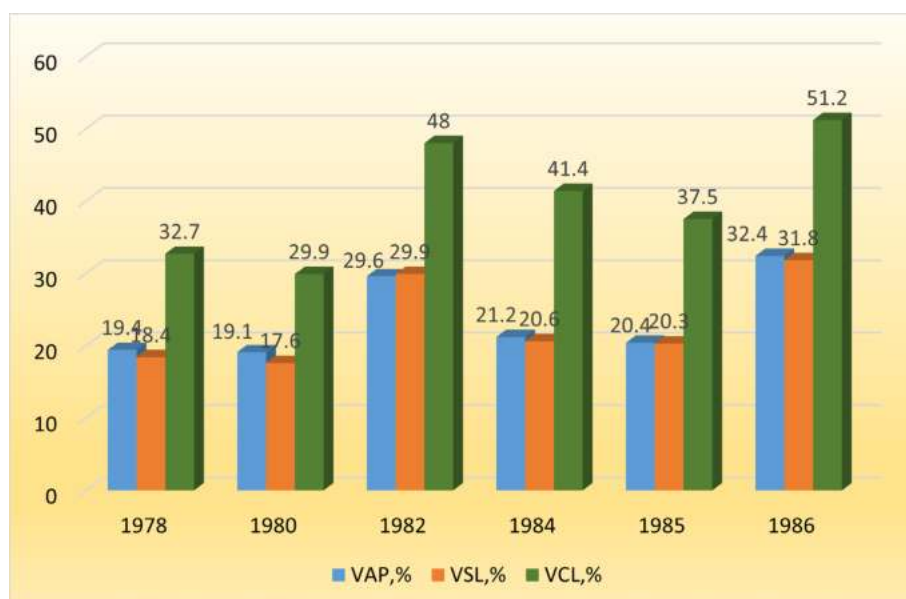


Figura 4. Mișcările spermatozoizilor VAP, VSL, VCL, ($\mu\text{m/s}$)

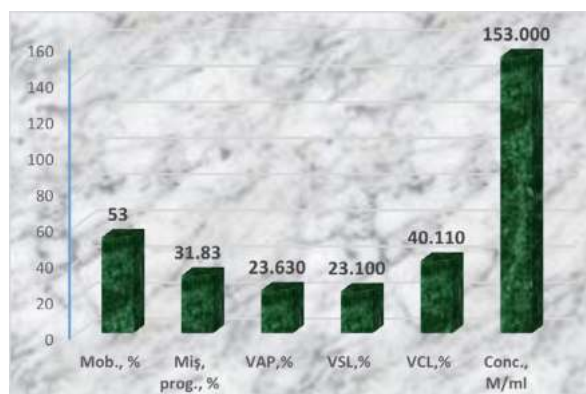
Mișcările avansate ale spermatozoizilor sunt esențiale pentru evaluarea calității spermei, având un impact direct asupra fertilității. În acest sens, parametrii VAP, VSL și VCL sunt esențiali pentru a înțelege mobilitatea spermatozoizilor și capacitatea acestora de a fertiliza ovocitele. Analizând datele obținute privind acești indici se poate de menționat faptul, că se observă fluctuații semnificative în timp care pot fi atribuite unor variabile biologice și tehnologice.

Astfel, în figura 5 este redată media indicilor spermogramei materialului seminal de taur după congelare în comparație pe ani.

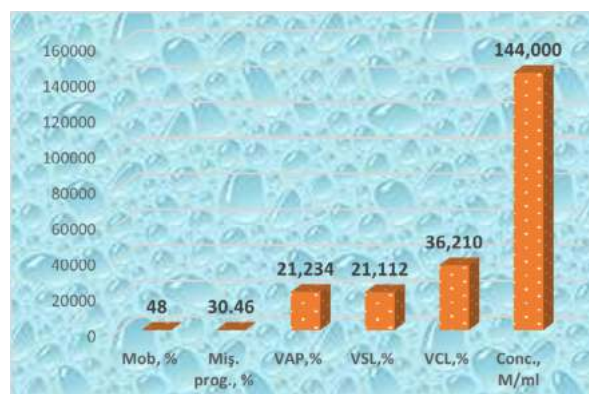
Figura dată reflectă variațiile în timp a parametrilor importanți privind materialul seminal decongelat de taur, analizați în perioada 1978-1986 și 2022-2024. Acești parametri includ mobilitatea, mișcările progresive, viteza de mișcare a spermatozoizilor și concentrația, fiecare oferind informații esențiale pentru evaluarea funcționalității elementelor biologice studiate. Compararea acestor date evidențiază o tendință generală de scădere a performanței parametrilor analizați în 2022-2024, comparativ cu indicii obținuți în anii anteriori.

Mobilitatea a înregistrat o scădere de la 53% în perioada 1978-1986 la 48% în 2022-2024, reprezentând o reducere absolută de 5 puncte procentuale (aproximativ 9,4% re-

ducere relativă). Această diminuare indică o afectare generală a capacității de mișcare activă, astfel factorii care contribuie la acest declin includ condițiile de mediu mai stresante, deteriorarea calității biologice sau modificările în tehnologiile de evaluare.



Anii 1978 –1986



Anii 2022 - 2024

Figura 5. Indicii medii a spermogramei la tauri

Mișcările progresive a spermatozoizilor, care reflectă direcția și coordonarea deplasării, au scăzut de la o medie de 31,83% la 30,46%, o reducere de 1,37 puncte procentuale (aproximativ 4,3% reducere relativă).

Viteza medie a traiectoriei progresive a spermatozoizilor decongeleți de taur (VAP) a scăzut de la 23,63% la 21,23%, înregistrând o reducere absolută de 2,4 puncte procentuale (aproximativ 10% reducere relativă). Viteza medie liniară a spermatozoizilor (VSL), un indicator esențial al mișcărilor rectilinii, a scăzut de la 23,1% la 21,1%, ceea ce reprezintă o reducere absolută de 2 puncte procentuale (aproximativ 8,6% reducere relativă). Viteza curbilinie a spermatozoizilor (VCL) a scăzut de la 40,11% la 36,21%, înregistrând o reducere absolută de 3,9 puncte procentuale (aproximativ 9,7% reducere relativă).

Concentrația spermatozoizilor materialului seminal decongelat de taur a scăzut de la 153.000 M/ml la 144.000 M/ml, ceea ce reprezintă o reducere absolută de 9.000 M/ml (aproximativ 5,9% reducere relativă). Această diminuare a densității sugerează o scădere a producției sau o degradare a calității elementelor biologice a materialului seminal, sub influența factorilor de mediu nefavorabili, modificărilor genetice sau impactul condițiilor moderne de viață.

CONCLUZII

1. Mobilitatea spermatozoizilor a avut o tendință descendentă, ceea ce poate indica o scădere a calității semnificative în această perioadă. Acest tip de trend ar putea fi influențat de mai mulți factori, cum ar fi condițiile de mediu, alimentația, tehnologiile de reproducere sau chiar variațiile genetice.
2. Analiza concentrației spermatozoizilor de taur între 1978 și 1986 evidențiază o fluctuație considerabilă, cu o creștere inițială urmată de o scădere semnificativă în anii următori. Această tendință poate fi atribuită unei serii de factori, incluzând posibile modificări în condițiile de mediu, tehnologii de conservare a spermei, sănătatea taurilor și managementul reproducției. Este evidentă o nevoie de revizuire a tehnologiilor utilizate pentru a stabili concentrația spermatozoizilor și a preveni declinul continuu în calitatea spermei.

3. Fluctuațiile în mișcările progresive ale spermatozoizilor de taur între 1978 și 1986 sugerează necesitatea unor investigații suplimentare pentru a identifica factorii specifici care influențează calitatea spermei. De asemenea, îmbunătățirea tehnologiilor de conservare și a condițiilor de management al reproducerii sunt esențiale pentru menținerea unui nivel constant al mișcărilor progresive și, implicit, al fertilității masculilor.
4. În perioada 1978-1986, mișcările avansate ale spermatozoizilor de taur (VAP, VSL, VCL) au variat semnificativ. După o scădere în 1980, s-au înregistrat creșteri importante în 1982 și 1986, ceea ce sugerează că îmbunătățirile tehnologice în conservarea spermei și în condițiile de mediu au avut un impact semnificativ asupra calității spermatozoizilor. Scăderile din 1984 și 1985 ar putea reflecta factori negativi de mediu sau deficiențe în tehnologiile utilizate. În general, se poate concluziona că perioada 1982-1986 a fost marcată de progrese importante în mobilitatea spermatozoizilor, ceea ce ar putea fi asociat cu îmbunătățiri tehnologice și de management în domeniul reproducției animalelor.
5. Parametrii luați în studiu indică o tendință de scădere a funcționalității biologice a materialului seminal decongelat de taur și a calității generale în 2022-2024, congelată și depozitată în 1978-1986, cu factori posibili care au contribuit și contribuie la acest declin (condiții de mediu nefavorabile: poluarea, și alți factori externi; modificări genetice și epigenetice: afectarea progresivă a mecanismelor interne responsabile de mișcare și metabolism. Prin urmare, aceste rezultate ne demonstrează necesitatea unor studii suplimentare pentru a identifica cauzele fundamentale a diminuării materialului seminal decongelat de taur și pentru a propune soluții de atenuare sau prevenire a acestora.

RECOMANDĂRI

Este important să se realizeze investigații suplimentare pentru a identifica factorii specifici care influențează fluctuațiile în mobilitatea spermatozoizilor și concentrația spermei. Cercetările în acest domeniu vor oferi informații valoroase pentru ajustarea tehnologiilor de conservare și a strategiilor de management.

Recomandările respective sunt actuale și necesare pentru îmbunătățirea calității spermei și pentru stabilizarea performanțelor reproductive ale taurilor pe termen lung. Implementarea lor va contribui la optimizarea procesului de reproducere și la creșterea eficienței în producția de material seminal de calitate.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. DARIE, G.; E. CIBOTARU; Iu. IURCU; A. PÎRLOG și D. ROTARI (2022). *Biotehnologii în reproducția taurinelor*. Maximovca: Print-Caro, 244 p. ISBN 978-9975-56-995-8. Disponibil: https://izmv.gov.md/sites/default/files/Biotehnologii_taurine-small.pdf
2. DARIE, G.; V. HAREA; E. CIBOTARU și I. DARIE. (2016). *Biotehnica în sămânțarilor artificiale*. Ghid practic. Maximovca, 2016. 155 p. ISBN 978-9975-56-309-3.
3. PĂCALĂ N.; N. CORIN; I. BENCSIK; D. DRONCA și V. CARABĂ (2004). *Biotehnologia în sămânțării artificiale la vacă*. Timișoara, 105 p. ISBN 973-631-101-5.
4. ZĂHAN, Marius. (2017). *Conservarea resurselor genetice în zootehnie*. Cluj-Napoca: Accent, 230 p. ISBN 978-606-561-171-9.
5. VINTILĂ, Ioan (2005). *Transferul de embrioni și biotehnologii asociate*. Timișoara, 221 p.
6. АНТОНЮК, В. С. (1988). *Биотехнические способы повышения эффективности оплодотворения сельскохозяйственных животных*. Минск: Ураджай, 197 с.

7. НАУК, В. А. (1991). *Структура и функция спермиев сельскохозяйственных животных при криооонскрвации*. Кишинев: Штиинца, 197 с. ISBN 5-376-00632-8.

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflict of interests.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

Paper history

Received 05.11.2024; Accepted 14.12.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

DOI: 10.55505/SA.2024.2.13
UDC: 619:578.832.1



VIRUSUL ÎNALT PATOGEN AL GRIPEI AVIARE ÎN EUROPA – TENDINȚE ȘI RISCURI DE RĂSPÂNDIRE GEOGRAFICĂ

Oxana GROZA*, ORCID: 0009-0008-6632-3538,
Nicolae STARCIUC, ORCID: 0000-0001-5176-8499

Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

*Correspondență: Oxana Groza – e-mail: oxana.groza@doctorat.utm.md

Abstract. Avian influenza, is a highly contagious viral disease which over the last decades has provoked increased interest in scientific research and veterinary surveillance. Avian influenza viruses that affect birds fall into two distinct categories: highly pathogenic avian influenza (HPAI) and low pathogenic avian influenza (LPAI) viruses. At present, only viruses of subtypes H5 and H7 have been shown to cause HPAI infections. In recent years, outbreaks of HPAI have occurred in poultry in Europe, caused by the H5N1 HPAI virus, which has spread to poultry and wildlife, encompassing Asia, Europe and Africa. The study presents an analysis of the epidemiology, ecology and evolution of the avian influenza virus in the context of poultry-wildlife interactions and conclusions based on the associated risk assessment in Europe.

Keywords: *Poultry; Avian influenzavirus; Subtypes; Epidemics; Disease outbreaks.*

Rezumat. Influența aviară este o boală virală, foarte contagioasă, care pe parcursul ultimilor decenii a condus la un interes sporit în domeniul de cercetare științifică și supraveghere sanitar-veterinară. Virusurile gripei aviare care afectează păsările se clasifică în două categorii distincte: virusurile influenței aviare înalt patogene (HPAI) și cele slab patogene (LPAI). S-a stabilit că, doar virusurile din subtipurile H5 și H7 produc infecții înalt patogene HPAI. În ultimii ani, în Europa la păsările de curte s-au înregistrat focare provocate de virusul H5N1, care s-a răspândit la păsările de curte și cele din fauna sălbatică, cuprinzând Asia, Europa și Africa. În studiul prezentat, se conține o analiză al aspectelor epidemiologice, ecologice și evoluția virusului gripei aviare, în contextul interacțiunii dintre păsările de curte și cele sălbatice, precum și concluzii bazate pe evaluarea riscurilor asociate în Europa.

Cuvinte-cheie: *Păsări de curte; Virus al gripei aviare; Subtipuri; Epidemie; Focar de boală.*

INTRODUCERE

Virusul gripei aviare are o structură complexă, care conține opt segmente de ARN, în care se codifică zece proteine supuse unui risc crescut de mutație, dependente la replicare de ARN polimeraza. Mutațiile pot apărea și prin recombinarea celulelor simultan infectate cu două combinații virale, care fiind plasate într-o nucleocapsidă în celula infectată, fac schimb de segmente de ARN, dând posibilitatea la formarea de noi viruși (Alexander, 2000). Virușii influenței aviare de tipul A se caracterizează prin antigenele nucleoproteice și proteina matrix, manifestând o patogenitate înaltă și având capacitatea de a infecta concomitent o gamă largă de gazde, inclusiv oameni și păsări (Swayne, et al. 2003). Subtipizarea virusului gripei aviare se realizează pe baza caracteristicilor

glicoproteinelor hemaglutinină (HA) și neuraminidază (NA), situate pe suprafața externă a învelișului viral. Până în prezent, au fost identificate 16 subtipuri de HA și 9 subtipuri de NA (Swayne et al., 2003; Fouchier et al., 2005).

Pentru prima dată, virusul gripal H5N1 a fost izolat în 1996 dintr-un efectiv de găște bolnave din provincia Guangdong din China, răspândindu-se ulterior în Asia, Europa și Africa (A/Goose/Guangdong/1/96) (Xu et al., 1999).

Primul caz de boală cu o rată ridicată de mortalitate la păsările sălbatice cauzat de subtipul H5 a fost raportat în 2005, pe lacul Qinghai din China (subtipul 2.2, Chen et al., 2005). Câteva luni mai târziu, noi focare au fost înregistrate la păsări sălbatice și domestice în Asia, Siberia, Orientul Mijlociu, Europa și Africa. În același an, primul focar cu virusul H5 în Europa a fost identificat, marcând începutul epidemiei pe continent.

În 2009, o nouă variantă HPAI H5 GsGd a provocat o mortalitate ridicată la păsările sălbatice de pe lacul Qinghai, fiind asociată cu subtipul 2.3.2, urmată de focare la păsările domestice și sălbatice în Asia, reprezentând predecesorii virusurilor HPAI H5, subtipul 2.3.2.1c, identificate în Europa de Est în perioada 2010-2015.

În 2014, o nouă variantă a subtipului H5 GsGd (subtipul 2.3.4.4) a provocat multiple focare la păsările sălbatice din Asia de Sud-Est, Siberia, Orientul Mijlociu, Europa, Africa și America de Nord (Cui et al., 2020).

Transmiterea virusurilor HPAI H5 GsGd de la păsările domestice la cele sălbatice, precum și răspândirea acestora în Asia, Orientul Mijlociu, Africa, Europa și America de Nord, au confirmat rolul păsărilor sălbatice în răspândirea geografică a acestor virusuri (Lycett et al., 2016; Pohlmann et al., 2016). Acest aspect a stat la baza inițierii și dezvoltării unor programe internaționale de monitorizare a virusului gripei aviare, având ca obiectiv detectarea precoce a noilor virusuri HPAI H5 în diferite regiuni geografice și identificarea rolului păsărilor sălbatice în transmiterea acestora.

MATERIALE ȘI METODE

Materialul și rezultatele prezentate în articol se bazează pe studiul și analiza publicațiilor diferiților autori la nivel mondial, axate pe cercetări epidemiologice, clinice și investigații de laborator realizate de cercetători din diverse țări europene, fundamentate pe date provenite din investigații virusologice, serologice și moleculare, utilizate pentru confirmarea diagnosticului de gripă aviară, precum și pe statistici privind incidența focarelor de boală la păsările domestice și sălbatice, atât la nivel global, cât și pe teritoriul Uniunii Europene.

Rezultatele selectate din literatura științifică au fost sistematizate evolutiv, în funcție de răspândirea serotipurilor înalt patogene ale virusului gripei aviare, de la primele focare înregistrate până în anul 2024.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Începând cu anul 2013, virusurile HPAI H5 din subtipul 2.3.4.4, care includ diverse subtipuri de neuraminidază (H5N1, H5N6, H5N8 etc.), au fost depistate în Asia de Sud-Est. În noiembrie 2014, virusul HPAI H5N8, aparținând subtipului 2.3.4.4a, a fost identificat atât la păsările sălbatice, cât și la cele domestice din Europa. Primele cazuri au fost raportate la o fermă de curcani din nord-estul Germaniei (Harder et al., 2015), la fermele de păsări din Olanda (Bouwstra et al., 2015) și Marea Britanie (Seekings et al., 2015). Virusuri cu o structură antigenică similară au fost identificate și la rațe sălbatice aparent sănătoase, precum (*Anas crecca*) în Germania (Harder et al., 2015) și (*Mareca penelope*) în Olanda (Verhagen et al., 2015).

Ulterior, virusul din subtipul 2.3.4.4a a fost izolat la o fermă de curcani din Italia în decembrie 2014, la rațele domestice din Ungaria în februarie 2015 (WOAH, 2024) și la lebede mute în Suedia în perioada februarie - martie 2015 (Globig et al., 2016). Începând cu luna martie 2015, s-a înregistrat o reducere semnificativă a incidenței virusurilor din acest subtip pe continentul european.

La sfârșitul lunii octombrie 2016, virusurile HPAI H5 din subtipul 2.3.4.4b au fost identificate la păsările domestice din Ungaria, iar ulterior și la rațele cu creastă (*Aythya fuligula*) în Germania, precum și în alte țări, fiind confirmate în total în cel puțin 31 de țări europene (WOAH, 2024).

După identificarea virusului H5N8 din subtipul 2.3.4.4b în perioada 2016-2017, s-a constatat un fenomen extensiv de recombinație cu virusurile LPAI la păsările domestice și sălbatice, ceea ce a condus la apariția virusurilor HPAI H5N5 în mai multe țări europene (WOAH, 2024).

Începând cu luna decembrie 2017, virusul HPAI subtipul 2.3.4.4b H5N6 a fost identificat în Europa, la o fermă de rațe din Olanda și la păsările sălbatice, inclusiv la lebedă (Beerens et al., 2018) și lopătarul comun (*Aythya ferina*) în Germania (King et al., 2020). Focarele inițiale, situate în nord-vestul Europei, s-au extins ulterior în cel puțin 11 țări europene. Rezultatele privind răspândirea focarelor de gripă aviară în țările europene sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Incidența focarelor de gripă aviară cu patogenitate înaltă H5 GsGd în perioada anilor 2005–2021

Varianta	2.2						2.3.2.1				2.3.4.4									
Subtipul	2.2.1		2.2.2		2.2		2.3.2.1c		2.3.2.1c		2.3.4.4a		2.3.4.4b		2.3.4.4b		2.3.4.4b		2.3.4.4b	
Perioada	2005-2006		2005-2006		2006-2009		2010		2015		2014-2015		2016-2019		2017-2019		2019-2020		2020-2021	
Tipurile identificate	H5N1		H5N1		H5N1		H5N1		H5N1		H5N8		H5N5 H5N6 H5N8		H5N6		H5N8		H5N1 H5N3 H5N4 H5N5 H5N8	
Tipul gazdei	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
Țară																				
Albania																				
Andorra																				
Armenia																				
Austria																				
Azerbaijan																				
Belarus																				
Belgia																				
Bosnia																				
Herțegovina																				
Bulgaria																				
Croația																				
Cipru																				
Cehia																				
Danemarca																				
Estonia																				
Finlanda																				
Franta																				
Georgia																				
Germania																				
Grecia																				
Ungaria																				
Islanda																				
Irlanda																				

axat pe speciile gazdă ale virusului HPAI H5 sau pe grupurile de specii receptive la virusul gripal (rață fluierătoare, rață moțată, alte palmipede, pescăruși) a relevat că, în perioadele cu densitate crescută a stârchilor cenușii sau altor palmipede în jurul fermelor de păsări infectate cu virusul HPAI H5 din Olanda (de exemplu, noiembrie-februarie), a coincis cu apariția virusului HPAI H5N8 la păsări, în mod preponderent în sezonul rece al anului 2016 (Velkers et al., 2016; Venkatesh et al., 2020).

În fermele comerciale, introducerea virusului prin material contaminat de la păsările sălbatice, echipamente și utilaje comune, precum și lipsa filtrelor sanitare, a fost cea mai probabilă cauză a apariției virusului HPAI H5N8 în Germania în 2014 (Ssematimba et al., 2013, Hauck et al., 2017). De asemenea, s-a demonstrat că sursa de apă subterană joacă un rol important în transmiterea virusului gripei aviare între păsările de curte și cele sălbatice, aspect confirmat în timpul apariției unor noi focare de boală cu virusul HPAI H5 în vestul SUA (Borchardt et al. 2017).

În Federația Rusă, eliminarea cadavrelor de păsări contaminate în mediul înconjurător a dus la infectarea cu virusul HPAI H5 atât a păsărilor sălbatice, cât și a celor din fermele avicole (Volkov et al. 2018).

Unele specii de păsări, precum vrabia de casă, graurul eurasiatic și alte specii sălbatice, au fost menționate ca vectori naturali ai virusului gripei aviare (Elbers et al., 2020). Prezența rozătoarelor în apropierea fermelor de păsări ar putea contribui la transmiterea virusurilor HPAI la păsări, iar răspândirea prin aer sau vânt ar putea influența dispersia virusurilor HPAI H5 pe distanțe scurte (Guinat, C. et al. 2018).

Supravegherea activă și reducerea consecințelor infecției cu virusul gripei aviare

În Europa, efectivele de păsări de curte sunt monitorizate constant pentru detectarea anticorpilor specifici sau a virusului gripei aviare (European Commission, 2024). În plus, utilizarea ouălor în diagnosticul gripei aviare, în locul serului, s-a dovedit a fi o alternativă eficientă și mai ușor de aplicat pentru detectarea timpurie a anticorpilor specifici LPAI, comparativ cu metodele tradiționale bazate pe ser (Gonzales et al., 2021). Totuși, pentru identificarea timpurie a noilor virusuri HPAI H5, supravegherea pasivă trebuie completată cu supravegherea activă.

În prezent, la nivel global, sunt dezvoltate și recomandate diverse măsuri pentru reducerea riscului de introducere a virusurilor înalt patogene ale gripei aviare în fermele avicole (Shriner et al., 2016). Aceste măsuri se bazează parțial pe dovezi care atestă eficiența strategiilor de biosecuritate implementate. Măsurile bazate pe date concrete includ reducerea procentuală a riscului, un factor care poate influența motivația fermierilor de a le adopta (Delpont et al., 2021).

Fiecare regiune a lumii are caracteristici de producție distincte, ceea ce impune necesitatea unor strategii specifice de reducere a riscului, adaptate la particularitățile locale, dar în același timp, este recomandat, ca noile ferme de păsări să nu fie amplasate în apropierea altor ferme sau în apropierea habitatelor păsărilor acvatice sălbatice. Fermele de păsări deja existente ar trebui să exploreze modalități de a face mediul din jurul fermei mai puțin atractiv pentru păsările acvatice (Bestman et al., 2017).

Biosecuritatea efectivelor de păsări domestice ar trebui să fie integrată cu supravegherea activă a păsărilor sălbatice, având ca scop detectarea virusului la speciile-țintă, în situri prioritare de-a lungul căilor de migrație, până la perioada lor de reproducere inițială.

Programele de monitorizare a păsărilor sălbatice și domestice trebuie să includă identificarea speciilor-gazdă de păsări sălbatice și integrarea aspectelor legate de ecologia aviară, pentru a îmbunătăți detectarea timpurie și supravegherea noilor virusuri HPAI H5. Aceste programe de monitorizare pe termen lung servesc pentru a înțelege

mai bine ecologia și dinamica prevalenței și diversității virusurilor, contribuind astfel la anticiparea incursiunilor virale în timp și spațiu. De asemenea, ele pot fi extinse pentru a include alți patogeni emergenți asociați cu păsările sălbatice.

Atâta timp cât practicile agricole actuale rămân neschimbate, există probabilitate să apară noi virusuri, precum HPAI H5, care s-ar putea răspândi rapid, reprezentând un risc pentru sănătatea animalelor și a oamenilor la nivel global. În cele din urmă, cel mai eficient mod de a aborda provocarea globală One Health în contextul gripei aviare este gestionarea riguroasă a bolilor aviare și sprijinirea unei producții alimentare sigure și sustenabile, ceea ce ar reduce atât amenințarea pentru fauna sălbatică, cât și riscul zoonotic pentru oameni pe termen lung.

Înțelegerea ecologiei și evoluției gripei aviare la păsările sălbatice este un element fundamental al unui viitor cadru global pentru abordarea One Health, care ar trebui să integreze măsuri bazate pe dovezi științifice în domeniile securității alimentare, sănătății animale și dezvoltării socio-economice, contribuind astfel la prevenirea și controlul bolilor infecțioase emergente.

CONCLUZII

1. Incursiunile repetate ale virusului HPAI H5 GsGd în Europa, în perioada 2005-2021, evidențiază diversitatea genetică semnificativă a acestuia, demonstrând un potențial ridicat de a provoca boli severe atât în efectivele de păsări domestice, cât și în cele sălbatice. Dezvoltarea intensivă a industriei avicole la nivel global, alături de circulația continuă a virusurilor HPAI H5 la păsările migratoare, constituie un risc constant pentru apariția unor noi combinații înalt patogene ale virusului gripal.
2. Pentru detectarea rapidă a noilor tulpini de virus gripal înalt patogene H5 pe teritoriul statelor europene, sistemul actual de supraveghere pe termen lung include atât supravegherea pasivă, cât și cea activă a populațiilor de păsări domestice și sălbatice. Această măsură reprezintă principalul instrument de detectare a virusului la speciile-țintă, începând cu căile de migrație a păsărilor sălbatice și continuând până la perioada lor inițială de reproducere.
3. Pentru o monitorizare mai eficientă a virusurilor gripale înalt patogene H5, programele de supraveghere a păsărilor sălbatice și domestice trebuie să includă identificarea speciilor-gazdă din rândul păsărilor sălbatice, facilitând astfel detectarea timpurie și monitorizarea noilor combinații antigenice ale virusului gripal. De asemenea, aceste programe trebuie să contribuie la o înțelegere mai profundă a prevalenței virusurilor gripale în timp și spațiu, inclusiv prin îmbunătățirea strategiilor de supraveghere a diferitelor combinații virale.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. ALEXANDER, D. J. (2000). A review of avian influenza in different bird species. *Veterinary Microbiology*, vol. 74 (1/2), pp. 3-13. ISSN 1873-2542. DOI 10.1016/s0378-1135(00)00160-7.
2. BEERENS, N.; G. KOCH; R. HEUTINK; F. HARDERS; D. E. VRIES et al. (2018). Novel Highly Pathogenic Avian Influenza A(H5N6) Virus in the Netherlands, December 2017. *Emerging infectious diseases*, vol. 24, pp.770-773. ISSN 1080-6059. DOI 10.3201/eid2404.172124.
3. BESTMAN, M.; W. de JONG; J.-P. WAGENAAR & T. WEERTS. (2017). Presence of avian influenza risk birds in and around poultry free-range areas in relation to range vegetation and openness of surrounding landscape. *Agroforestry System*, vol. 92 (2). DOI 10.1007/s10457-017-0117-2.
4. BORCHARDT, M. A.; S. K. SPENCER; L. E. HUBBARD; A. D. FIRNSTAHL; J. P. STOKDYK et al. (2017). Avian influenza virus RNA in groundwater wells supplying poultry farms affected by the 2015 influenza outbreak. *Environmental Science & Technology Letters*, vol. 4 (7), pp. 268-272. Disponibil: <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.7b00128>

5. CHEN, H.; G. J. SMITH; S. Y. ZHANG; K. QIN; J. WANG et al. (2005). Avian flu: H5N1 virus outbreak in migratory waterfowl. *Nature*, vol. 436, pp. 191-192. ISSN 1476-4687. DOI 10.1038/nature03974.
6. CUI, Y.; Y. LI; M. LI; L. ZHAO; D. WANG et al. (2020). Evolution and extensive reassortment of H5 influenza viruses isolated from wild birds in China over the past decade. *Emerging microbes and infections*, vol. 9, pp. 1793-1803. ISSN 2222-1751. DOI 10.1080/22221751.2020.1797542.
7. DELANY, S.; J. VEEN & J. CLARK (eds.). (2006). *Urgent Preliminary Assessment of Ornithological Data Relevant to the Spread of Avian Influenza in Europe*. Report to the European Commission, May 2006. EU-DG Environment, Brussels. 346 p.
8. DELPONT, M.; M. RACICOT; A. DURIVAGE; L. FORNILI; J.-L. GUERIN et al. (2021). Determinants of biosecurity practices in French duck farms after a H5N8 Highly Pathogenic Avian Influenza epidemic: The effect of farmer knowledge, attitudes and personality traits. *Transboundary and emerging diseases*, vol. 68(1), pp. 51-61. DOI 10.1111/tbed.13462.
9. ELBERS, A. R. W. & J. L. GONZALES (2020). Quantification of visits of wild fauna to a commercial free-range layer farm in the Netherlands located in an avian influenza hot-spot area assessed by video-camera monitoring. *Transboundary and emerging diseases*, vol. 67, pp. 661-677. DOI 10.1111/tbed.13382.
10. FOUCHIER, R. A. M.; V. MUNSTER; A. WALLENSTEN; T. M. BESTEBROER; S. HERFST et al. (2005). Characterization of a novel influenza A virus hemagglutinin subtype (H16) obtained from black-headed gulls. *Journal of Virology*, vol. 79 (5), pp. 2814-2822. DOI 10.1128/JVI.79.5.2814-2822.2005.
11. GLOBIG, A.; E. STARICK; T. HOMEIER; A. POHLMANN; C. GRUND et al. (2016). Epidemiological and Molecular Analysis of an Outbreak of Highly Pathogenic Avian Influenza H5N8 clade 2.3.4.4 in a German Zoo: Effective Disease Control with Minimal Culling. *Transboundary and emerging diseases*, vol. 64, pp. 1813-1824. Disponibil: <https://doi.org/10.1111/tbed.12570>
12. GONZALES, J. L.; S. PRITZ-VERSCHUREN; R. BOUWSTRA; J. WIEGEL; A. R. W. ELBERS (2021). Seasonal risk of low pathogenic avian influenza virus introductions into free-range layer farms in the Netherlands. *Transboundary and emerging diseases*, vol. 68(1), pp. 127-136. DOI 10.1111/tbed.13649.
13. GUAN, Y.; J. S. M. PEIRIS; A. S. LIPATOV; T. M. ELLIS; K. C. DYRTING et al. (2002). Emergence of multiple genotypes of H5N1 avian influenza viruses in Hong Kong SAR. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 99(13), pp. 8950-8955. DOI 10.1073/pnas.132268999.
14. GUINAT, C.; N. ROUCHY; F. CAMY; J. L. GUÉRIN & M. PAUL (2018). Exploring the Wind-Borne Spread of Highly Pathogenic Avian Influenza H5N8 During the 2016-2017 Epizootic in France. *Avian diseases*, vol. 63 (sp.1), pp. 246-248. DOI 10.1637/11881-042718-ResNote.1.
15. SEEKINGS, A. H.; J. BANKS; D. A. MARSTON; R. J. ELLIS; S. M. BROOKES et al. (2015). Genetic Characterization of Highly Pathogenic Avian Influenza (H5N8) Virus from Domestic Ducks, England, November 2014. *Emerging infectious diseases*, vol. 21, pp. 879-882. DOI 10.3201/eid2105.141954.
16. HARDER, T.; S. MAURER-STROH; A. POHLMANN; E. STARICK; D. HÖRETH-BÖNTGEN et al. (2015). Influenza A(H5N8) Virus Similar to Strain in Korea Causing Highly Pathogenic Avian Influenza in Germany. *Emerging infectious diseases*, vol. 21(5), pp. 860-863. DOI 10.3201/eid2105.141897.
17. KING, J.; C. SCHULZE; A. ENGELHARDT; A. HLINAK; S.-L. LENNEMANN et al. (2020). Novel HPAIV H5N8 Reassortant (Clade 2.3.4.4b) Detected in Germany. *Viruses*, vol. 12 (3), p. 281. DOI 10.3390/v12030281.
18. LYCETT, S.; R. BODEWES; A. POHLMANN; J. BANK; K. BANYAI et al. (2016). Role for migratory wild birds in the global spread of avian influenza H5N8. *Science* 2016, vol. 354 (6309), pp. 213-217. DOI 10.1126/science.aaf8852.
19. SSEMATIMBA, A.; T. HAGENAARS; J. DE WIT; F. RUITERKAMP; T. FABRI et al. (2013). Avian influenza transmission risks: Analysis of biosecurity measures and contact structure in Dutch poultry farming. *Preventive veterinary medicine*, vol. 109, pp. 106-115. DOI 10.1016/j.prevetmed.2012.09.001.
20. VENKATESH, D.; A. BROUWER; G. GOUGOULOVA; R. ELLIS; J. SEEKINGS et al. (2020). Regional Transmission and Reassortment of 2.3.4.4b Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) Viruses in Bulgarian Poultry 2017/18. *Viruses*, vol. 12, no. 6, p. 605. DOI 10.3390/v12060605.
21. VERHAGEN, J.; H. VAN DER JEUGD; B. A. NOLET; R. SLATERUS; S. KHARITONOV et al. (2015). Wild bird surveillance around outbreaks of highly pathogenic avian influenza A(H5N8) virus in the Netherlands, 2014, within the context of global flyways. *Euro surveillance*, vol. 20, no. 13. DOI 10.2807/1560-7917.es2015.20.12.21069. PMID: 25846491.
22. VOLKOV, M. S.; V. N. IRZA & A. V. VARKENTIN (2018). History of highly pathogenic avian influenza eradication in Russian federation in 2016–2017. *Veterinary Science Today*, vol. 1, pp. 3-10. Disponibil: <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2018-1-24-3-7>

23. WALDENSTRÖM, J.; T. KUIKEN & M. WILLE (2017). Narrative Overview on Wild Bird Migration in the Context of Highly Pathogenic Avian Influenza Incursion into the European Union. *EFSA Supporting Publications*, vol. 14 (10). Disponibil: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/sp.efsa.2017.EN-1283>

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflict of interests.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

Paper history

Received 15.10.2024; Accepted 22.11.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).