

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Cu titlul de manuscris
C.Z.U: 631.539.3

DARADUDA NICOLAE

**VALORIFICAREA BIOMASEI CULTURILOR ENERGETICE
PENTRU PRODUCEREA BIOCOMBUSTIBILILOR SOLIZI
DENSIFICAȚI**

**Specialitatea științifică: 255.02. Tehnologii și mijloace tehnice pentru
industria produselor agricole**

Rezumatul tezei de doctor în științe inginerești

CHIȘINĂU 2024

Teza a fost elaborată în cadrul Laboratorului Științific de Biocombustibili Solizi, Universitatea Tehnică a Moldovei, și în cadrul proiectelor științifice:

- Proiect transfrontalier 2SOFT 1.2.44. Îmbunătățirea calității biocombustibililor solizi produși din materii prime colectate de pe ambele maluri ale Râului Prut;
- Proiect de Stat 20.80009.5107.02 nr. 42.2-PS. Mobilizarea resurselor genetice vegetale, ameliorarea soiurilor de plante, valorificarea lor ca culturi furajere, melifere și energetice în circuitul bioeconomic;
- Proiect de Stat 20.80009.5107.13 nr. 52 PS. Elaborarea tehnologiei de producere a cătinii albe în sistem ecologic și a prelucrării fructelor și biomasei.

Conducător științific:

MARIAN Grigore, profesor universitar, doctor habilitat

Consultant științific:

ȚÎȚEI Victor, conf. cercet., dr.

Referenți oficiali:

ȚENU Ioan, acad., prof. univ. dr. ing. USV, Iași (România)

ROȘCA Radu, prof. univ. dr. ing. USV, Iași (România)

Consiliului Științific Specializat a fost aprobat de către Consiliul de Conducere al ANACEC prin decizia nr. 2 din 19 decembrie 2023, în următoarea componență:

DULGHERU Valeriu, prof. univ., dr. hab. UTM, președinte CȘS

NAZAR Boris, conf. univ., dr. UTM, secretar științific CȘS

MUNTEANU Corneliu, acad., prof. univ. dr. ing. TUIASI (România), membru CȘS

CEREMPEI Valerian, conf. univ. dr. hab. UTM, membru CȘS

POPA Sergiu, conf. univ., dr. UTM, membru CȘS

GUDÎMA Andrei, conf. univ., dr. UTM, membru CȘS

PASAT Igor, dr., director adjunct, ITA „Mecagro”, membru CȘS

Sușinerea va avea loc la 23.03.2024, ora 11.00, în ședința **Consiliului Științific Specializat D 255.02-23-129** din cadrul Universității Tehnice a Moldovei, MD-2049, Republica Moldova, Chișinău, str. Mircești 56, Laboratorul de Mașini și Utilaje Horticole, sala IA-04.

Teza de doctorat și rezumatul pot fi consultate la biblioteca Universității Tehnice a Moldovei și pe pagina web a ANACEC (www.anacec.md; <http://www.cnaa.md>)

Rezumatul a fost expediat la 19.02.2024

Secretar științific al Consiliului Științific Specializat ad-hoc

NAZAR Boris, conf. univ., dr. UTM,

semnătura _____

Conducător științific:

MARIAN Grigore, prof. univ., dr. hab.

semnătura _____

Consultant științific:

ȚÎȚEI Victor, conf. cercet., dr.

semnătura _____

Autor:

DARADUDA Nicolae

semnătura _____

© **DARADUDA Nicolae, 2024**

CUPRINS

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII	4
CONȚINUTUL TEZEI	8
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	23
RECOMANDĂRI ȘI PERSPECTIVE	25
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	26
LISTA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE LA TEMA TEZEI	29
ADNOTARE	32
ABSTRACT	33
АННОТАЦИЯ	34

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea și importanța temei abordate. Utilizarea biocombustibililor solizi densificați (BCSD) în calitate de combustibil pentru uz rezidențial și industrial este tot mai răspândită pe plan mondial și în Republica Moldova datorită avantajelor pe care le posedă. Biomasa și biocombustibilii solizi constituie una dintre alternativele importante la combustibilii fosili.

De mai mult timp, politicile europene contribuie la creșterea producției energiei regenerabile din biomasă. Drept rezultat ale acestor politici este generarea a unui șir de prevederi legislative ale UE și, implicit, ale Republicii Moldova privind promovarea SRE și protecția mediului. Astfel, în cartea albă privind sursele regenerabile, UE și-a punctat ca până în 2010 cel puțin 12 % din consumul de energie să provină din surse regenerabile, în 2009 s-a stabilit obiectivul 20-20 care prevedea ca, până în anul 2020, consumul de energie al UE provenite din SRE să constituie cel puțin 20% [1]. În anul 2018, s-a stabilit pentru următorii zece ani un obiectiv și mai ambițios, care prevede ca, până în anul 2030, 32% din consumul de energie al UE să provină din surse regenerabile [2].

Mai mulți autori [3–9] aduc argumente concrete despre faptul că folosirea biomasei vegetale este o cale suplimentară și sigură pentru atingerea obiectivelor țintă privind dezvoltarea SRE și privind protecția mediului stabilite prin Strategia Energetică a Republicii Moldova până în anul 2030 [10], prin conceptul Strategiei Energetice a Republicii Moldova [11] precum și Strategia de dezvoltare cu emisiile reduse a Republicii Moldova până în anul 2030 [12] (Anexa nr.1 la HG nr. 1470 din 30.12.2016) și Strategia de mediu pentru anii 2014-2023 aprobată prin HG nr. 301 din 24.04.2014 [13].

În același rând, mai multe studii realizate cu privire la folosirea biomasei vegetale ca element de bază pentru fabricarea BCSD în Republica Moldova au demonstrat că, în ciuda faptului că există o cantitate enormă de biomasă adecvată de a fi folosită ca material de bază pentru producerea BCSD, doar o parte din aceasta poate fi folosită direct pentru a produce peleți și brichete certificate conform normelor ENplus [8,14,15].

O alternativă pentru asigurarea industriei de producere a BCSD cu materie primă este biomasa generată de diferite culturi energetice. Această biomasă prezintă caracteristici distincte față de biomasa tradițională, utilizată în procesul de fabricație a BCSD din reziduuri agrosilvice. Diferențele sunt evidențiate de compoziția chimică specifică a biomasei și de variația sa eterogenă în ceea ce privește capacitatea de compactare [16–20]. Aceste particularități fac dificilă standardizarea și modelarea BCSD din anumite culturi energetice.

Pentru a aduce clarificări în această situație a fost elaborată și implementată seria de standarde ISO 17225, acceptate și în Republica Moldova cu numărul de identificare SM EN ISO 17225 1-9 2021, iar în baza acestor standarde a fost creat sistemul de certificare a calității la nivelul

Uniunii Europene – *ENplus*. Acest sistem presupune garantarea aprovizionării beneficiarilor cu BCSD cu o calitate clar definită. Inițial, certificarea *ENplus* se referea la peleții de lemn, însă, apoi, în mai multe țări, a fost extins și pentru certificarea altor tipuri de biocombustibili în sensul corespunderii cerințelor standardului SM EN ISO 17225:2021.

Parametrii calitativi precizați de către *ENplus* prezintă o țintă spre care trebuie să tindă producătorii de BCSD, dar și cercetătorii din domeniu, atunci când abordează subiecte ce țin de calitatea BCSD. Dacă aspectele privind respectarea standardelor *ENplus* în ceea ce privește calitatea biomasei vegetale și a produselor finale produse din resturi agrosilvice, sunt tratate în mod exhaustiv în literatura științifică [21–26], atunci discuțiile referitoare la utilizarea eficientă a biomasei provenite din culturile energetice sunt mai modeste în acest context. Această situație devine și mai evidentă atunci când se abordează subiectul utilizării eficiente a biomasei autohtone.

Având în vedere informația prezentată anterior se poate afirma că subiectul prezentat în această lucrare corespunde preocupărilor internaționale și naționale referitoare la eficientizarea surselor de energie din biomasă, este actual și este motivat pentru o analiză mai aprofundată. Argumentarea studiului este justificată de semnificația pe care o are eficientizarea folosirii biomasei generate de culturile energetice la producerea BCSD cu caracteristici confirmate standardelor *ENplus* pentru progresul dezvoltării SRE în Republica Moldova.

Lucrarea propune o abordare comprehensivă a problematicii studiului, demers pornit de la evaluarea detaliată a aspectelor legate de calitatea biomasei și a produsului finit în formă de brichete și peleți. Se intenționează să se înțeleagă fezabilitatea folosirii biomasei generate de culturile energetice în producția de BCSD cu certificare *ENplus*, fie ca materie primă individuală, fie în amestecuri, folosind și alte tipuri de biomasă prezente în Republica Moldova.

Teza de doctorat, se înscrie în Prioritatea strategică V „*Competitivitate economică și tehnologii inovative*” din **Domeniile cercetării și inovării din Republica Moldova**, direcția strategică „Materiale, tehnologii și produse inovative” [27].

Scopul prezentei lucrări este valorificarea biomasei generate de culturile energetice pentru producerea BCSD în toate aspectele prevăzute de sistemul de certificare *ENplus*.

Obiectivele lucrării. În vederea realizării scopului stabilit au fost formulate următoarele obiective:

1. Evaluarea situației actuale cu privire la producerea BCSD din culturi energetice;
2. Identificarea factorilor care determină calitatea BCSD și evaluarea contribuției lor în procesul de certificare *ENplus*;
3. Dezvoltarea metodologiei de cercetare și amenajarea laboratorului necesar pentru realizarea obiectivelor propuse;
4. Evaluarea resurselor durabile de biomasă generată de culturile energetice, prin prisma

utilizării lor în producția BCSD conform normelor EN*plus*;

5. Extinderea bazei de cunoștințe cu privire la căile de îmbunătățire a calității BCSD în conformitate cu obiectivele politicilor naționale și internaționale cu privire la dezvoltarea SRE;

6. Diseminarea rezultatelor obținute în teza de doctorat prin publicarea de lucrări științifice, participarea la diferite manifestări științifice cu tematica tezei de doctorat;

7. Implementarea și adoptarea celor mai bune decizii în utilizarea biomasei generate de culturile energetice la producerea BCSD cu caracteristici conforme EN*plus*, furnizarea de soluții și răspunsuri pentru producătorii de BCSD în vederea unei utilizări eficiente a biomasei generate de culturile energetice.

Obiectul cercetărilor este biomasa provenită din culturi energetice și BCSD din această biomasă. Cercetările se concentrează pe aspectul concordării calității BCSD din culturile energetice în comparație cu cerințele standardelor în vigoare și evidențierea măsurilor de îmbunătățire a calității produselor finite.

Subiectul cercetărilor include evaluarea cantitativă și calitativă a obiectului cercetărilor din perspectiva valorificării acestuia pentru producerea de BCSD certificați EN*plus*.

Ipoteza de cercetare înaintată este concentrată pe studiul obiectului de cercetare axată pe fezabilitatea utilizării biomasei generate de culturile energetice omologate în Republica Moldova pentru producerea BCSD cu caracteristici care îndeplinesc cerințele EN*plus*.

Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese. Structura investigațiilor este rezultatul unui studiu detaliat efectuat în Laboratorul Științific de Biocombustibili Solizi, UTM, în Laboratorul de Microscopie Electronică, Facultatea de Mecanică și în Departamentul de Polimeri Naturali și Sintetici din cadrul Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului „Cristofor Simionescu” Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi”.

Cercetările experimentale s-au efectuat cu utilizarea metodelor standard acceptate și folosite în cadrul LȘBCS. Toate metodele de cercetare și echipamentul folosit au fost validate conform normelor stabilite de către legislația Republicii Moldova și cerințele standardului [28].

Valoarea calorifică superioară s-a estimat folosind calorimetrul izoperibolic IKA C6000 evaluată pentru mediu cu volum constant, conform cerințelor standardului [29].

Conținutul de umiditate s-a determinat conform cerințelor standardului [29], iar conținutul de cenușă a fost determinat prin calcinarea treptată a probelor într-un cuptor electric tip LAC LH 05/13 la 550°C pe parcursul minimum a 6 ore conform prevederilor standardului [30]. Conținutul de substanțe volatile a fost dedus prin incinerarea a $(1 \pm 0,1)$ g dintr-o probă analitică cu particule de maxim 1 mm, pregătită conform cerințelor din standardul [31].

Repetabilitatea experiențelor a fost din 5 replici, iar pentru media acestora a fost determinată abaterea standard și domeniul de încredere.

Morfologia suprafeței lemnului a fost investigată prin microscopie electronică cu scanare în Laboratorul de Microscopie Electronică a UT Gh. Asachi Iași, iar analiza chimică (conținutul de C, H, N, S, Cl) la analizorul Elemental Vario Macro Cube din dotarea LȘBCS și în laboratoarele Departamentului „Polimeri Naturali și Sintetici” din cadrul Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului „Cristofor Simionescu (conținutul de extractive, lignină, celuloză și hemiceluloză).

Noutatea științifică presupune următoarele:

- examinarea stadiului curent referitor la obținerea BCSD din biomasa generată de culturile energetice și din amestecuri în vederea certificării EN*plus* a produsului finit;
- elaborarea și utilizarea unei instalații de laborator originală (Brevet MD 1734 Y 10.01.2023) care a permis studierea mecanismului de densificare a BCSD funcție de regimurile tehnologice și starea materiei prime;
- identificarea specificului cantitativ și calitativ al biomasei generate de diferite culturi energetice specifice condițiilor Republicii Moldova adecvate pentru a fi folosite ca materie primă în procesul de producție BCSD cu caracteristici care permit certificarea EN*plus*;
- obținerea de informații noi cu privire la îmbunătățirea calității BCSD din biomasă derivată din culturile energetice în concordanță cu direcțiile de dezvoltare a SRE;
- elaborarea recomandărilor referitoare la definirea compoziției pentru amestecuri de materii prime locale pe bază de biomasă de culturi energetice pentru producerea BCSD certificați EN*plus*.

Teza de doctorat este compusă din introducere, 4 capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 235 titluri, 5 anexe, 104 pagini (până la bibliografie), 24 figuri, 22 tabele.

Diseminarea rezultatelor obținute în teza de doctorat s-a realizat în 22 lucrări științifice (2 - publicații indexate în SCOPUS, 4 - baze de date internaționale, 1 capitol în monografie; 13 - comunicări la conferințe științifice internaționale sau cu participare internațională, 3 - articole în reviste din RM, un brevet de invenție.

Aprobarea rezultatelor teoretice și aplicative au fost prezentate și aprobate la ședințele comune ale departamentului „Inginerie Agrară și Transport Auto” și LȘBCS, 2019, 2020, 2021, 2022; Workshop dedicated to marking Europe Day in the Republic of Moldova, 2021, Chișinău; Theoretical-practical seminar: The use of lignocellulose biomass for the production of densified solid fuels, 2021, Chișinău; conferințele internaționale „Agriculture for Life, Life for Agriculture”, 2021, București; „Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін: присвячується 30-річчю Незалежності України”, 2021, Kiev; „Стратегия интеграции аграрного образования, науки, производства: глобальные вызовы продовольственной безопасности и изменения климата”, 2021, Nikolaev, Ucraina; „The closing conference of the Improving the quality of solid biofuels produced from raw material collected from both sides of

Prut river project, 2SOFT/1.2/44 4-5 November 2022”; Simpozionul Științific Internațional “Tendințe moderne în învățământul superior agricol”, 05 – 06 Octombrie 2023. ș.a.

Implementarea rezultatelor științifice: Rezultatele obținute sunt implementate la SRL ESSENTIALIS, Chișinău.

CONȚINUTUL TEZEI

Introducerea cuprinde actualitatea și importanța temei abordate, scopul și obiectivele lucrării, obiectul cercetărilor, subiectul cercetărilor, ipoteza de cercetare, sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese, noutatea științifică, aprobarea rezultatelor, implementarea rezultatelor științifice și sumarul compartimentelor tezei.

Capitolul I „Evaluarea stării curente în fabricarea biocombustibililor solizi densificați obținuți din culturi energetice”, prezintă o analiză detaliată referitoare la stadiul actual al situației cu privire la producerea BCSD din biomasă provenită din culturi energetice.

Primul subcapitol este dedicat analizei situației curente cu privire la folosirea biomasei indigene la producerea BCSD, însoțită de o evaluare cantitativă și calitativă a surselor de biomasă potrivite pentru a fi folosite ca elemente componente de ranforsare la formarea de amestecuri de materie primă pe baza culturilor energetice.

Investigațiile realizate în acest subcapitol prezintă noutate prin faptul că abordează subiecte ce țin de estimarea specificului principalelor tipuri de biomasă indigenă potrivită pentru a fi folosită la fabricarea BCSD cu caracteristici conforme cu normele specificate EN*plus* și sunt parte componentă pentru realizarea scopului înaintat în teza de doctorat.

Al doilea subcapitol abordează probleme ce țin de studiul datelor existente în literatura științifică referitoare la plantele energetice ca sursă de materie primă folosită la producerea BCSD cu sublinierea importanței originii și speciei pentru asigurarea calității produsului finit. S-a pus accent pe datele referitoare la plantele energetice cu perspectivă de a fi cultivate în Republica Moldova și de a fi utilizate în diferite scopuri. S-a scos în evidență productivitatea acestor plante și cantitatea lor cu perspectivă de a fi folosite la producerea BCSD. În același timp, s-a dat și o clasificare a speciilor de plante energetice din perspectiva utilizării acestora.

Subcapitolul 3 se referă la subiectele ce țin de definirea BCSD din perspectiva certificării EN*plus*. Se analizează factorii de influență cu pondere semnificativă asupra calității produsului finit și importanței pentru atingerea scopului propus în această lucrare. Au fost identificate metodele eficiente de optimizare a calității BCSD produși din biomasă indigenă provenită din culturi energetice și din amestecuri cu diferite proporții ale componentelor.

Subcapitolul 4 intitulat „Sinteză, scopul și sugestii pentru direcții de cercetare” este adresat înaintării ipotezei de lucru, formulării scopului tezei de doctorat. În vederea confirmării ipotezei

proapse, și realizării scopului înaintat s-au organizat metodele prin care să se atingă obiectivele prestabilite. Acestea includ analiza componentelor care au un impact asupra calității BCSD din biomasa de culturi energetice și estimarea contribuției acestora în procesul de certificare ENplus; dezvoltarea metodicii de cercetare și organizarea laboratorului necesar pentru realizarea obiectivelor propuse; justificarea folosirii resurselor durabile de biomasa derivată din diferite culturi energetice, prin prisma utilizării lor în producția BCSD, conform normelor ENplus; Obținerea de informații noi cu privire la îmbunătățirea calității BCSD în conformitate cu obiectivele de promovare a SRE. Prin examinarea detaliată, realizată în acest segment, s-au formulat concluzii și s-au delimitat direcțiile pentru aprofundarea cercetărilor.

Toate subiectele analizate în acest capitol au fost direcționate spre realizarea scopului propus în teza de doctorat și corelate cu obiectivele structurate pentru confirmarea ipotezei de lucru.

Capitolul II „Abordarea generală în cercetare, resurse utilizate, tehnici de preparare și metode de evaluare”, este preocupat de descrierea pașilor întreprinși pentru realizarea obiectivelor studiului, a particularităților metodelor și instrumentelor de cercetare folosite în estimarea calitativă și cantitativă a obiectului cercetării.

Pentru clarificarea consecutivității cercetărilor a fost creat un algoritm de cercetare care se concentrează pe elucidarea traseului investigațiilor în vederea sporirii calității BCSD produși din diverse surse energetice punând accentul pe cei produși din culturi energetice.

Inițial, a fost definit obiectul și subiectul cercetărilor și au fost culese date relevante din literatura de specialitate și din bunele practici ale sectorului economic care au servit pentru formularea ipotezei și a căilor de confirmare a acesteia.

Pentru cercetările experimentale au fost identificați factorii de influență și cei de răspuns folosiți la studiul cantitativ și calitativ al biomasei care poate fi utilizată la fabricarea BCSD cu caracteristici care corespund cerințelor standardelor în vigoare.

Calitatea obiectului cercetării a fost estimată prin analize realizate în conformitate cu metodele standarde validate în LȘBCS UTM.

Cercetările au fost efectuate prin experimente mono și polifactoriale cu prelucrarea ulterioară a datelor obținute folosind programul STATGRAPHIS Centurion18.

Utilajul folosit în studiu este validat conform cerințelor standardului SM EN ISO 17025:2018. Pentru studierea influenței regimurilor tehnologice de densificare a biomasei s-a folosit un dispozitiv original pentru studierea procesului de compactare singulară a biomasei în cavitate închisă și în flux cu capacitatea de a monitoriza forța de presiune, temperatura matriței, viteza de compactare, raportul dintre diametrul matriței la intrare și la ieșire și caracteristicile biomasei vegetale supuse procesului de compactare, cum ar fi granulația, conținutul de umiditate, originea și specificul biomasei.

În capitolul III „*Evaluarea resurselor durabile de biomasă generată de culturile energetice, din perspectiva utilizării la fabricarea biocombustibililor solizi densificați certificați ENplus*”, se referă la obținerea, pe baza studiului literaturii de specialitate și a cercetărilor proprii, a unor date relevante cu privire la semnificația și potențialul resurselor durabile de biomasă cu perspective de folosire în calitate de materie primă adecvată pentru producerea BCSD în Republica Moldova.

Pentru obținerea acestui deziderat au fost identificate următoarele obiective: Analiza semnificației și evaluarea resurselor durabile de biomasă cu perspective de folosire ca materie primă adecvată pentru producerea BCSD în Republica Moldova; Analiza datelor din publicațiile de specialitate în domeniu; Evaluarea indicatorilor de calitate ai biomasei produse din plante energetice cu perspectivă pentru utilizare ca materie primă la producerea BCSD; Identificarea perspectivelor de folosire biomasei generate de genotipurile de *Miscanthus* la producerea BCSD; Studiul soluțiilor de promovare și eficientizare a producției locale de SRE din biomasă.

Cercetările efectuate în Republica Moldova și România au permis să se facă o estimare cantitativă și calitativă a mai multor tipuri de biomasă provenită din sectorul agrosilvic. De exemplu, cercetările realizate la ÎS ITA „Mecagro” [5,32] și la Universitatea Agrară de Stat din Moldova (acum Universitatea Tehnică a Moldovei) [8, 15,33,34] au avut un rol important în determinarea potențialului energetic și în evaluarea calitativă a biomasei agricole pentru anumite regiuni de dezvoltare din Republica Moldova.

În cercetările privind evaluarea surselor durabile de biomasă ca materie primă potrivită pentru producerea BCSD cu caracteristici conforme normelor *ENplus*, efectuate cu contribuția autorului, s-a reușit extinderea cunoștințelor legate de diverse tipuri de biomasă lignocelulozică cu perspectivă fezabilă de cultivare în Republica Moldova. S-a constatat că printre tipurile de biomasă agricolă cu caracteristici calitative foarte bune se regăsește cea derivată din lanțul de producere a cătinii albe [6,35–37]. Alegerea acestui tip de biomasă a fost motivată de interesul sporit al agenților economici pentru această cultură în virtutea spectrului larg de utilizare.

În vederea acumulării de informații adiționale, necesare pentru justificarea utilizării biomasei agricole în sectorul de producere a BCSD, s-a evaluat potențialul disponibil al biomasei generate de culturile agricole cu cele mai bune perspective în ceea ce privește utilizarea lor ca materie primă sau în calitate de componente în crearea amestecurilor și mixturilor destinate fabricației BCSD cu caracteristici conforme normelor *ENplus*. Aceste rezultate sunt prezentate în lucrarea noastră [14].

Potențialul energetic al biomasei generat de cătina albă a fost determinat, de către noi, pentru soiurile *Mara*, *Cora*, *Clara*, *Leicora* și *Seirola*. Aceste rezultatele sunt arătate în Tabelul 1 [36].

Tabelul 1. Potențialul energetic al biomasei generate de reziduurile obținute de la emondarea câtorva soiuri de cătină albă

Sursă: [36]

Proba	Număr tufe/ha	Masa reziduuri, kg		M rec	q V,g,,d	q p, net, d	q p, net, M=8%	MET	k per,	PSI
		medie la 1 tufă	la 1 ha	%	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	MJ/ha		MJ/ha
Mara	2028.67	1.45	2941.40	17.65	20.11	18.37	16.71	48816.93	0.1	43935.24
Abaterea standard	3.51	0.10	192.17	0.87	0,01	0,01	0,01	2861.71		2575.54
Interval de încredere	3.97	0.11	217.46	0.99	0,01	0,01	0,01	3238.27		2914.45
Cora	1451.00	1.31	1905.54	18.01	20.12	18.38	16.72	31525.79	0.1	28373.21
Abaterea standard	11.00	0.02	22.31	0.54	0,01	0,01	0,01	276.37		248.73
Interval de încredere	12.45	0.02	25.24	0.61	0,01	0,01	0,01	312.73		281.46
Clara	2024.67	1.41	2861.61	15.47	19.73	18.00	16.36	47648.26	0.1	42883.43
Abaterea standard	5.51	0.05	95.24	0.70	0.00	0.00	0.00	1228.48		1105.63
Interval de încredere	6.23	0.05	107.77	0.79	0.00	0.00	0.00	1390./3		1251.12
Leiora	2020.00	1.44	2915.02	16.17	19.98	18.24	16.59	48830.92	0.1	43947.83
Abaterea standard	11.53	0.07	121.04	0.32	0.00	0.00	0.00	2003.20		1802.88
Interval de încredere	13.05	0.08	136.97	0.36	0.00	0.00	0.00	2266.79		2040./1
Seirola	2022.67	1.45	2939.85	15.40	19.90	18.16	16.51	49427.01	0.1	44484.31
Abaterea standard	12.58	0.08	175.93	0.72	0,01	0,01	0,01	2589.72		2330.75
Interval de încredere	14.24	0.09	199.08	0.82	0,01	0,01	0,01	2930.49		2637.44
Media	1793.87	1.39	2505.51	16.61	19.97	18.23	16.58	41791.56	0.10	37612.40
Abaterea standard	256.27	0.06	452.36	1.22	0.16	0.16	0.15	7699.01		6929.11
Interval de încredere	224.63	0.05	396.51	1.07	0.14	0.14	0.13	6748.35		6073.52

Eșantioanele destinate cercetării au fost colectate de pe plantațiile experimentale de cătină albă din gospodăriile agricole din satul Pohreba, raionul Dubăsari, și din satul Clișova, raionul Orhei. O parte din aceste probe au fost supuse procesului de uscare în secția de condiționare a biomasei de la LȘBCS până când conținutul de umiditate a atins aproximativ $10\pm 2\%$, în timp ce cealaltă parte a fost analizată imediat după finalizarea operației tehnologice respective.

Analizând informațiile prezentate în Tabelul 1 se observă că, în medie, un hectar de teren cultivat cu cătină albă produce (2505 ± 367) kg reziduuri vegetale lemnoase cu un potențial energetic de $(37,61\pm 6,07)$ GJ.

În Tabelul 2 sunt prezentate rezultatele cercetării menționate anterior, din care reiese că aproape toate resturile agricole analizate în studiu au potențialul de a fi utilizate ca materie primă la producerea de BCSD, având o valoare calorică mai mare de 16.5 MJ/kg la o umiditate de 10%, cu excepția resturilor de nuci și a reziduurilor de viță-de-vie de soiuri tehnice.

Biomasa de măr poate produce cea mai mare energie (41.1 GJ/ha), urmată de cea de viță-de-vie, soiuri de masă (34.5 GJ/ha) și apoi de biomasa de prun (21.4 GJ/kg). Prin urmare, se poate deduce că reziduurile examinate reprezintă o sursă semnificativă de materie primă la fabricarea BCSD, atât ca sursă individuală, cât și în amestecuri cu alte tipuri de biomasă vegetală.

După analiza efectuată în acest segment și luând în considerare informațiile prezentate în sursele de specialitate, au fost selectate pentru investigații ulterioare cu privire la aspectele legate de crearea de amestecuri pe bază de biomasa provenită din culturile energetice - în special,

reziduurile lemnoase agricole și cele de cătină albă.

Tabelul 2. Potențialul energetic al biomasei vegetale generat de reziduurilor agricole lemnoase în Republica Moldova

Sursă: [14]

Denumire cultură	m _{p.b.i.} , kg/ha				K _{rez.rec. max.}	k _{dt-e}	k _{per}	q _{p, net} , MJ/kg		PTR _{M=10%} în MJ/ha	PTR _{M=10%} în MJ/ha
	2017	2018	2019	Media				în bază uscată	Pentru umiditatea 10%		
Fruite sămânțoase, inclusiv:											
meri	10710.0	14760.0	16030.0	13833.3	0.29	0.80	0.10	19.0	16.8	57.1	41.1
peri	2060.0	2060.0	320.0	1480.0	0.22	0.80	0.10	19.6	17.4	3.9	2.8
Fruite sămburoase, inclusiv:											
vișini	3010.0	5910.0	5960.0	4960.0	0.16	0.80	0.10	19.4	17.2	11.5	8.3
cireși	4640.0	5320.0	3930.0	4630.0	0.24	0.80	0.10	20.8	18.5	16.9	12.2
caiși	2850.0	2330.0	5510.0	3563.3	0.31	0.80	0.10	19.5	17.3	16.4	11.8
persici și nectarine	1950.0	1870.0	1340.0	1720.0	0.26	0.80	0.10	20.0	17.8	6.7	4.8
pruni	5640.0	8170.0	8390.0	7400.0	0.30	0.80	0.10	20.1	17.8	29.7	21.4
Nucifere (nuci, migdale și altele)	340.0	610.0	540.0	496.7	0.10	0.80	0.10	16.9	14.4	0.5	0.4
Arbuști fructiferi	850.0	3320.0	3910.0	2693.3	0.70	0.80	0.10	19.9	16.8	23.5	16.9
Vii, inclusiv:											
soiuri de masa	7190.0	7480.0	7640.0	7436.7	0.6	0.7	0.1	19.0	16.9	54.8	34.5
soiuri tehnice	4480.0	5490.0	4370.0	4780.0	0.4	0.7	0.1	18.3	16.3	20.5	12.9

Pentru a avea o perspectivă completă asupra calității biomasei provenite din diverse culturi energetice, am efectuat o evaluare a parametrilor de calitate pentru o serie de plante energetice potrivite pentru utilizare ca materie primă la fabricarea BCSD.

Rezultatele obținute au arătat că, din culturile energetice ierboase anuale și bianuale, cele mai bune perspective de folosire la producerea BCSD are Sorgul zaharat *Sorghum bicolor var. saccharatum* cu o valoare calorică net la conținutul de umiditate 10% egală cu 15,54 MJ/kg și o capacitate de producție 30 t/ha substanță uscată, urmată de Floarea-soarelui de pădure *Helianthus strumosus* (q_{p, net, M=10%}=15,22MJ/kg) și o capacitate de producție 10 t/ha substanță uscată și de Rapița *Brassica napus L. ssp. oleifera (Metzg.) Sink* (q_{p, net, M=10%}=15,14MJ/kg) și o capacitate de producție 35-40 t/ha masă proaspătă din care 3-5 t/ha reziduuri pretabile de a fi folosite la producerea BCSD.

Culturile ierboase perene au marcat caracteristici mai bune în comparație cu cele anuale și bianuale. Pe primul loc, ca valoare calorică, s-a plasat paietele din plantațiile seminciare Păiușul de livezi, *Festuca pratensis*, fam. Poaceae (q_{p, net, M=10%}=16,3 MJ/kg), urmată de Miscantul giganeus *Miscanthus × giganteus* Titan fam. Poaceae (q_{p, net, M=10%}=16,23 MJ/kg). Însă trebuie menționat că totuși biomasa de miscanthus este mai potrivită pentru producerea BCSD deoarece conținutul de cenușă este semnificativ redus în raport cu cel rezultat de la arderea biomasei de

Festuca pratensis, respectiv 1,18% și 3,9%.

Putere de ardere bună posedă și Sorgul peren *Sorghum almum* „Argentina”, Nalba-de-Virginia *Sida hermaphrodita* ‘Energó’, Hrișca-de-Sahalin, *Polygonum sachalinense* ‘Gigant’ și Iarba mare *Inula helenium* L ‘Ileana’ cu o variație a valorii calorifice net la umiditate de 10% în limitele 16- 16,1 MJ/kg. Dintre tipurile menționate cele mai potrivite pentru producerea BCSD sunt cele de Nalba-de-Virginia și de Hrișcă-de-Sahalin, pentru că prezintă un nivel redus de cenușă, care, în esență, se înscrie în normele ENplus.

Cei mai buni indicatori au prezentat speciile de biomasă lemnoasă. Putere de ardere mai mare are plopul hibrid energetic *Populus* sp.2021 și Salcia energetică *Salix* sp. ‘Turbo’ cu respectiv 16,37 MJ/kg și 16,13 MJ/kg, însă aceste două tipuri de biomasă rezultă multă cenușă la ardere, respectiv 3,53% și 3,97% motiv pentru care nu sunt atractive pentru a fi folosite ca materie primă la producerea BCSD cu caracteristici conforme ENplus. Chiar și în cazul formării amestecurilor de biomasă este mai ușor de mărit puterea de ardere decât de micșorat conținutul de cenușă. De aceea se propune utilizarea la fabricarea BCSD Salcia energetică Turbo și Plopul hibrid energetic sp.2021.

În alegerea culturilor pentru producerea de energie, o atenție sporită se acordă speciei speciilor din genul *Miscanthus*, care este destul de eficientă pentru producerea biogazului, biocombustibililor lichizi și, nu în ultimul rând, al căldurii [38,39].

În Tabelul 3 sunt prezentate rezultatele analizei proxime a biomasei generate de cele două genotipuri de *Miscanthus* luate în studiu. Interpretând datele obținute putem deduce că umiditatea biomasei recoltate toamna, imediat după debutul inițial al senescenței, depășește semnificativ cel al biomasei recoltate în primăvară, înainte de începerea perioadei de creștere. Astfel, conținutul de umiditate al biomasei recoltate în toamnă este aproximativ de 2.5 ori mai mare decât cel al biomasei recoltate în primăvară (pentru *M. x giganteus*, respectiv 45.2±6 și 18.4±4 %, iar pentru *M. sinensis*, respectiv 49±7% și 19±3 %).

Tabelul 3. Rezultatele analizei proxime a biomasei *Miscanthus x giganteus* și *Miscanthus sinensis* Sursă: [16]

Biomasa	M _{rec}	A _d	A _{r(M=10%)}	V _d	BD _{rec}	BD _d	BD _{M=10%}
	%				kg/m ³		
<i>M. x giganteus</i> titan (a.h.)	45.2±6	2.79±0.03	3.1	81.49	182.6±8	100.1	111.2
<i>M.s x giganteus</i> titan (s.h.)	18.4±4	1.185±0.1	1.32	83.65	142.4±4	116.2	129.1
<i>M. sinensis</i> (a.h.)	49±7	4.07±0.2	4.22	83.44	180.4±7	82.0	102.2
<i>M. sinensis</i> (s.h.)	19±3	2.21±0.2	2.46	83.48	128.0±3	103.6	115.2

Notă: M_{rec} – conținutul de umiditate a biomasei la recoltare; A_d – conținutul de cenușă în bază uscată; A_{r(M=10%)} – conținutul de cenușă calculat pentru conținutul de umiditate a biomasei egal cu 10%; V_d – conținutul de materii volatile; BD_{rec} – densitatea în vrac a biomasei estimată imediat după recoltare; BD_d și BD_{M=10%} – densitatea în vrac a biomasei calculată în bază uscată și, respectiv, pentru umiditate de 10%; a.h. – recoltată toamna; s.h. – recoltată primăvara.

În rezultatul analizei conținutului de umiditate se constată că biomasa recoltată în sezonul de primăvară poate fi prelucrată direct în BCSD, fără a necesita uscare suplimentară sau cu o condiționare prin uscare naturală ușoară.

Este esențial să subliniem că conținutul de cenușă al biomasei recoltate în primăvară este semnificativ mai redus în comparație cu cel al biomasei recoltate toamnă, înregistrând o scădere de la 2.79% la 1.32% pentru *M. x giganteus* și de la 4.07% la 2.215 pentru *M. sinensis*. Conținutul de substanțe volatile variază între 81.49% pentru *M. x giganteus* titan (a.h.) și 83.65% pentru *M. x giganteus* titan (s.h.) și respectiv, pentru biomasa de *M. sinensis* - 83.44% pentru biomasa recoltată în toamnă și 83.48% pentru cea recoltată în primăvară.

Densitatea în vrac a biomasei recoltate în sezonul de primăvară, atât pentru specia *M. x giganteus Titan*, cât și pentru *M. sinensis*, recalculată în termeni de bază uscată și la o umiditate medie de procesare de 10%, este mai mare decât densitatea biomasei recoltate în toamnă. Concret, densitatea în vrac a biomasei de *M. x giganteus* recoltată în primăvară (116.2 kg/m³) depășește densitatea biomasei recoltate în toamnă (100.1 kg/m³) cu 16%.

În cazul biomasei de *M. sinensis*, diferența dintre densitate biomasei recoltate primăvara și cea recoltată toamna este chiar mai semnificativă (aproximativ 26%), crescând de la 82 kg/m³ la 103.6 kg/m³. De asemenea, trebuie menționat că biomasa estimată imediat după recoltare, provenind de la *M. x giganteus*, prezintă o densitate în vrac cu aproximativ 10% mai mare decât cea generată de *M. sinensis*.

Determinarea capacității energetice a probelor de biomasă a celor două specii de *Miscanthus* cercetate în acest studiu denotă că biomasa recoltată în sezonul de primăvară deține o putere de ardere ușor mai ridicată în comparație cu cea recoltată în toamnă și uscată prin conversie forțată. Astfel, biomasa provenită de la plantele de *Miscanthus x giganteus Titan* (s.h.) și *Miscanthus sinensis* (s.h.), recoltată primăvara, a înregistrat valori calorifice mai mari, respectiv 19688±198 J/g și 19285.1±175 J/g, în comparație cu 18812.3±245 J/g și 18685.2±90.5 J/g, care au reprezentat valorile pentru biomasa colectată în timpul sezonului de toamnă (vezi Tabelul 4).

Tabelul 4. Densitatea energetică a biomasei generate de *M. x giganteus* 'Titan' și *M. sinensis*
Sursă: [16]

Biomasa	q _{v, gr, d}	q _{p, net, d}	q _{p, net, M=10%}	Ed _{M=0}	Ed _{M=10%}
	J/g			MJ/m ³	
<i>M. x giganteus</i> titan (a.h.)	18812.3±245	17496.0±252	15502.1±124	1750.73	1723.57
<i>M.s x giganteus</i> titan (s.h.)	19688±198	18409.1±201	16578.3±142	2139.1	2107.56
<i>M. sinensis</i> (a.h.)	18685.2±90.5	17552.8±112	15553.2±99	1615.11	1590.13
<i>M. sinensis</i> (s.h.)	19285.1±175	18140.7±176	16082.3±156	1880.24	1852.10

Tabelul 5 sintetizează informațiile obținute în cursul analizei finale a biomasei de *Miscanthus*. Această etapă a analizei biomasei are o semnificație deosebită, având implicații

multiple, printre care se numără determinarea raportului teoretic dintre aer și combustibil în procesele de termoconversie, evaluarea valorilor termice și înțelegerea impactului asupra mediului în ceea ce privește nivelul de poluare.

Tabelul 5. Rezultatele analizei chimice a probelor de biomasă de de *M. x giganteus* 'Titan' și *M. sinensis*

Biomasa	C	H	N	S	Cl	O	L	Ce	HCe
MG titan (a.h.)	46.51	6.04	0.44	0.04	0.03	44.19	24,65	50,70	22,19
MG titan (s.h.)	49.07	5.86	0.47	0.04	0.04	43.38	25,31	49,7	21,81
MS (a.h.)	46.01	5.17	0.28	0.06	0.03	44.41	24,3	51,2	22,9
MS (s.h.)	49.01	5.23	0.27	0.05	0.03	43.02	24,98	51,97	22,14

Notă: MG - *Miscanthus x giganteus* MS - *Miscanthus sinensis*; (s.h.), L – lignină; Ce – Celuloză; HCe – hemiceluloză.

Rezultatele obținute indică faptul că conținutul de carbon, sulf, clor și oxigen rezultat de la arderea biomasei de *M. x giganteus Titan* nu se diferențiază semnificativ față de cel al biomasei de *M. sinensis*, cu excepția cazului în care se iau în considerare termenii de recoltare de recoltare. Astfel, în cazul biomasei recoltate în sezonul de primăvară, se constată că conținutul de carbon este cu circa 3% mai mare ca al biomasei recoltate toamna. Contrar acestei situații, conținutul de oxigen prezintă o tendință opusă, adică biomasă recoltată în toamnă conține un nivel mai ridicat de oxigen în comparație cu cea recoltată în primăvară.

Conținutul de azot nu suferă variații semnificative în funcție de momentul recoltării, cu toate acestea, biomasă de *M. x giganteus titan* conține o cantitate mult mai mare de azot decât biomasă de *M. sinensis*, însă ambele tipuri de biomasă studiate corespund cerințelor pentru certificare ENplus la acest indicator.

Fiecare tip de biomasă analizat în această secțiune, prezintă un nivel scăzut de conținut de sulf. Deși arderea sulfului generează o cantitate semnificativă de energie termică, conținutul acestuia în biocombustibili este restricționat la cel mult 0,05%, deoarece este considerat dăunător mediului și are tendința de a coroda în mod accentuat. Concentrația de clor se situează în intervalul 0,03...0,04%, fiind în esență în concordanță cu cerințele stabilite de normele ENplus.

Din analiza datelor prezentate în Tabelul 5 arătăm că, atât factorul specific al genotipului de *Miscanthus*, cât și perioada recoltării au o influență comparativ mică asupra conținutului de lignină, celuloză și hemiceluloză. Acest lucru poate fi explicat prin modul de distribuție a ligninei în interiorul probelor examinate.

În Fig. 1 se prezintă imaginile SEM ale biomasei de *Miscanthus* la diferite amplificări, respectiv: 200x, 500x, 1000x și 2000x. Din imagini se evidențiază că morfologia predominantă constă în structuri fibroase orientate în funcție de structura micelară existentă. De asemenea, în unele părți ale particulelor se pot observa suprafețe de separare a fazelor și structură granulară cu dimensiuni inegale și suprafețe neregulate, se evidențiază micropori cu diferite forme și distribuții.

Se observă o distribuție complexă a ligninei, de regulă în interiorul fibrelor. Din această situație se poate deduce că acest mod de distribuție a ligninei poate influența semnificativ densificarea produsului finit în urma compactării particulelor de biomasă de *miscanthus*. În contrast, distribuția ligninei mai puțin influențează valoarea calorifică a probelor de *miscanthus* studiate așa cum se poate urmări din Tabelul 5.

Rezultatele obținute au identificat specificul cantitativ și calitativ al biomasei generate de diferite culturi energetice specifice condițiilor Republicii Moldova care pot fi utilizate cu succes ca materie primă în producția de BCSD. Aceste rezultate arată că biomasa provenită din aceste culturi reprezintă o sursă durabilă și adecvată de materie primă pentru fabricarea BCSD.

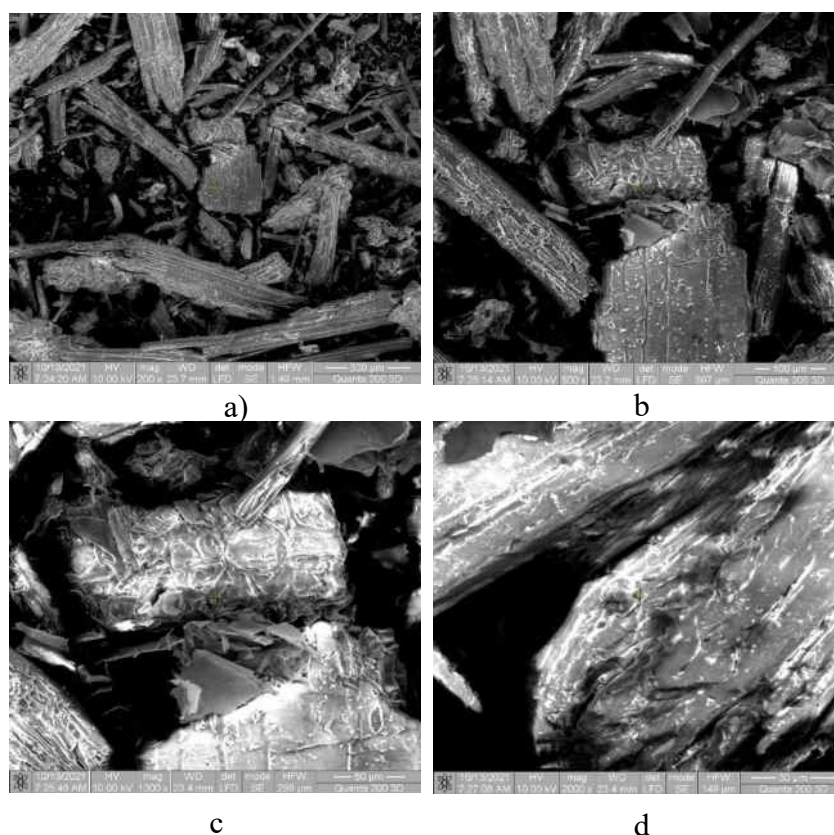


Fig. 1. Imagini SEM ale particulelor de biomasă mărunțită de *Miscanthus x giganteus* (a.h.)

În plus rezultatele obținute în acest capitol au confirmat viabilitatea ipotezei cu privire fezabilitatea utilizării biomasei generate de culturile energetice omologate în Republica Moldova pentru producerea BCSD cu caracteristici conforme ENplus.

Capitolul IV „Mărirea nivelului de calitate a biocombustibililor solizi densificați conform strategiilor pentru dezvoltarea surselor regenerabile de energie” cuprinde cercetările experimentale realizate cu scopul îmbunătățirii calității BCSD în acord cu politicile de dezvoltare a SRE. Analiza situației cu privire la producerea BCSD din biomasă vegetală a arătat că folosirea amestecurilor de biomasă pentru fabricarea BCSD este o preocupare permanentă a producătorilor,

iar alegerea constituției amestecurilor este crucială pentru asigurarea calității produsului finit. Evident că alegerea constituenților este direct influențată de potențialul de biomasă existent în zona de producere și calitatea acestora, dar și de capacitatea de miscibilitate a componentelor.

Cercetările din literatura de specialitate a autorilor din Republica Moldova, dar și acelor din străinătate arată că în calitate de componente pentru îmbunătățirea calității BCSD pe bază de culturi energetice sunt reziduurile agricole arboricole, cele provenite de la cultivarea arbuștilor fructiferi, și viței-de-vie [6, 24, 26, 37,40].

Din culturile energetice, cu potențial de cultivare în Republica Moldova, o perspectivă mai bună de a fi folosite ca materie primă la producerea BCSD au culturile energetice perene din familiile: Asteraceae – silfia *Silphium perfoliatum* și topinambur *Helianthus tuberosus* [20,41,42]; Malvaceae - Sida hermaphrodita și Polygonaceae *Polygonum sachalinense* [43]; Poaceae – *Miscanthus* [44,45]: Culturi energetice lemnoase - *Salcia energetică*, *Plop hibrid energetic*, *Salcâm*, *Măceș* [19,46,47].

Rezultatele studiului referitor la identificarea componentelor amestecurilor formate pe baza *Silphium perfoliatum* prin evaluarea proprietăților fizico-chimice ale acestora și compararea cu cele stipulate în normele ENplus este prezentat în Tabelul 6, în care se exemplifică rezultatele analizei probelor de brichete produse din amestecuri formate din *Silphium perfoliatum* în combinație cu diferite tipuri de biomasă accesibilă în Republica Moldova și care au marcat capacități fezabile de a fi folosite în calitate de materie primă pentru producerea BCSD.

Căsuțele marcate color reprezintă proprietățile conforme cerințelor ENplus 3. Rezultatele denotă că amestecurile din cătină albă, din reziduuri agricole arboricole și din reziduuri de viță-de-vie în combinație cu biomasa de *Silphium perfoliatum* cu conținut de până la 45 %, pot fi folosite la producerea brichetelor cu proprietăți care corespund parametrilor ENplus, clasa A1.

Dacă conținutul de reziduuri agricole, în amestecurile de *Silphium perfoliatum*, se mărește până la 75%, atunci calitatea brichetelor poate fi de clasa A2.

O altă cultură energetică perenă cu perspective bune de utilizare în calitate de materie primă la producerea BCSD este *Miscanthus-ul*, a cărei producție se află într-un stadiu incipient.

Tabelul 6. Caracteristicile brichetelor produse din amestecuri de *Silphium perfoliatum* (SP) cu reziduuri de cătină albă (CA), reziduuri agricole arboricole (RAA) și cu reziduuri de viță-de-vie (V-V)

Tip biomasă Parametri	SP + CA*					SP + RAA					SP + V-V							
	15%	30%	45%	60%	75%	90%	15%	30%	45%	60%	75%	90%	15%	30%	45%	60%	75%	90%
A _d , %	1,00	1,63	2,25	2,88	3,50	4,12	2,45	2,77	3,31	3,66	4,01	4,31	1,89	2,31	2,86	3,25	3,76	4,23
q _{v, gr, d} , MJ/kg	19,86	19,62	19,35	19,07	18,81	18,55	19,75	19,52	19,36	19,11	18,82	18,58	19,86	19,60	19,33	19,07	18,81	18,55
q _{p, net, d} , MJ/kg	18,19	18,00	17,81	17,62	17,43	17,24	18,43	18,27	17,98	17,78	17,39	17,31	18,50	18,26	18,01	17,77	17,52	17,27
q _{p, net, M=10%} , MJ/kg	16,48	16,25	16,01	15,78	15,54	15,31	16,32	16,12	16,01	15,76	15,50	15,32	16,41	16,19	16,01	15,74	15,52	15,30
C, %	45,66	45,62	45,58	45,54	45,51	45,47	42,76	43,28	43,75	44,21	44,45	45,16	46,09	45,97	45,86	45,74	45,63	45,52
N, %	0,10	0,17	0,23	0,29	0,36	0,42	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,46	0,51	0,50	0,49	0,48	0,48	0,47
H, %	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	6,14	6,08	6,02	6,00	5,94	5,88	6,21	6,14	6,06	5,99	5,92	5,85
S, %	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06
O, %	45,43	45,15	44,75	44,51	44,32	43,92	48,12	47,34	46,56	45,77	44,99	44,21	45,27	44,99	44,71	44,43	44,16	43,88
DE g/cm ³	1,1	1,1	1,02	1	1	0,95	1,03	1,01	1,00	0,98	0,96	0,94	1,09	1,06	1,03	1,01	0,98	0,95

Note: A_d – conținutul de cenușă (W-% bază uscată); q_{v, gr, d} – valoarea calorică superioară la volum constant în bază uscată; q_{p, net, d} – valoarea calorică net la presiune constantă în bază uscată; q_{p, net, r} – valoarea calorică net la presiune constantă determinată pentru umiditatea la recepția probei; C, N, H, S, O respectiv, conținutul de carbon, azot, hidrogen, sulf și oxigen în procente masice; F – conținutul fracției fine; DE – densitatea particulelor.

SP – *Silphium perfoliatum*; CA – cătină albă; RAA – reziduuri agricole arboricole; V-V – reziduuri de viță-de-vie.

* Procentajul este prezentat pentru cantitatea masică a biomasei de cătină albă. Conținutul componentei secundare se determină ca 100% - SP%

- Conform A1

- Conform A2

- Conform B

Nu se înscrie în normele ENplus

Nu se specifică

Investigațiile referitoare la calitatea BCSD din biomasă de *Miscanthus* efectuate demonstrează cu încredere, că BCSD din *Miscanthus* prezintă atribute de calitate apropiate de standardele recomandate de Normele ENplus. În același rând analiza distribuției ligninei în peleții de *Miscanthus* este distribuită neuniform, în special în interiorul fibrelor, acest lucru îngreunează procesul de densificare și, implicit durabilitatea BCSD [6].

O situație mai bună se urmărește la biomasă generată de diferite culturi energetice, lucru care poate fi urmărit din figura 2. Imaginile au fost capturate cu o putere de mărire crescută (2000×) pentru a permite observarea diferitelor tipuri de particule și a dimensiunilor lor, care nu erau vizibile la mărimi mai mici.

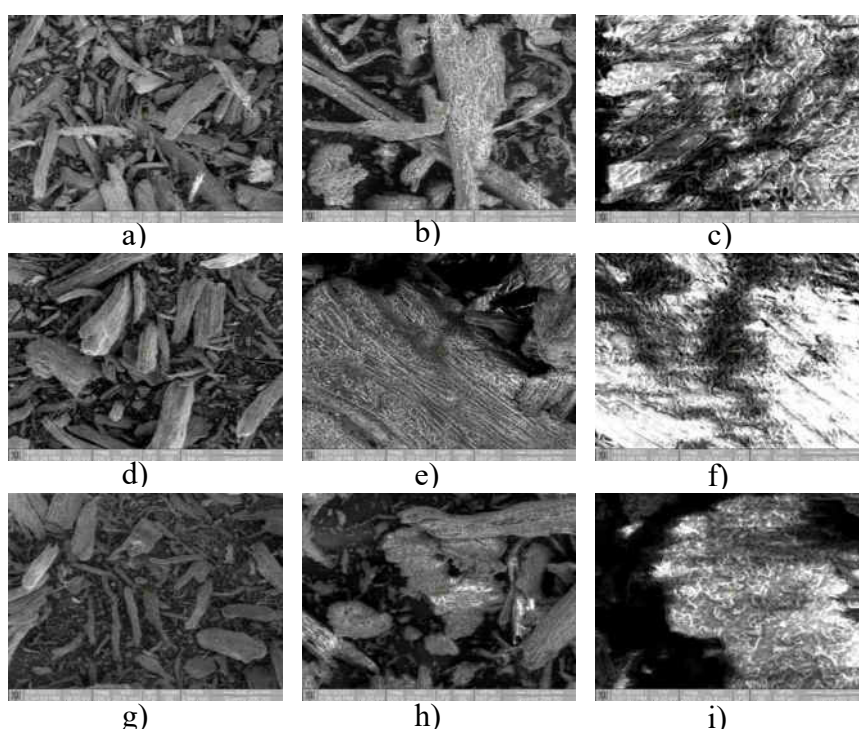


Fig. 1. Imagini SEM ale biomasei lemnoase mărunțite la diferite mărimi: (a) caise - 100 X; (b) caise - 500 X; (c) caise - 2000 X; (d) piersic - 100 X; (e) piersic - 500 X; (f) piersic - 2000 X; (g) prune - 100 X; (h) prune - 500 X; (i) plus - 2000 X. Sursă: [7]

Din figura 2 se observă că structurile fibroase ale probelor analizate sunt dirijate de structura micelară existentă. Morfologia biomasei brute mărunțite, obținute din reziduurile agricole arboricole, este parțial omogenă și a prezentat macrostructuri neuniforme. Ca rezultat se poate deduce că, în această formă, reziduurile arboricole pot fi utilizate în continuare pentru a beneficia de capacitatea acestora de a se integra cu alte tipuri de biomasă lignocelulozică și derivații acestora, inclusiv și cea de *Miscanthus*.

Rezultatele experimentale referitoare la folosirea biomasei de *Miscanthus* în amestec cu diferite tipuri de biomasă lignocelulozică, de exemplu, provenită din reziduuri agricole arboricole, reziduuri de cătină albă, reziduuri de viță-de-vie, paie de rapiță, denotă că biomasa de *Miscanthus*

poate fi combinată cu reziduurile agricole studiate în proporție de până la 75%, cu excepția paielor de rapiță care la ardere rezultă un conținut mare de cenușă și de sulf. Plus la aceasta, acest tip de biomasă se densifică anevoios și drept rezultat brichetele, produse din acest tip de biomasă și din amestecurile de miscanthus cu PR, au o densitate a particulelor de $0,74 \text{ g/cm}^3$, valoare cu mult inferioară cerințelor normelor ENplus.

Folosirea reziduurilor agricole arboricole și celor de viță-de-vie în calitate de componentă de ranforsare a amestecurilor de biomasă cu *Miscanthus x Giganteus* se poate urmări din cercetările noastre cu privire la estimarea valorii calorifice a BCSD din biomasă indigenă și a potențialului energetic al biomase de cais, persici și prune [40].

O altă direcție de eficientizare a utilizării biomasei de Miscanthus este folosirea acesteia în amestec cu alte tipuri de biomasă generată de diferite culturi energetice. Astfel studiul dinamicii calității brichetelor produse din amestecuri de *Miscanthus x Giganteus* (MG) cu sorg zaharat *Sorghum bicolorum var. saccharatum*, hrișcă de Sahalin (HS) (*Polygonum sachalinense*), salcie energetică *Salix viminalis 'Turbo'* (SET) și plop hibrid energetic (PHE) au arătat că toate probele din amestecurile luate în studiu îndeplinesc cerințele de calitate pentru clasele A1 și A2 ENplus în ceea ce privește valoarea calorifică, conținutul de cenușă și conținutul de azot, în special al probelor MG+HS; MG+DET și MG+PHE. În același rând, probele menționate anterior au prezentat o densitate a particulelor mai mică de $0,9 \text{ g/cm}^3$ și un conținut de Sulf mai mare 0.04% (limitele maxime admise pentru clasele de calitate A1 și A2 sunt, respectiv $DE = 0,9 \text{ g/cm}^3$ și $C = 0,04\%$), adică la acești indicatori probele menționate nu corespund cerințelor ENplus.

În fig. 3 și 4 se prezintă evoluția densității particulelor brichetelor obținute din amestecuri din *Miscanthus Giganteus* + *Hrișcă de sahalin* însoțite de adaosuri variabile de reziduuri de cătină și evoluția modificării conținutului de sulf în probele obținute din aceste amestecuri.

Rezultatele obținute denotă că folosirea unei anumite cantități de reziduuri agricole de cătină albă mărește capacitatea de densificare a amestecurilor din MG+HS. Astfel, dacă în amestecul de materie primă MG25%+HS75% se adaugă cel puțin 20% de reziduuri de cătină albă, brichetele produse din acest amestec se înscriu în clasa A2 ENplus la parametrul densitatea particulelor, iar un adaos de cel puțin 40% de biomasă de cătină albă asigură obținerea brichetelor de clasa A1 ENplus. În cazul folosirii, la producerea brichetelor, amestecuri 50% MG + 50% HS este necesar să se includă o cantitate suplimentară de resturi de cătină albă. Astfel, brichete de categoria A1 se obțin dacă se adaugă cel puțin 50% de reziduuri de cătină albă, iar de categoria A2 – cel puțin 30% de reziduuri de cătină albă. De asemenea, se denotă o ușoară schimbare a conținutului de sulf în rezultatul adausului de reziduuri de cătină albă.

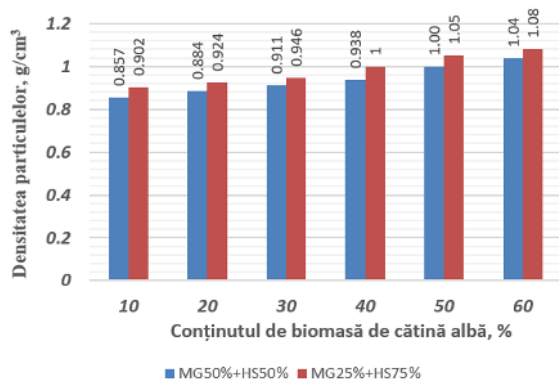


Fig. 3. Densitatea particulelor brichetelor din amestecuri de MG +HS cu adaus de reziduuri de cătină albă în diferite proporții

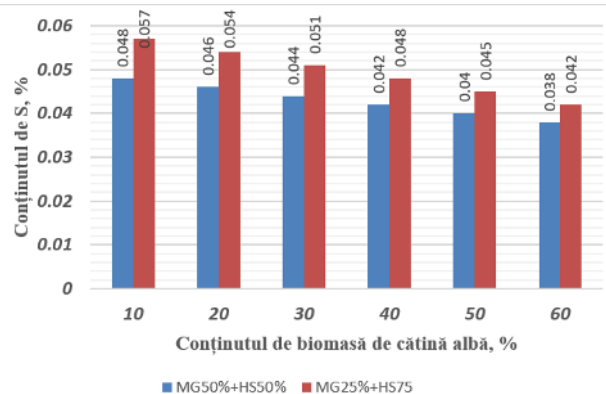


Fig. 4. Conținutul de sulf în brichetele produse din amestecuri de MG +HS cu adaus de reziduuri de cătină albă în diferite proporții

Brichetele cu un conținut de sulf mai mic sau egal cu 0,04 % se atestă în cazul folosirii cel puțin 50% de reziduuri de cătină albă pentru probele MG50%+HS50%. Toate celelalte probe de brichete sunt conforme cerințelor pentru clasa A2 ENplus. Brichetele cu un conținut de sulf mai mic sau egal cu 0,04 % se atestă în cazul folosirii cel puțin 50% de reziduuri de cătină albă pentru probele MG50%+HS50%. Toate celelalte probe de brichete sunt conforme cerințelor A2 ENplus.

Analiza parametrilor calitativi ai probelor de brichete comprimate din amestecuri de *Miscanthus Giganteus* + Hrișcă de Sahalin cu diferite cantități adăugate de reziduuri de cătină albă și plop hibrid energetic denotă că biomasa de cătină albă este un remediu excelent de îmbunătățire a proprietăților brichetelor produse din amestecuri de MG +HS. Astfel, probele cu adaos de 30% cătină albă posedă o valoare calorică egală cu 0.91g/cm³ în raport cu probele din MG50+HS 50 a căror densitate a particulelor este egală cu 0,83 g/cm³ ce constituie o majorare cu 9,9%. În cazul adaosului de 40% CA acest indicator se majorează cu 11.3% și dacă se adaugă 50% de CA–densitatea particulelor crește cu 12%, obținând brichete clasa A1 ENplus. Toate celelalte caracteristici, indiferent de proporția de biomasă de CA, se înscriu în clasa A2.

Astfel, se poate rezuma că este rezonabil de format amestecuri în care se conține *Miscanthus x Giganteus* cu hrișcă de Sahalin cca 30 % de biomasă de cătină albă.

Referitor la folosirea biomasei de plop hibrid energetic în calitate de componentă de ranforsare, acest lucru nu se recomandă deoarece în toate cazurile densitatea particulelor produsului finit este mai mică de 0,9 g/cm³. Rezultatele obținute au arătat că, în cazul adaosului de cel puțin 70% de reziduuri de cătină albă densitatea probelor examinate posedă o densitate a particulelor și un conținut de cenușă care nu depășesc limitele pentru clasa A1 ENplus.

În baza rezultatelor obținute putem concluziona că biomasa generată de culturile energetice, folosită în amestecuri de materii prime din surse lignocelulozice provenite din activități agricole de bază, devine o alegere ideală pentru restabilirea terenurilor marginale și pentru promovarea

dezvoltării agroecologice în zonele rurale. Se preconizează că producția de energie derivată din creșterea culturilor energetice, în special *Miscanthus*, *Silfia perfoliatum*, *Salcie energetică*, *Hrișca de Sahalin*, *Sorg zaharat*, va contribui la diversificarea agriculturii.

Un segment al acestui capitol a fost alocat evaluării impactului variabilelor de proces asupra densității particulelor brichetelor fabricate din materie primă compusă din amestecuri de culturi energetice. Prin intermediul unui experiment multifactorial, s-au dezvoltat diagrame care facilitează identificarea parametrilor tehnologici ce oferă cele mai bune condiții pentru atingerea anumitor parametri prestabiliți de către producător (vezi fig. 5).

Se observă că există o flexibilitate semnificativă în ceea ce privește alegerea regimurilor tehnologice de comprimare a BCSD din amestecuri de *Miscanthus* cu reziduuri agricole. Însă, trebuie să se ia în considerare că, o temperatură de comprimare mai scăzută necesită o presiune de comprimare mai mare. De exemplu, pentru a obține brichete de clasa A1 ($DE \geq 1$), în cazul când $T = 50^\circ\text{C}$, presiunea trebuie să fie de cel puțin 180 MPa cu umiditatea biomasei în limitele experimentului. În contrast, dacă temperatura este mai mare de 200°C , presiunea de compactare poate fi redusă până la 40 MPa, de asemenea, conținutul de umiditate al materiei prime poate varia în limitele experimentului.

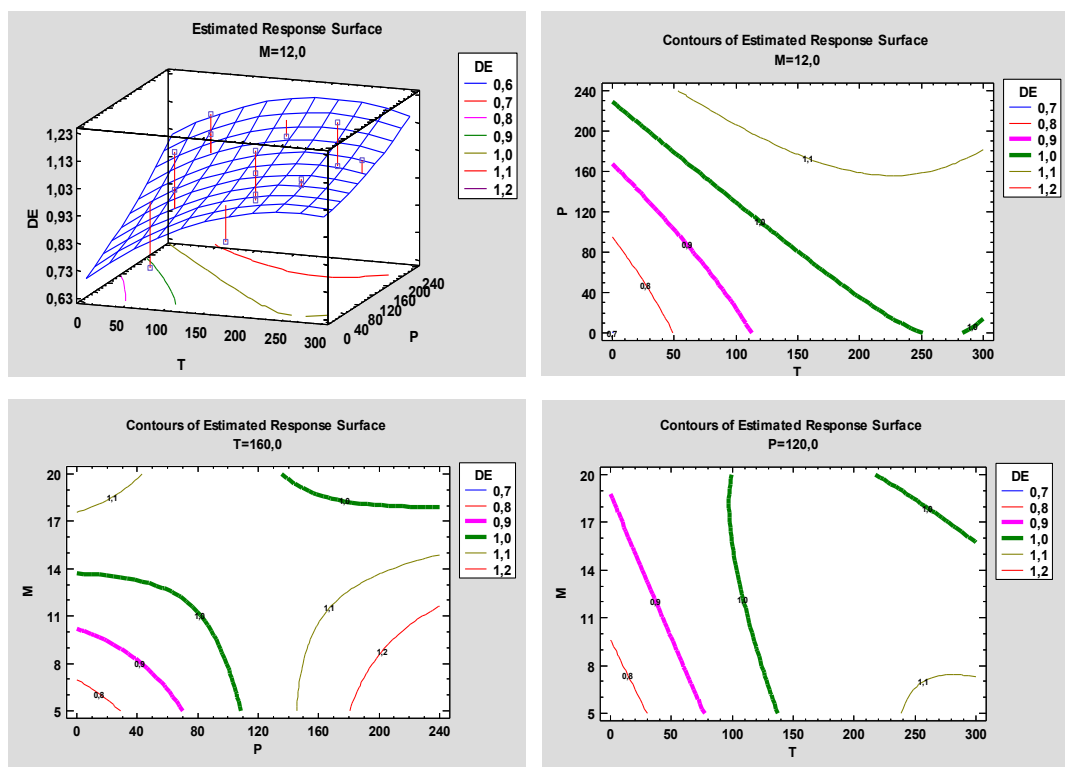


Fig. 5. Suprafețele de răspuns și graficele de nivel referitoare la densitatea particulelor pentru diferite condiții ale M și T

Brichete cu densitatea particulelor de cca. $0,9 \text{ g/cm}^3$ (clasa A2 și B ENplus), practic, pot fi obținute la orișice temperatură a matriței dacă presiunea mașinii de brichetat nu este mai joasă de

160MP. Cu alte cuvinte, dacă mașina de brichetat dezvoltă o presiune în faza inițială de cel puțin 160MPa, atunci brichete cu densitate conformă cerințelor pentru clasa A2 pot fi obținute chiar în faza inițială, când temperatura matriței corespunde cu temperatura camerei.

Prin urmare, folosind diagramele prezentate în această lucrare, producătorii de BCSD pot alege opțiunea potrivită pentru circumstanțe specifice, luând în considerare criteriile tehnico-economice distincte din fiecare situație. Varianta convenabilă pentru situații concrete reieșind din criteriile tehnico-economice specifice fiecărui caz în parte.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Pornind de la importanța eficientizării surselor de energie din biomasă și a problemelor care există cu privire la calitatea și disponibilitatea materiei prime pentru producerea BCSD cu caracteristici conforme cerințelor standardelor internaționale, cercetarea de față oferă următoarele rezultate, care sunt corelate cu tema, ipoteza, scopul și obiectivele tezei formulate în Introducere:

-Toate cercetările au fost direcționate pentru confirmarea ipotezei studiului și anume demonstrarea fezabilității utilizării biomasei generate de culturile energetice, omologate în Republica Moldova, pentru producerea BCSD cu caracteristici conforme ENplus și pentru realizarea scopului înaintat care vizează valorificarea biomasei generate de culturile energetice pentru producerea BCSD în toate aspectele prevăzute de sistemul de certificare ENplus;

- Pentru realizarea primului obiectiv înaintat în lucrare, s-a realizat un studiu sintetic al stadiului cercetărilor științifice din țară și din străinătate în domeniul producerii BCSD din biomasă lignocelulozică, în special, și din biomasă derivată de diferite culturi energetice, în particular, prin analiza și confruntarea datelor prezentate în peste 400 lucrări științifice din domeniul tezei de doctorat, dintre care 238 sunt incluse în referințele bibliografice a prezentei lucrări, fapt care a confirmat actualitatea și importanța temei abordate, a condus la concretizarea ipotezei de lucru, a scopului cercetării și obiectivelor tezei de doctorat. *Concluzia este formulată pe baza materialului dezvoltat în cap. I, p. 1.1, 1.2 și 1.4 și parțial publicat în [7, 16,40].*

- S-au identificat factorii care determină calitatea BCSD produși din biomasă vegetală provenită din culturi energetice și amestecuri formate pe baza acestora cu evaluarea ponderii contribuției acestora în procesul de certificare ENplus. *Concluzia este formulată pe baza materialului dezvoltat în cap1, p. 1.3 și 1.4;*

- Obiectivul ce ține de dezvoltarea metodologiei de cercetare și amenajarea laboratorului necesar pentru realizarea obiectivelor propuse a fost materializat prin conceperea, elaborarea, proiectarea și implementarea unui algoritm de cercetare care specifică etapele studiului pentru realizarea scopului și obiectivelor înaintate în lucrare, utilajul și metodele de încercare. Pentru investigarea impactului regimurilor tehnologice de densificare a biomasei, a fost dezvoltat și

realizat un dispozitiv original, care poate comprima biomasa într-o cavitate închisă și în mișcare continuă cu capacitate de monitorizare diferitor aspecte, precum forța de presiune, temperatura matricei, viteza de compactare, raportul dintre diametrul matricei la intrare și la ieșire, inclusiv și caracteristicile biomasei vegetale care este supusă acestui proces, cum ar fi granulația, conținutul de umiditate, originea și specificațiile biomasei (cap. 2, BI nr. 10333 din 11.10.2023);

- Evaluarea resurselor durabile de biomasă generată de culturile energetice, prin prisma utilizării lor în producția BCSD conform normelor ENplus s-a materializat prin caracterizarea fizico-chimică a 49 specii de biomasă lignocelulozică, inclusiv 34 specii de culturi energetice și 73 BCSD din biomasă de culturi energetice și amestecuri formate pe baza acestor culturi. Analiza biomasei provenite din plante energetice perene a dezvăluit că în ceea ce privește puterea energetică, Păiușul de livezi, cunoscut și sub numele de *Festuca pratensis* din familia Poaceae, se situează în frunte, urmat de *Miscanthus × giganteus* Titan. Cu toate acestea, este important să menționăm că biomasa de *Miscanthus* este preferabilă pentru producția de BCSD, deoarece conține o cantitate semnificativ mai mică de cenușă în comparație cu biomasa de *Festuca pratensis*, respectiv 1,18% față de 3,9%. Rezultatele obținute au permis formularea unui set de recomandări pentru specialiștii și producătorii din domeniul BCSD. *Rezultatele sunt prezentate în tabelele 1.1, 1.3, 3.2 - 3.5, 4.5 -4.9 și publicate în [40] [48] [36] [14] [16];*

- S-a constatat că cele mai promițătoare rezultate din punct de vedere al puterii de ardere, le-au obținut speciile de biomasă lemnoasă. De exemplu, Plopul și Salcia energetică *Salix* au prezentat o putere de ardere net la recepție, respectiv 16,37 MJ/kg și 16,13 MJ/kg. În același rând s-a constatat că ambele tipuri de biomasă produc o cantitate semnificativă de cenușă în timpul procesului de ardere, aproximativ 3,53% și 3,97%. Prin urmare, se recomandă utilizarea Salciei Turbo și a Plopului energetic hibrid pentru producerea de BCSD numai atunci când sunt amestecate cu alte tipuri de biomasă care, în timpul procesului de ardere, generează o cantitate redusă de cenușă. *Rezultatele sunt prezentate în cap.3, p. 3.2.1 și publicate în [14];*

- Prin realizarea unui studiu de caz efectuat pe diferite genotipuri de *Miscanthus* din perspectiva utilizării acestora la producerea BCSD s-a observat că biomasa provenită de la specii colectată în primăvară, posedă putere de ardere mai mare ca cea colectată toamna. De asemenea, s-a demonstrat că conținutul de carbon, sulf, clor și oxigen rezultat de la arderea biomasei de *M. x giganteus* titan nu se diferențiază semnificativ față de cel al biomasei de *M. sinensis*, cu excepția cazului în care se iau în considerare termenii de recoltare. *Rezultatele sunt prezentate în cap.3, p. 3.2.3 și publicate în [16];*

- Extinderea bazei de cunoștințe referitoare la căile de îmbunătățire a calității BCSD în conformitate cu obiectivele politicilor naționale și internaționale cu privire la dezvoltarea SRE prin analiza calității BCSD din culturile energetice din familia Asteraceae, într-un studiu de caz pentru

BCSD din biomasă de *Silphium perfoliatum* în amestec cu reziduuri de cătină albă, de reziduuri agricole arboricole și cu reziduuri de viță-de-vie. S-a dedus că amestecurile din cătină albă, din reziduuri agricole arboricole și din reziduuri de viță-de-vie, în combinație cu biomasa de *Silphium perfoliatum* cu conținutul acesteia de până la 45 %, pot fi folosite la producerea brichetelor cu proprietăți calitative conforme cerințelor normelor ENplus clasa A1. Dacă conținutul de reziduuri agricole, în amestecurile de *Silphium perfoliatum*, se mărește până la 75%, atunci calitatea brichetelor poate fi de clasa A2. *Rezultatele sunt prezentate în cap.4, p. 4.1-4.3 și publicate în [49]*

- Cercetările cu privire la folosirea biomasei de culturi energetice din familiile Poaceae și Salicaceae realizate în cadrul unui studiu de caz cu folosirea biomasei de *Miscanthus x Giganteus*, în amestec cu reziduuri de cătină albă, reziduuri agricole arboricole, reziduuri de viță-de-vie și paie de rapiță au demonstrat compatibilitatea biomasei de *Miscanthus x Giganteus* cu toate tipurile de biomasă luate în studiu cu excepția paielor de rapiță, care au rezultat o densitate a particulelor brichetelor mai mică de 75%. S-a dedus o capacitatea de miscibilitate a biomasei de *Miscanthus x Giganteus* cu alte tipuri de biomasă de culturi energetice cum sunt sorgul zaharat, hrișca de Sahalin, salcie energetică și plop hibrid energetic în amestecuri din două componente și din trei componente cu adaos de biomasă de cătină albă. *Rezultatele sunt prezentate în cap.4, p. 4.4 și publicate în [50];*

- S-a demonstrat că pentru creșterea densității BCSD din culturi energetice este rezonabil de adăugat biomasă provenită din lanțul de producere a cătinii albe. Astfel, prin folosirea, în calitate de componentă de ranforsare, a cel puțin 20% reziduuri de cătină albă în amestecul de materie primă MG25%+HS75%, brichetele produse din această materie primă îndeplinesc cerințele pentru clasa A2 ENplus cu privire la densitatea particulelor. Mai mult ca atât, prin adăugarea a cel puțin 40% biomasă de cătină albă, se pot obține brichete de clasa A1 ENplus care respectă toate celelalte cerințe ale clasei A1. *Rezultatele sunt prezentate în cap.4, p. 4.4.2-4.4.3 și publicate în [36,51,52];*

- Studiul referitor la perfecționarea procesului tehnologic de producere a BCSD a dedus că optimizarea regimurilor tehnologice de fabricare a BCSD reprezintă o cale sigură de asigurare a calității BCSD. În rezultatul unui experiment polifactorial s-a reușit obținerea unor diagrame pentru stabilirea regimurilor tehnologice care asigură condițiile cele mai favorabile pentru obținerea unor parametri prestabiliți de producător. *Rezultatele sunt prezentate în cap.4, p. 5 și publicate în [53].*

RECOMANDĂRI ȘI PERSPECTIVE

Cercetările realizate în prezenta teză de doctorat poate prezenta continuitate prin următoarele:

1. Efectul aditivilor organici asupra calității biocombustibililor solizi densificați din biomasă

vegetală disponibilă în Republica Moldova.

2. Cercetări experimentale cu privire la efectul pretratării termomecanice și termochimice asupra structurii și proprietăților biomasei lignocelulozice provenite din culturi energetice.

3. Studiul influenței distribuției ligninei, celulozei și hemicelulozei în corelare cu microstructura și caracteristicile fizico-chimice asupra calității BCSD obținuți din biomasă generată de culturile energetice.

4. Optimizarea lanțurilor de aprovizionare cu biomasă generată de culturile energetice la producerea BCSD în condițiile Republicii Moldova.

5. Examinarea efectului compoziției chimice și a temperaturii de fuziune a cenușii asupra fiabilității termocentralelor care folosesc BCSD din biomasă lignocelulozică.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. PARLAMENTUL EUROPEAN. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene. 2018 [citată 5 iulie 2023]. DIRECTIVA (UE) 2018/2001 A PARLAMENTULUI EUROPEAN ȘI A CONSILIULUI. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001&qid=1691241506280>
2. PARLAMENTUL EUROPEAN. Parlamentul European. 2023 [citată 22 iulie 2023]. Energia din surse regenerabile | Fișe descriptive despre Uniunea Europeană | Parlamentul European. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/ro/sheet/70/energia-din-surse-regenerabile>
3. ANDRONIC, P. et al. Politica energetică a Republicii Moldova. In: *Meridian Ing.* 1.
4. CEBAN, V. Dezvoltarea energiei regenerabile în Republica Moldova: realități, capacități, opțiuni, perspective. APE. Chișinău; 2014.
5. Hăbășescu, I. et al. Energie din biomasă: tehnologii și mijloace tehnice. Chișinău: *Bons Offices*; 2009. 368 p.
6. MARIAN, G. et al. Evaluation of agricultural residues as organic green energy source based on seabuckthorn, blackberry, and straw blends. In: *Agronomy*. 2022 [Online]. 12(9): 2018. <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/9/2018>
7. CIOLACU, F. et al. A Qualitative Assessment of the Specific Woody Biomass of Fruit Trees. In: *Forests*. 2022 [Online]. 13(3): 405. <https://www.mdpi.com/1999-4907/13/3/405>
8. PAVLENCO, A. et al. Potențialul energetic al reziduurilor agricole: studiu de caz pentru regiunea de dezvoltare nord, Republica Moldova. In: *Știința Agric.* 2(2): 141-8.
9. MARIAN, G. Biocombustibili solizi: producere și proprietăți: Manual pentru uzul producătorilor de biocombustibili solizi. *Guvernul Rep. Moldova Progr. Națiunilor Unite pentru Dezvoltare (PNUD), editor*. Proiectul Energie și Biomasă în Republica Moldova. Chișinău: *S. n., 2016 (Tipogr. "Bons Offices")*; 2016. 172 p.
10. SE 2030. Strategia energetică a Republicii Moldova până în anul 2030 [Internet]. 2013 [citată 15 august 2023]. <http://lex.justice.md/viewdoc.php?action=view&view=doc&id=346670&lang=1>
11. SEM 2050. Strategia Energetică a Republicii Moldova 2050 (SEM 2050). 2023 [Online]. [citată 15 august 2023]; https://midr.gov.md/files/shares/Concept_Strategia_Energetica_act.pdf
12. HOTĂRÂREA DE GUVERN. cu privire la aprobarea Strategiei de dezvoltare cu emisii reduse a Republicii Moldova până în anul 2030. In: *Monit Of al Republicii Mold.* 2016 [Online]. (1470 din 30-12-2016). https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=98493&lang=ro
13. HOTĂRÂREA DE GUVERN. cu privire la aprobarea Strategiei de mediu pentru anii 2014-2023. In: *Monit Of al Republicii Mold.* 2014 [Online]. (301 din 24-04-2014).

- https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=114539&lang=ro
14. MARIAN, G. et al. Quality of pellets produced from agricultural wood residues specific to the Prut river basin. In: *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 1: 84-93.
 15. GUDÎMA, A. Evaluarea utilizării reziduurilor agricole pentru scopuri energetice. Studiu de caz pentru raionul Soroca, Republica Moldova. In: *Meridian Ing*. 1: 26-9.
 16. DARADUDA, N. et al. Perspectives for the use of biomass generated by some Miscanthus genotypes in the production of densified solid biofuels. In: *J Eng Sci*. 2022 [Online]. 29(2): 133-43. <https://jes.utm.md/2022/06/10/10-52326-jes-utm-2022-29-2-13/>
 17. ANGELOVA, V. Phytoremediation Potential of Miscanthus X Giganteus in Soil Contaminated With Heavy Metals. In: *Sci Pap E-l Reclam Earth Obs Surv Environ Eng*. 9: 29-37.
 18. HAAG, NL. et al. Methane formation potential of cup plant (*Silphiumperfoliatum*). In: *Biomass and Bioenergy*. 75: 126-33.
 19. ȚIȚEI, V. et al. The quality of willow biomass and fuel briquettes. In: *Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін присвячується 30-річчю Незалежності України*. (Kiev, Ucraina, 5-7 octombrie 2021): 111-4.
 20. IVANOVA, T. et al. Energy crops utilization as an alternative agricultural production. In: *Agron Res*. 13(2): 311-7.
 21. MARIAN, G. et al. Quality of densified solid biofuels produced from some energy crops specific to the conditions of the Republic of Moldova. In: *Sci Pap Ser E L Reclamation, Earth Obs Surv Environ Eng*. 2021 [Online]. X: 54-9. <https://www.landreclamationjournal.usamv.ro/pdf/2021/Art7.pdf>
 22. JEWIARZ, M. et al. Parameters A ff ecting RDF-Based Pellet Quality. In: *Energies*. 13(910).
 23. FERREIRA, LRA. et al. Review of the energy potential of the residual biomass for the distributed generation in Brazil. In: *Renew Sustain Energy Rev*. 2018 [Online]. 94(June): 440-55. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.034>
 24. ALAKANGAS, E. et al. Quality guidelines for wood fuels in Finland - 2020 VTT-M-04712-15. Jyväskylä: 2020; 2020. 53 p.
 25. ALAKANGAS, E. Biomass and agricultural residues for energy generation. În: *Fuel Flexible Energy Generation: Solid, Liquid and Gaseous Fuels 2016* [Online]. Boston: 2016 (*Woodhead Publishing*); 2016. p. 59-96. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-78242-378-2.00003-1>
 26. NUNES, LJR. et al. Energy recovery of agricultural residues: incorporation of vine pruning in the production of biomass pellets with ENplus® certification. In: *Recycling*. 2021 [Online]. 6(2): 28. <https://www.mdpi.com/2313-4321/6/2/28>
 27. HOTĂRÂREA DE GUVERN. cu privire la aprobarea Programului național în domeniile cercetării și inovării pentru anii 2020-2023. In: *Monit Of al Republicii Mold*. 2019 [Online]. (381 din 01-08-2019). https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=115747&lang=ro
 28. SM EN ISO/IEC 17025:2018. Cerințe generale pentru competența laboratoarelor de încercări și etalonări. 2018.
 29. SM EN ISO 18125:2017. Biocombustibili solizi. Determinarea puterii calorice. 2017. p. 70.
 30. SM EN ISO 18122:2023. Biocombustibili solizi. Determinarea conținutului de cenușă. 2023. p. 20.
 31. SM EN ISO 14780:2017. Biocombustibili solizi. Preparare eşantioane. 2017.
 32. HĂBĂȘESCU, I. et al. Potențialul energetic al masei vegetale din agricultura Republicii Moldova. În: *Conferința „Energetica Moldovei”*. 2012. p. 355-9.
 33. MARIAN, G. et al. Estimarea capacității calorifice a biomasei lignocelulozice provenite din diferite zone ale Republicii Moldova în conceptul de producere de combustibili solizi. In: *Știința Agric*. 1(1): 97-103.
 34. MARIAN, G. et al. Dezvoltarea capacității de valorificare a potențialului energetic al resurselor genetice vegetale generate de unele culturi energetice. In: *Realiz și Perspect în*

- Ing Agrar și Transp auto.* 56: 292-6.
35. MARIAN, G. et al. Caracterizarea reziduurilor provenite din lanțul de producere a cătinii albe. In: *Știința Agric.* 2: 91-6.
 36. MARIAN, G. et al. Perspectivele valorificării reziduurilor de cătină albă în scopuri energetice. În: *Lucrări științifice, Simpozion științific internațional "Sectorul agroalimentar - realizări și perspective"*. Chișinău; 2022. p. 297-301.
 37. MARIAN, G. et al. Prospects for the use of Seabuckthorn residues in the production of densified solid biofuels. In: *Sci Pap Ser E L Reclamation, Earth Obs Surv Environ Eng.* X: 60-3.
 38. BILANDZIJA, N. et al. Energy valorization of Miscanthus x giganteus biomass: A case study in Croatia. In: *J Process Energy Agric.* 21(2): 32-6.
 39. BROSE, N. et al. Miscanthus: a fast- growing crop for biofuels and chemicals production. In: *Biofuels, Bioprod Biorefining.* 8(6): 743.
 40. MARIAN, G. et al. Calorific Value of Pellets Produced From Raw Material Collected From Both Sides of the River Prut. In: *J Eng Sci.* 29(4): 126-37.
 41. ȚIȚEI, V. et al. Proprietățile fizico-mecanice a fitomasei și biobrichetelor din plante perene din familia Asteraceae. In: *Biotehnol avansate – Realiz și Perspect Simp științific național cu Particip internațională.* Ed. 5 (Chișinău, Moldova, 21-22 octombrie 2019): 182-182.
 42. ȚIȚEI, V. et al. Biomass quality of some Asteraceae species for solid biofuel purposes in Moldova. 2018 [Online]. 1-6.
[http://dspace.uasm.md:8080/bitstream/handle/123456789/5072/titei et.al.2018tm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.uasm.md:8080/bitstream/handle/123456789/5072/titei%20et.al.2018tm.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
 43. ȚIȚEI, V. et al. Perennial Herbaceous Species Sida Hermaphrodita and Polygonum Sachalinense for Renewable and Sustainable Energy in the Republic of Moldova. In: *Res J Agric Sci.* 2017 [Online]. 49(2): 53-60.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=124848658&lang=es&site=ehost-live>
 44. ȚIȚEI, V. et al. Prospects for the utilization of the Miscanthus giganteus and Polygonum sachalinense for solid biofuel production in the Republic of Moldova. In: *Sci Pap Ser A Agron.* LIX: 2-5.
 45. MUNTEAN, I. et al. Biomass quality of some Poaceae species and possible use for renewable energy production in Moldova. In: *Sci Pap Ser A Agron.* 2018 [Online]. LXI(1): 2-7. https://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2018/issue_1/Art80.pdf
 46. ȚIȚEI, V. et al. Bunele practici de utilizare a terenurilor degradate în cultivarea culturilor cu potențial de biomasă energetică. Chișinău: *Tipogr. „Bons Offices”*; 2021. 80 p.
 47. MARIAN, G. et al. Analiza comparativă a biomasei obținute din culturi energetice. In: *Știința Agric.* 2(2): 70-5.
 48. ȚIȚEI, V. et al. Salcamul alb (Robinia pseudoacacia) – valoarea economică și ecologică în condițiile Republicii Moldova. In: *Simp „Conservarea Divers Biol – o șansă pentru remedierea ecosistemelor”*. Chișinău(24-25 septembrie 2021): 386-93.
 49. DOROFTEI, V. et al. Prospects for the utilization of the Silphium perfoliatum and Silphium integrifolium for renewable energy production in Moldova. În: *Simpozionul „Biology and sustainable development”*. Bacău: *Romania*; 2023. p. 62-3.
 50. DARADUDA, N. et al. Characterization and evaluation of energy properties of briquettes produced from miscanthus, sea buckthorn and arboriculture residues and their mixtures. În: *Modern Trends in the Agricultural Higher Education.* Chișinău: *Tehnica-UTM*; 2023. p. 150.
 51. NAZAR, B. et al. Quality assessment of biomass mixtures from sea buckthorn and fruit trees residues. În: *Modern Trends in the Agricultural Higher Education.* Chișinău: *Tehnica-UTM*; 2023. p. 152.
 52. MARIAN, G. et al. Valorificarea biomasei pentru producerea energiei termice. *Monografie* 2023. p. 37.

53. MARIAN, G. et al. Effects of densification parameters on the quality of briquettes produced from mixing *Miscanthus giganteus* and agricultural residues. În: *Modern Trends in the Agricultural Higher Education*. Chişinău: *Tehnica-UTM*; 2023. p. 148.

LISTA LUCRĂRILOR ŞTIINŢIFICE LA TEMA TEZEI

1. Articole în reviste ştiinţifice

• Articole în reviste din bazele de date Web of Science şi SCOPUS

1. MARIAN, Grigore, IANUŞ, Gelu, ISTRATE, Bogdan, BANARI, Alexandru, NAZAR, Boris, MUNTEANU, Corneliu, MĂLUŢAN, Teodor, GUDIMA, Andrei, CIOLACU, Florin, **DARADUDA, Nicolae**, PALEU, Viorel. Evaluation of Agricultural Residues as Organic Green Energy Source Based on Seabuckthorn, Blackberry, and Straw Blends. In: *Agronomy*. 2022, nr. 9(12), pp. 1-14. ISSN 2073-4395. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12092018>

2. CIOLACU, Florin, IANUŞ, Gelu, MARIAN, Grigore, MUNTEANU, Corneliu, PALEU, Viorel, NAZAR, Boris, ISTRATE, Bogdan, GUDIMA, Andrei, **DARADUDA, Nicolae**. A Qualitative Assessment of the Specific Woody Biomass of Fruit Trees. In: *Forests*. 2022, nr. 3(13), pp. 1-14. ISSN 1999-4907. DOI: <https://doi.org/10.3390/fl3030405>

• Articole în reviste din străinătate recunoscute

3. MARIAN, Grigore, BANARI, Alexandru, NAZAR, Boris, GUDIMA, Andrei, **DARADUDA, Nicolae**, PAVLENCO, Andrei. Prospects for the use of sea buckthorn residues in the production of densified solid biofuels. In: *Scientific Papers, UASVM of Bucharest. Series E. Land Reclamation, Earth Observation and Surveying, Environmental Engineering*. 2021, vol. X, pp. 60-63. ISSN 2285-6064.

4. Grigore MARIAN, **Nicolae DARADUDA**, Andrei GUDIMA, Boris NAZAR, Alexandru BANARI, Andrei PAVLENCO. Quality of densified solid biofuels produced from some energy crops specific to the conditions of the Republic of Moldova. In: *Scientific Papers, UASVM of Bucharest. Series E. Land Reclamation, Earth Observation and Surveying, Environmental Engineering*. 2021, vol. X, pp. 54-59. ISSN 2285-6064.

5. MARIAN, Grigore, IANUŞ, Gelu, ISTRATE, Bogdan, GUDIMA, Andrei, NAZAR, Boris, PAVLENCO, Andrei, BANARI, Alexandru, **DARADUDA, Nicolae**. Quality of pellets produced from agricultural wood residues specific to the Prut river basin. In: *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021, nr. 1, pp. 84-93. ISSN 2313-092X. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1\(109\)-11](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1(109)-11)

6. TITEI V., GADIBADI M., GUTU A., **DARADUDA N.**, MAZARE V., ARMAS A., CEREMPEI V. 2020, BIOMASS QUALITY OF HEMP, *Cannabis sativa L.*, AND PROSPECTS OF ITS USE FOR VARIOUS ENERGY PURPOSES. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, Vol. LXIII, Issue 2, ISSN 2285-5785, 330-335.

• Articole în reviste din Registrul Naţional al revistelor de profil, categoria B+

7. **DARADUDA, Nicolae**, MARIAN, Grigore. Perspectives for the use of biomass generated by some miscanthus genotypes in the production of densified solid biofuels. In: *Journal of Engineering Sciences*. 2022, vol. 29, nr. 2, pp. 133-143. ISSN 2587-3474. DOI: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(2\).13](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(2).13)

8. MARIAN, Grigore, IANUŞ, Gelu, GUDIMA, Andrei, NAZAR, Boris, ISTRATE, Bogdan, BANARI, Alexandru, PAVLENCO, Andrei, **DARADUDA, Nicolae**. The calorific value of pellets produced from raw material collected from both sides of the Prut river. In: *Journal of*

- **Articole în reviste din Registrul Național al revistelor de profil, categoria B**

9. MARIAN, Grigore, BANARI, Alexandru, GUDIMA, Andrei, **DARADUDA, Nicolae**, PAVLENCO, Andrei. Caracterizarea reziduurilor provenite din lanțul de producere a cătinii albe. In: *Știința Agricolă*. 2020, nr. 2, pp. 91-96. ISSN 1857-0003. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4321228>

- **2. Articole în culegeri științifice**

- **În lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)**

10. DOROFTEI, Veaceslav, ABABII, Alexei, ȚIȚEI, Victor, GADIBADI, Mihail, SÎRBU, Tatiana, CEREMPEI, Valerian, GUDIMA, Andrei, NAZAR, Boris, **DARADUDA, Nicolae**, LUPAN, Aurelia. Prospects for the utilization of the prairie cordgrass spartina pectinata for bioenergy production in Moldova. In: *Biology and sustainable development*. Ediția 20, R, 24-25 noiembrie 2022, Bacău. Bacău, Romania: 2022, pp. 88-89. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/169775

11. CÎRLIG, Natalia, GUȚU, Ana, ȚIȚEI, Victor, GADIBADI, Mihail, DOROFTEI, Veaceslav, ABABII, Alexei, **DARADUDA, Nicolae**. Some biological features of Virginia mallow, *Sida hermaphrodita*, and prospects of its use in the Republic of Moldova. In: *Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін присвячується 30-річчю Незалежності України*. 5-7 octombrie 2021, Kiev. Kiev, Ukraina: Видавництво Ліра-К, 2021, pp. 88-90. ISBN 978-617-520-173-2. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/144849

12. ABABII, Alexei, DOROFTEI, Veaceslav, ȚIȚEI, Victor, COZARI, Sergiu, ANDREOIU, Andreea Cristina, GADIBADI, Mihail, GUDIMA, Andrei, NAZAR, Boris, **DARADUDA, Nicolae**. The cell wall components and theoretical ethanol potential of *Macleaya cordata* (Willd.) R.br. stems. In: *Biology and sustainable development*. Ediția 21, 23 noiembrie 2023, Bacău. Bacău: 2023, pp. 60-61. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/193877

13. DOROFTEI, Veaceslav, ȚIȚEI, Victor, ABABII, Alexei, ANDREOIU, Andreea Cristina, COZARI, Sergiu, GADIBADI, Mihail, CEREMPEI, Valerian, GUDIMA, Andrei, NAZAR, Boris, **DARADUDA, Nicolae**. Prospects for the utilization of the *Silphium perfoliatum* and *Silphium integrifolium* for renewable energy production in Moldova. In: *Biology and sustainable development*. Ediția 21, 23 noiembrie 2023, Bacău. Bacău: 2023, pp. 62-63. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/193879

- **În lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională**

14. MARIAN, G., BANARI, A., NAZAR, B., GUDÎMA, A., **DARADUDA, N.**, PAVLENCO, A. Perspectivele valorificării reziduurilor de cătină albă în scopuri energetice. In: *Lucrări științifice, Univ. Agrară de Stat din Moldova*. 2022, vol. 56: materialele Simpozionului Științific Internațional „Sectorul agroalimentar – realizări și perspective”, 19-20 noiem. 2021, pp. 297-301. ISBN 978-9975-64-329-0

15. MARIAN, G., **DARADUDA, N.**, GUDÎMA, A., NAZAR, B., BANARI, A., PAVLENCO, A. Dezvoltarea capacității de valorificare a potențialului energetic al resurselor genetice vegetale generate de unele culturi energetice. In: *Lucrări științifice, Univ. Agrară de Stat din Moldova*. 2022, vol. 56: materialele Simpozionului Științific Internațional „Sectorul agroalimentar – realizări și perspective”, 19-20 noiem. 2021, pp. 292-296. ISBN 978-9975-64-329-0.

16. ȚIȚEI, Victor, ROȘCA, Ion, GUDIMA, Andrei, DOROFTEI, Veaceslav, GADIBADI, Mihail, NAZAR, Boris, GUȚU, Ana, CÎRLIG, Natalia, ABABII, Alexei, COZARI, Sergiu, **DARADUDA, Nicolae**. Salcamul alb (*Robinia pseudoacacia*) – valoarea economică și ecologică

în condițiile Republicii Moldova. In: *Conservarea diversității biologice – o șansă pentru remedierea ecosistemelor*. 24-25 septembrie 2021, Chișinău. Chișinău: Pontos SC Europres SRL, 2021, pp. 386-393. ISBN 978-9975-72-585-9. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/141786

17. SCLEAR, Petru, MELNIC, Iurie, **DARADUDA, Nicolae**. Conversia biomasei în energie în condițiile Republicii Moldova. In: *Realizări și perspective în mentenanța utilajului agricol și a autovehiculelor*. Vol.28, 30 septembrie 2011, Chișinău. Chișinău: "Print-Caro" SRL, 2011, pp. 221-227. ISBN 978-9975-64-218-7. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/85421

3. Teze în culegeri științifice

• în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

18. MARIAN, Grigore, **DARADUDA, Nicolae**. Folosirea biomasei, generate de unele culturi energetice, în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor solizi densificați. In: *Sectorul agroalimentar – realizări și perspective*. 11-12 noiembrie 2022, Chisinau. Chișinău: Print-Caro, 2023, pp. 72-73. ISBN 978-9975-165-51-8.. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/176589

19. MARIAN, Grigore, GUDIMA, Andrei, NAZAR, Boris, **DARADUDA, Nicolae**, PAVLENCO, Andrei. Stabilirea limitelor de miscibilitate și compatibilitate a constituenților amestecurilor formate pe baza miscanthus titan+. In: *Sectorul agroalimentar – realizări și perspective*. 11-12 noiembrie 2022, Chisinau. Chișinău: Print-Caro, 2023, pp. 96-97. ISBN 978-9975-165-51-8.. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/176618

20. MARIAN, Grigore, **DARADUDA, Nicolae**, GUDIMA, Andrei. Effects of densification parameters on the quality of briquettes produced from mixing Miscanthus giganteus and agricultural residues. In: *Modern Trends in the Agricultural Higher Education dedicated to the 90th anniversary of the founding of higher agricultural education in the Republic of Moldova*. 5-6 octombrie 2023, Chișinău. Chișinău: Tehnica-UTM, 2023, p. 148. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/193137

21. **DARADUDA, Nicolae**, MARIAN, Grigore, PAVLENCO, Andrei. Characterization and evaluation of energy properties of briquettes produced from miscanthus, sea buckthorn and arboriculture residues and their mixtures. In: *Modern Trends in the Agricultural Higher Education dedicated to the 90th anniversary of the founding of higher agricultural education in the Republic of Moldova*. 5-6 octombrie 2023, Chișinău. Chișinău: Tehnica-UTM, 2023, p. 150. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/193144

22. NAZAR, Boris, MARIAN, Grigore, MALAI, Leonid, **DARADUDA, Nicolae**. Quality assessment of biomass mixtures from sea buckthorn and fruit trees residues. In: *Modern Trends in the Agricultural Higher Education dedicated to the 90th anniversary of the founding of higher agricultural education in the Republic of Moldova*. 5-6 octombrie 2023, Chișinău. Chișinău: Tehnica-UTM, 2023, p. 152. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/193147

4. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții

DARADUDA, Nicolae, MARIAN, Grigore, NAZAR, Boris, GUDÎMA, Andrei, GHEORGHÎȚA, Andrei, BANARI, Alexandru, GELU, Ianuș, ISTRATI, Bogdan,. Dispozitiv pentru studierea procesului de densificare a biomasei vegetale în formă de brichete. Brevet MD 1734Y 10.01.2023

ADNOTARE

DARADUDA Nicolae. „Valorificarea biomasei culturilor energetice pentru producerea biocombustibililor solizi densificați”.

Teză de doctor în științe inginerești, Chișinău, 2023.

Structura tezei: Introducere, 4 capitole, bibliografie din 239 titluri, 5 anexe, 104 pagini (până la bibliografie), 24 figuri, 22 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în (2 - publicații indexate în SCOPUS, 4 - baze de date internaționale, 8 - comunicări la conferințe științifice internaționale sau cu participare internațională, 3 - articole în reviste din RM, 5 - teze în lucrările conferințelor științifice internaționale (RM), un brevet de invenție (Brevet MD 1734 Y 10.01.2023), 1 capitol în monografie.

Cuvinte-cheie: Amestecuri; Biocombustibili solizi densificați; Biomasă lignocelulozică; Calitatea BCSD; Culturi energetice; ENplus; Regimuri de densificare; Reziduuri agricole.

Scopul lucrării: Valorificarea biomasei provenite din diferite culturi energetice pentru producerea BCSD în toate aspectele prevăzute de sistemul de certificare ENplus.

Obiectivele lucrării: Evaluarea situației actuale cu privire la producerea BCSD din culturi energetice; determinarea factorilor care determină calitatea BCSD și evaluarea contribuției lor în procesul de certificare ENplus; dezvoltarea metodologiei de cercetare; evaluarea resurselor durabile de biomasă obținută din diferite culturi energetice, prin prisma utilizării lor în producția BCSD conform normelor ENplus; extinderea bazei de cunoștințe cu privire la căile de îmbunătățire a calității BCSD; diseminarea rezultatelor obținute în teza de doctorat; implementarea și adoptarea celor mai bune decizii în utilizarea biomasei generate de culturile energetice la producerea BCSD.

Noutatea științifică: examinare stadiului curent referitor la obținerea BCSD din biomasa provenită din culturi energetice și amestecuri în vederea certificării ENplus; elaborarea și utilizarea unei instalații de laborator originale pentru studierea procesului de densificare a BCSD funcție de regimurile tehnologice și starea materiei prime; identificarea specificului cantitativ și calitativ al biomasei generate de diferite culturi energetice adecvate pentru producerea BCSD certificați ENplus; obținerea de informații noi cu privire la îmbunătățirea calității BCSD din biomasă derivată din culturile; elaborarea recomandărilor pentru producerea BCSD certificați ENplus.

Rezultatele obținute care contribuie la soluționarea unei probleme științifice importante: constau într-o justificare științifică solidă și într-o argumentare bazată pe experimente a căilor de valorificare a biomasei lignocelulozice provenită din culturi energetice pentru producerea BCSD în toate aspectele prevăzute de sistemul de certificare ENplus, *fapt ce a confirmat oportunitatea* folosirii biomasei de culturi energetice la producerea BCSD și furnizarea unui set de recomandări valoroase pentru specialiștii și producătorii din domeniul BCSD.

Semnificația teoretică: dezvoltarea și consolidarea cunoștințelor științifice referitoare la valorificarea biomasei provenite din culturi energetice pentru producerea BCSD pretabili certificării ENplus prin identificarea specificului calitativ și cantitativ al materiei prime și al produsului finit funcție de factorii de influență a calității acestora.

Valoarea aplicativă: capacitatea de a furniza specialiștilor și producătorilor de BCSD informații foarte importante referitoare la aspectul calitativ și cantitativ al diferitor specii de biomasă de culturi energetice și a amestecurilor formate din aceste specii și cu privire la căile de asigurare a calității produsului finit și de perfecționare a curriculumurilor universitare cu tangență la domeniul respectiv.

Implementarea rezultatelor științifice: rezultatele obținute au fost implementate în curricula cursului Teorii și tehnologii de management al deșeurilor agricole, studii masterat, specializarea 071.MS.06. Agroinginerie. Rezultatele obținute sunt implementate la SRL ESSENTIALIS, Chișinău.

ABSTRACT

DARADUDA Nicolae "Exploiting the biomass of energy crops for producing densified solid biofuels".

PhD thesis in engineering sciences, Chisinau, 2023.

Thesis structure: Introduction, 4 chapters, bibliography of 239 titles, 5 appendices, 104 pages (up to the bibliography), 24 figures, 22 tables. The obtained results are published in (2 - publications indexed in SCOPUS, 4 - international databases, 8 - communications at international scientific conferences or with international participation, 3 - articles in journals from Moldova, 5 - theses in the proceedings of international scientific conferences (Moldova), one invention patent (Patent MD 1734 Y 10.01.2023), 1 chapter in a monograph.

Keywords: Mixtures; Densified Solid Biofuels; Lignocellulosic Biomass; BCSD Quality; Energy Crops; ENplus; Densification Regimes; Agricultural Residues.

Purpose of the paper: Exploiting the biomass from various energy crops for producing DSB in all aspects provided by the ENplus certification system.

Objectives of the paper: Evaluating the current situation regarding the production of DSB from energy crops; identifying the factors determining the DSB quality and evaluating their contribution in the ENplus certification process; developing the research methodology; assessing the sustainable biomass resources obtained from various energy crops, considering their use in DSB production according to ENplus standards; gaining new insights into ways to improve DSB quality; disseminating the results obtained in the doctoral thesis; implementing and adopting the best decisions in using biomass generated by energy crops in DSB production.

Scientific novelty: Examining the current stage regarding the production of DSB from biomass derived from energy crops and mixtures for ENplus certification; designing and using an original laboratory installation for studying the DSB densification process depending on technological regimes and raw material state; identifying the quantitative and qualitative specifics of biomass generated by different energy crops suitable for producing ENplus certified DSBS; obtaining new information on improving the quality of DSB from biomass derived from crops; developing recommendations for producing ENplus certified DSB.

Results contributing to solving a significant scientific problem: They consist of a solid scientific justification and an argument based on experiments for exploiting lignocellulosic biomass from energy crops to produce DSB in all aspects provided by the ENplus certification system, which confirmed the opportunity to use biomass from energy crops in DSB production and providing a set of valuable recommendations for experts and producers in the DSB field.

Theoretical significance: Developing and consolidating scientific knowledge about exploiting biomass from energy crops to produce DSB suitable for ENplus certification by identifying the qualitative and quantitative specifics of raw materials and the finished product based on the influencing factors of their quality.

Practical value: The ability to provide DSB specialists and producers with crucial information regarding the qualitative and quantitative aspects of various biomass species from energy crops and mixtures formed from these species and about the ways to ensure the product's quality and refining university curricula related to the respective field.

Implementation of scientific results: The results obtained were implemented in the curriculum of the course "Theories and Technologies of Agricultural Waste Management", master's studies, specialization 071.MS.06. Agricultural Engineering. The obtained results are implemented at SRL ESSENTIALIS, Chişinău.

АННОТАЦИЯ

ДАРАДУДА Николае. «Использование биомассы энергетических культур для производства уплотненного твердого биотоплива»,

Диссертация кандидата инженерных наук, Кишинев, 2023 г.

Структура диссертации: Введение, 4 главы, библиография из 239 наименований, 5 приложений, 104 страницы (до библиографии), 24 рисунка, 22 таблицы. Полученные результаты опубликованы в (2 - публикации, индексированные в SCOPUS, 4 - международные базы данных, 8 - сообщения на международных научных конференциях или с международным участием, 3 - статьи в журналах из Молдовы, 5 - тезисы в материалах международных научных конференций (Молдова), один патент на изобретение (Патент MD 1734 Y 10.01.2023), 1 глава в монографии).

Ключевые слова: Смеси; Уплотненные твердые биотоплива; Лигноцеллюлозная биомасса; Качество; Энергетические культуры; Режимы уплотнения; С.-х. отходы.

Цель работы: Использование биомассы, полученной из различных энергетических культур, для производства УТБ со всеми аспектами, предусмотренными системой *ENplus*.

Задачи работы: Оценка текущего состояния производства УТБ из энергетических культур; определение факторов, влияющих на качество УТБ и оценка их вклада в сертификации *ENplus*; разработка методологии исследования; оценка устойчивых источников биомассы, полученной из различных энергетических культур, с точки зрения их использования в соответствии с стандартами *ENplus*; получение новых знаний о способах улучшения качества УТБ; принятие и внедрение лучших решений по использованию биомассы, полученной из энергетических культур, для производства УТБ.

Научная новизна: исследование текущего состояния получения УТБ из биомассы, полученной из энергетических культур и их смесей, с целью сертификации *ENplus*; разработка и использование оригинального лабораторного оборудования для проведения исследований; определение количественных и качественных характеристик биомассы из различных энергетических культур, подходящих для производства сертифицированного УТБ *ENplus*; получение новой информации о способах улучшения качества УТБ из энергетических культур; разработка рекомендаций по производству УТБ *ENplus*.

Полученные результаты, которые способствуют решению важной научной проблемы: научно обоснованное и экспериментально подтвержденное использование биомассы из энергетических культур для производства УТБ во всех аспектах, предусмотренных системой сертификации *ENplus*, что подтвердило целесообразность использования биомассы из энергетических культур для производства УТБ и предоставило ценный набор рекомендаций для специалистов и производителей в области УТБ.

Теоретическое значение: развитие и укрепление научных знаний о использовании биомассы из энергетических культур для производства УТБ, подходящего для сертификации *ENplus*, путем определения качественных и количественных характеристик сырья и готового продукта в зависимости от факторов, влияющих на их качество.

Практическая ценность: возможность предоставления специалистам и производителям УТБ важной информации относительно качественных и количественных характеристик различных видов биомассы из энергетических культур и из смесей этих видов, а также методов обеспечения качества готового продукта и совершенствования университетских программ, связанных с этой областью.

Внедрение научных результатов: полученные результаты были внедрены в учебную программу курса Теории и технологии управления с.-х. отходами, магистратура, специализация 071.MS.06. Агроинженерия. Полученные результаты реализованы в ООО "ЭССЕНЦИАЛИС", Кишинев

DARADUDA NICOLAE

**VALORIFICAREA BIOMASEI CULTURILOR ENERGETICE
PENTRU PRODUCEREA BIOCOMBUSTIBILILOR SOLIZI
DENSIFICAȚI**

**255.02. TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE PENTRU INDUSTRIA
PRODUSELOR AGRICOLE**

Rezumatul tezei de doctor în științe inginerești

Aprobat spre tipar 16.02.24	Formatul hârtiei 60x84 1/16
Hârtie ofset. Tipar ofset.	Tirajul 40 ex.
Coli de tipar: 2,2	Comanda nr. 8

SRL "Print-CARO"

strada Columna 170, tel.: 022853386, 069124696