Gheorghe MATEI Nicolae-Valentin VLADUȚ
COORDONATORI

Elena TROTUȘ Simona-Florina ISTICIOAIA Reta DRĂGHICI
Lorena-Diana POPA Livia APOSTOL Iulian VOICEA



SORGUL
TEHNOLOGII INOVATIVE DE CULTIVARE ȘI VALORIFICARE

EUC
Editura Universitaria Craiova

Coordonatori
Gheorghe MATEI, Nicolae-Valentin VLĂDUŢ

Autori principali
Elena TROTUȘ Simona Florina ISTICIOAIA Reta DRĂGHICI
Lorena-Diana POPA Livia APOSTOL Iulian VOICEA

Dlui. Dr. ing. Gh. Mocanu

Cu deosebită considerație și
multe mulțumiri pentru ajutorul
acordat în derularea proiectului.

Craiova,
26.10.2021

Colectivul de autori care au participat la elaborarea lucrării:

- **Stațiunea de Cercetare - Dezvoltare Agricolă Secuieni**: Dr. ing. Elena TROTUȘ, Dr. ing. Simona - Florina ISTICIOAIA, Dr. ing. Diana - Lorena POPA, Drd. ing. Paula - Lucelia PINTILIE

- **Universitatea din Craiova:** Conf. univ. dr. Gheorghe MATEI, Prof. univ. dr. Marin SOARE, Conf. univ. dr. Paula IANCU, Șef lucr. dr. Mirela PARASCHIVU

- **Stațiunea de Cercetare - Dezvoltare pentru cultura Plantelor pe Nisipuri Dăbuleni:** Dr. ing. Iulian DRĂGHICI, Dr. ing. Reta DRĂGHICI, Dr. ing. Aurelia DIACONU, Dr. ing. Milica DIMA, Dr. bioch. Mihaela CROITORU

- **Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului București:** Dr. ing. Nicoleta Olimpia VRÎNCEANU

- **Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare pentru Mașini și Instalații destinate Agriculturii și Industriei Alimentare București:** Dr. ing. Nicolae Valentin VLĂDUȚ, Dr. ing. Iulian VOICEA, dr. ing. Florin NENCIU, dr. ing. Iuliana GĂGEANU, Dr. ing. Dan CUJBESCU, Dr. ing. Oana CRISTEA, Drd. ing. Cătălin PERSU, Drd. ing. Ancuța PETRE, Drd. ing. Iulia GRIGORE, tehn. Gabriel NAE

- **Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare pentru Bioresurse Alimentare București:** Dr. ing. Livia APOSTOL

- **Universitatea "DUNAREA DE JOS" Galați -** Prof. dr. ing. Camelia VIZIREANU, Conf. dr. ch. Bianca FURDUI, Conf. dr. ing. Oana Emilia CONSTANTIN, Conf. dr. ing. Daniela Ionela ISTRATI, dr. ing. Cristian-Teodor BURUIANĂ

- **Universitatea Politehnica București:** Lect. dr. ing. Nicoleta UNGUREANU

Coordonatori
Gheorghe MATEI, Nicolae-Valentin VLĂDUŢ

Autori principali
Elena TROTUȘ Simona Florina ISTICIOAIA Reta DRĂGHICI
Lorena-Diana POPA Livia APOSTOL Iulian VOICEA

Sorgul – Tehnologii inovative de cultivare și valorificare

VOLUM EDITAT ÎN CADRUL PROIECTULUI

"Sistem complex de valorificare integrală a unor specii agricole cu potențial energetic şi alimentar" - PN-III-P1-1.2-PCCDI-2017-0566/9/PCCDI/2018

"This work was supported by a grant of the Romanian Ministry of Research and Innovation, CCCDI – UEFISCDI, project number PN-III-P1-1,2-PCCDI-2017-0566/9/PCCDI/2018, within PNCDI III"

EDITURA UNIVERSITARIA
Craiova, 2021

Referenţi ştiinţifici:
Prof. univ. dr. ing. Marin ŞTEFAN
Prof. univ. dr. Florin IMBREA
Prof. univ. dr. ing. Ioan ŢENU
Prof. univ. dr. ing. Sorin Ștefan BIRIŞ

Copyright © 2021 Editura Universitaria
Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
Sorgul : tehnologii inovative de cultivare şi valorificare / Elena Trotuş, Simona-Florina Isticioaia, Reta Drăghici, ... ; coord.: Gheorghe Matei, Nicolae-Valentin Vlăduţ. - Craiova : Universitaria, 2021
Conţine bibliografie
ISBN 978-606-14-1728-5

I. Trotuş, Elena
II. Isticioaia, Simona-Florina
III. Drăghici, Reta
IV. Matei, Gheorghe (coord.)
V. Vlăduţ, Nicolae-Valentin (coord.)

63

© 2021 by Editura Universitaria
Această carte este protejată prin copyright. Reproducerea integrală sau parțială, multiplicarea prin orice mijloace și sub orice formă, cum ar fi xeroxarea, scanarea, transpunerea în format electronic sau audio, punerea la dispoziția publică, inclusiv prin internet sau prin rețelele de calculatoare, stocarea permanentă sau temporară pe dispozitive sau sisteme cu posibilitatea recuperării informațiilor, cu scop comercial sau gratuit, precum și alte fapte similare săvârșite fără permisiunea scrisă a deținătorului copyrightului reprezintă o încălcare a legislației cu privire la protecția proprietății intelectuale și se pedepsesc penal și/sau civil în conformitate cu legile în vigoare.

CUVÂNT
INTRODU
CAPITOL
1.1. Origi
1.2. Istori
CAPITOL
2.1. Siste
2.2. Răsp
CAPITOL
3.1. Gene
3.2. Resu
3.3. Fondu
3.4. Gene
3.5. Sorg
3.6. Strat
Ianc
CAPITOL
CAPITOL
5.1. Com
Apos
5.2. Com
5.3. Comp
5.4. Com
CAPITOL
6.1. În nu
6.2. În nu
6.3. În pr
CAPITOL

CUPRINS

CUVÂNT ÎNAINTE 9

INTRODUCERE 11

CAPITOLUL I. Originea și istoricul speciei 15
1.1. Originea sorgului (Isticioaia S.F., Pintilie P.L.) 15
1.2. Istoricul speciei (Isticioaia S.F., Pintilie P.L.) 16

CAPITOLUL II. Sistematica și răspândirea speciei 31
2.1. Sistematica speciei (Matei Gh., Popa L.D.) 31
2.2. Răspândirea speciei (Isticioaia S.F., Matei Gh.) 37

CAPITOLUL III. Genetica și ameliorarea speciei 46
3.1. Generalități (Iancu P., Soare M.) 46
3.2. Resurse genetice la sorg (Iancu P., Soare M.) 48
3.3. Fondul de gene și perspectivele de conservare (Iancu P., Soare M.) 51
3.4. Genetica, genomica și reproducerea sorgului (Iancu P., Soare M.) 54
3.5. Sorgul sălbatic - utilizarea lui potențială în ameliorare (Iancu P., Soare M.) 55
3.6. Strategii pentru maximizarea utilizării resurselor genetice la sorg (Matei Gh., Iancu P.) 56

CAPITOLUL IV. Morfologia sorgului (Matei Gh., Popa L.D.) 68

CAPITOLUL V. Compoziția chimică a sorgului 79
5.1. Compoziția biochimică a sorgului pentru boabe (Croitoru M., Dima M., Matei Gh., Apostol L., Vrînceanu N.) 79
5.2. Compoziția biochimică a sorgului zaharat (Croitoru M., Dima M., Matei Gh.) 90
5.3. Compoziția biochimică a hibrizilor sorg x sudan (Croitoru M., Dima M.) 95
5.4. Compoziția biochimică a sorgului de mături (Croitoru M., Dima M.) 96

CAPITOLUL VI. Importanța speciei (Iancu P., Matei Gh.) 106
6.1. În nutriția umană 109
6.2. În nutriția animală 104
6.3. În producerea de biocombustibili 117

CAPITOLUL VII. Cerințele ecologice ale speciei (Matei Gh., Isticioaia S.F.) 124

CAPITOLUL VIII. Tehnologia de cultivare 137
8.1. Rotația (Matei Gh., Dima M., Popa L.D.) 137
8.2. Fertilizarea (Matei Gh., Isticioaia S.F., Drăghici I., Vladuț N.V., Ungureanu N., Voicea I., Persu C.) 143
8.3. Lucrările solului (Vladuț N.V, Matei Gh., Voicea I., Cujbescu D., Ungureanu N.) . 160
8.4. Semănatul sorgului (Matei Gh., Isticioaia S.F., Drăghici R., Cujbescu D., Voicea I.,Ungureanu N., Pintilie P.L.) 163
8.5. Lucrările de îngrijire (Matei Gh., Trotuș E., Isticioaia S.F., Drăghici I., Vladuț N.V., Voicea I., Ungureanu N., Cristea O., Diaconu A.) 195
8.6. Irigarea culturii (Vladuț N.V., Matei Gh., Ungureanu N., Voicea I., Persu C.) 216
8.7. Recoltarea sorgului (Vladuț N.V., Voicea I., Matei Gh., Isticioaia S.F., Drăghici I., Ungureanu N., Cristea O.) 218

CAPITOLUL IX. Bolile și dăunătorii sorgului 228
9.1. Importanța protecției culturii de sorg (Paraschivu M., Drăghici R.) 228
9.2. Bolile sorgului (Paraschivu M., Matei Gh.) 233
9.3. Dăunătorii sorgului (Paraschivu M., Matei Gh.) 251

CAPITOLUL X. Valorificarea sorgului zaharat (Vladut N.V., Matei Gh.) 268
10.1. Procesarea primară și valorificarea sub formă de suc (Voicea I., Grigore I., Petre A., Ungureanu) 268
10.2. Obţinerea siropului din sucul rezultat din presarea tulpinilor de sorg zaharat (Voicea I., Ungureanu N., Grigore I., Petre A.) 279
10.3. Obţinerea de concentrate glucidice alimentare din sucul de sorg zaharat (Nenciu F.) 285
10.4. Obţinerea de concentrate glucidice furajere din sucul crud de sorg zaharat (Nenciu F.) 288
10.5. Valorificarea sorgului sub formă de bioetanol și alcool etilic alimentar (Nenciu F., Constantin O.) 289
10.6. Valorificarea subproduselor și deșeurilor rezultate din fabricarea alcoolului (Nenciu F., Constantin O.) 322
10.7. Valorificarea tulpinilor de sorg zaharat sub formă de glucide hemicelulozice și bioetanol (Buruiană C-T, Istrati D.I., Vizireanu C., Furdui B.) 324
10.8. Valorificarea sorgului zaharat sub formă de biogaz (Ungureanu N., Voicea I., Găgeanu I.) 330

10.9. Valorificarea deşeurilor tehnologice din sorg sub formă de compost (Nenciu F., Ungureanu N., Găgeanu I., Nae G.) 345
10.10. Valorificarea sorgului zaharat prin piroliză și gazeificare (Ungureanu N.) ..371
10.11. Valoarea nutritivă a boabelor de *sorghum bicolor* și valorificarea sub formă de produse alimentare (Istrati D.I., Buruiană C–T, Vizireanu C., Furdui B., Apostol L.) 382

CUVÂNT ÎNAINTE

Sorgul se găsește răspândit în cultură pe toate continentele, în zonele tropicale şi temperate. Puțin peste 40% din această producție este destinat alimentației umane, în principal în Africa şi Asia, unde este consumat ca bob întreg, orez, griş, făină (fără gluten) sau după transformare sub formă de zahăr ori după ce se adaugă malţ şi fermentează, sub formă de alcool (bere, băuturi spirtoase etc.).

Cea mai mare parte a producției obținute se utilizează în zootehnie și industrie, iar în ultimii ani se pune accent tot mai mare pe capacitatea ridicată a sorgului zaharat de a produce biomasă pentru reducerea dependenței de combustibilii fosili și producerea biocombustibili și energie verde, nepoluantă.

Promovarea sorgului și dezvoltarea geneticii hibrizilor acestuia pentru diverse utilizări (sorgul boabe, pentru consum uman și furajer; sorg furajer; sorgul zaharat - cultură energetică sau destinat altor segmente nealimentare) constituie obiective unanime ale cultivatorilor de sorg, iar pentru a răspunde acestui deziderat, a fost creată o organizație interprofesională europeană a sorgului. Adunarea constitutivă a asociației interprofesionale europene a sorgului a avut loc la Bruxelles, la data de 26 septembrie 2017, formându-se astfel organizația *Sorghum ID* (engleză: „sorg – dezvoltare internațională").

În încercarea de a reduce emisiile de carbon, Comisia Europeană a impus, obiectiv obligatoriu imediat, ca o cincime din energia produsă la nivelul UE să provină din surse regenerabile, plantele energetice fiind una din modalitățile care stau la baza atingerii acestui nivel.

Politicile la nivel european au în vedere o coordonare clară a culturilor energetice și a celor destinate alimentelor, astfel încât fiecare țară să își poate stabili destinația utilizării adecvate a terenurilor, pentru a avea câștig de ambele părți în mod durabil, atât în ceea ce privește producția de alimente, cât și cea de energie.

La mijlocul anului 2016, la inițiativa federației interprofesionale franceze a producției de semințe de porumb și de sorg (F.N.P.S.M.S.),

au fost depuse două proiecte, vizând promovarea sorgului și genetica acestuia în Europa. Proiectele au fost depuse la organismele din Bruxelles, în vederea obținerii unor fonduri europene.

Astfel, cele două programe de promovare – dublate de bugete naționale pentru o perioadă de trei ani – au permis promovarea sorgului pentru boabe și a sorgului furajer, precum și geneticii hibrizilor nou creați în cinci țări-membre din U.E: Franța – Italia – Spania – România – Bulgaria și în două țări non-membre din Europa de Est: Rusia și Ucraina.

Acțiunile întreprinse în cadrul acestor două programe au fost de mai multe tipuri: comunicare și mijloace de promovare, loturi demonstrative, conferințe, publicații tehnice, saloane agricole, vizite de studiu și deplasări ale jurnaliștilor, pagini web, clipuri video etc. Toate aceste acțiuni au condus la o mai bună popularizare a culturii sorgului, evidențierii avantajelor acestei culturi și implicit a contribuit la creșterea suprafețelor cultivate.

Extinderea în cultură a sorgului în România reprezintă mai mult decât o perspectivă reală, o necesitate, având în vedere avantajele agronomice ale practicării culturii, dar și faptul că sorgul poate influența într-o măsură considerabilă viitorul unor ramuri ale agriculturii, ale industriei chimice, industriei energetice şi alimentare.

România s-a integrat în sistemul economic al Uniunii Europene pentru asigurarea necesarului de alimente şi din acest motiv este necesar să se elaboreze şi să se aplice noi tehnologii de cultivare și de valorificare integrală și integrată a producțiilor de boabe și biomasă ale sorgului, a resturilor și subproduselor rezultate în urma prelucrării.

În țara noastră o mare parte dintre terenurile agricole ar putea fi folosite pentru culturile energetice, fără ca acestea să necesite lucrări speciale de amenajare. În urma unei minime prelucrări, energia rezultată din valorificarea biomasei produse (termică, biocombustibili, biogaz), poate fi introdusă treptat în sistemul de distribuție a energiei existente.

AUTORII

INTRODUCERE

Sorgul este a cincea cereală panificabilă a lumii, cu o diversitate genetică impresionantă și cu multiple utilizări finale, la nivel mondial acesta fiind în principal integrat în hrana pentru animale, iar utilizările sale în alimentația umană sunt justificate de conținutul său ridicat de vitamine şi antioxidanți, digestibilitatea bună şi absența glutenului. Toate acestea se completează și cu valorificarea biomasei vegetale pentru fabricarea etanolului, biogazului, a biomaterialelor etc.

Datorită toleranței sale la secetă, unanim recunoscute, a perioadei de vegetație scurte și a costului relativ redus de producție, interesul pentru cultivarea sorgului este tot mai mare în rândul fermierilor, trend înregistrat atât la nivel mondial cât și în România. Capacitatea de adaptare a sorgului la deficitul de apă este bine cunoscută (85 % din suprafețele arabile din Europa nu dispun de sisteme de irigații), iar în majoritatea cazurilor realizării culturii nu este necesar să se recurgă la irigații.

Toleranța ridicată la stresul factorilor biotici și abiotici, mecanismele fiziologice ale plantei de sorg prin care conservă apa și o utilizează în mod eficient, varietatea de genotipuri create în ultimii 10-15 ani cu capacitate de valorificare superioară a condițiilor climatice din arealele de cultivare și cu producții mult crescute cantitativ și calitativ, fac din această cultură o alternativă agronomică care va juca un rol esențial în asigurarea biodiversității în agroecosisteme și o importantă sursă de venit în economia viitorului.

Numeroasele sale însușiri favorabile au făcut ca specia să se răspândească în cultură cu preponderență în țările în curs de dezvoltare, în principal din Africa și Asia, unde se regăsesc peste 90 % din suprafețele cultivate cu sorg la nivel mondial.

Raportat la nivelul producțiilor obținute la sorg, SUA conduce în prezent cu o producție anuală de aproximativ 9 milioane de tone, urmată de Nigeria (6,9 MMT), Etiopia (5,0 MMT) și Mexic (5,0 MMT), India (4,5 MMT) și China (3,6 MMT).

Tendința la nivelul Uniunii Europene din ultimul deceniu este aceea de a stimula creșterea suprafețelor cultivate cu sorg ținând cont de avantajele reale ale acestei culturi, dar și pentru că fermierii, care au fost cel mai tare afectați de schimbările climatice și de reducerea nivelului de precipitații căzut în perioada vegetativă a porumbului, caută să găsească o alternativă viabilă care să le asigure producții constante și sigure pentru sectorul zootehnic.

Extinderea acestei culturi în Europa și implicit în România ar permite, prin urmare, reducerea dependenței de importuri pentru asigurarea necesarului de proteină și chiar exportul pentru a răspunde cererii mondiale, dezvoltând în același timp și piețe de desfacere locale.

Hibrizii de sorg obținuți în urma procesului de ameliorare în Uniunea Europeană se încadrează în politica generală a UE în raport cu organismele modificate genetic (OMG) și nu conțin caracteristici induse prin biotehnologie, aspect important pentru anumite piețe la nivel mondial și care cresc pretabilitatea utilizării acestei specii în exploatațiile și fermele certificate ecologic.

Conform Asociației Profesionale Sorghum ID, cei 8 piloni ai selecției europene pentru sorg sunt:

- ✓ randament și stabilitate;
- ✓ precocitate, dar și toleranță la temperaturi joase, în timpul încolțirii și al înfloririi;
- ✓ toleranță la secetă;
- ✓ rezistență la boli;
- ✓ rezistență la dăunători;
- ✓ calitatea producțiilor: conținut de tanin foarte redus, culoarea şi textura semințelor, conținutul de amidon, calitatea sanitară a boabelor etc.;
- ✓ prezența caracterului „*stay green*";
- ✓ calitatea furajelor: digestibilitatea și valoarea alimentară, conținutul de glucide etc..

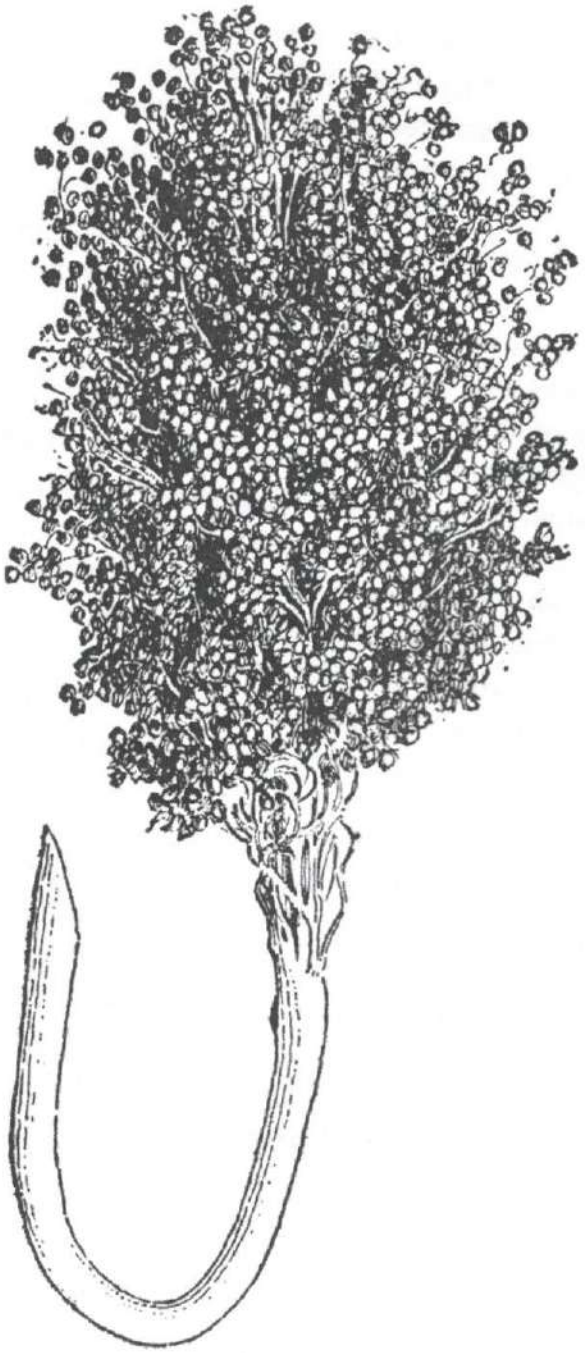
Schimbările climatice din România cu impact tot mai evident asupra capacității productive a plantelor de cultură, dar mai ales asupra siguranței și constanței producțiilor, lipsa sistemelor de irigare

pentru cea mai mare parte a suprafeței agricole au readus sorgul în atenția multor fermieri ca alternativă viabilă la cultura porumbului.

Noile genotipuri de sorg create și comercializate la nivel mondial impun etape obligatorii pentru testarea potențialului productiv al acestora și optimizarea tehnologiilor de cultivare, corelate cu cele mai moderne tehnologii de valorificare integrală a producțiilor, subproduselor şi reziduurilor rezultate din culturile de sorg boabe şi zaharat aferente domeniilor zootehnic, energetic şi alimentar.

Ținând cont de argumentele mai sus expuse, în cadrul tematicii de cercetare a Proiectului complex nr. 9/PCCDI/2018 „*Sistem complex de valorificare integrală a unor specii agricole cu potențial energetic și alimentar*", s-a efectuat un amplu studiu referitor la tehnologia de cultivare a sorgului, în areale diferite din România: Centrul Moldovei, în Câmpia Olteniei și în zona nisipoasă a Olteniei. Experiențele au fost amplasate la Stațiunea de Cercetare – Dezvoltare Agricolă Secuieni (Moldova) pe un faeoziom cambic, la Stațiunea de Cercetare – Dezvoltare Agricolă Caracal (Câmpia Olteniei) pe un cernoziom argic și la Stațiunea de Cercetare - Dezvoltare pentru Cultura Plantelor pe Nisipuri Dăbuleni pe un sol nisipos. Rezultatele obținute au stat la baza recomandărilor privind optimizarea principalelor secvențe tehnologice în vederea realizării de producții mari, eficiente economic, menținând în același timp puritatea mediului şi echilibrul ecologic.

Studiul a fost completat cu elemente privitoare la valorificarea integrală a producțiilor de boabe și biomasă care au fost puse în valoare de Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mașini și Instalații Destinate Agriculturii și Industriei Alimentare - INMA București, Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului - ICPA București, Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Bioresurse Alimentare - IBA București și Universitatea Dunărea de Jos - Galați.



CAPITOLUL I
ORIGINEA ŞI ISTORICUL SPECIEI

1.1. ORIGINEA SORGULUI

Sorgul cultivat face parte din familia *Poaceae (Gramineae)*, genul *Sorghum,* specia *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Cercetătorii care au studiat această specie au ajuns la concluzia că: *Nu există o altă cultură de importanță majoră care să varieze atât de mult cum variază sorgul.*

Centrul de origine al sorgului este mult discutat încă din cele mai vechi timpuri și nu a fost încă stabilit cu precizie. După unii autori, sorgul este originar din India, iar după alţi autori din Africa Ecuatorială. Cele mai multe studii relevă totuși, centrul de origine al speciei ca fiind partea de Nord - Est a Africii, mai exact regiunile Etiopia și Sudan, unde cultivarea sorgului a început în urmă cu 4000 - 3000 î. Hr. (*Dillon și colab., 2007b*) și unde există sute de genotipuri distincte. Cea mai mare bogăţie de forme primitive se întâlneşte în Etiopia şi în zonele din Africa de Est, Africa de Vest, India, China, Peninsula Arabică, acestea fiind centre secundare de diversificare a sorgului în noi specii.

După *Bîlteanu şi colab. (1991),* cele mai multe forme ale sorgului cultivat provin din centrul genic abisinian, iar sorgul ce aparţine varietăţii *kaoleang* provine din centrul chinez.

Sorgul cultivat este *Sorghum bicolor subsp. arundinaceum* (Doggett, 1988). Specia *Sorghum bicolor* (L.) Moench. include toate varietățile de sorg cultivate, iar pe lângă acestea și un grup de plante semi-sălbatice asociate în mare parte cu buruienile. Gradul de variație morfologică a speciei *S. bicolor* este atât de mare încât *Snowden (1936, 1955)* a împărțit această specie în 28 de forme cultivate și în 24 de forme sălbatice înrudite.

Specia a fost domesticită timpuriu printr-un proces de selecție în care au fost urmărite trăsăturile avantajoase cultivării acesteia *(Doggett, 1988).* În plus, față de selecție, izolarea geografică și recombinarea au condus la crearea unui număr mare de tipuri, soiuri și rase de sorg. Prin aceste procedee au fost obținute trei grupe de

Sorghum bicolor și anume: cultivate, sălbatice și intermediare (Kimber, 2000). Varietățile cultivate au fost îmbunătățite din punct de vedere morfologic (înălțimea și caracterele inflorescenței) și din punct de vedere calitativ, pentru utilizarea acestora în alimentația umană și animală, pentru fibre și material de construcție (*Dillon și colab., 2007b*).

Conform informațiilor mai vechi din literatura de specialitate există trei centre de domesticire a sorgului în Africa care se mențin și astăzi.

1.2. ISTORICUL SPECIEI

Cea mai veche inscripție despre sorg a fost găsită printr-o săpătură arheologică efectuată la Nabta Playa, lângă granița egipteano - sudaneză, datată cu 8.000 de ani î. Hr.

Se presupune că introducerea sorgului în cultură a avut loc în urmă cu aproximativ 7000 de ani, în Africa Ecuatorială, iar dovezile arată că în India specia este cultivată de 4500 ani. Sorgul, în neolitic, s-a răspândit în Tanzania, Kenya, Uganda şi Kongo (*Cole, 1963*) şi apoi spre sudul Africii, în primul secol al erei noastre. Spre est s-a răspândit în Asia şi Australia.

Deși, este dificil să se determine exact când s-a produs răspândirea sorgului în diferite regiuni, sigur aceasta s-a produs din Nord - Estul Africii în alte părți ale Africii (1500 - 1000 î. Hr.) pe cale comercială. Se presupune că ulterior, sorgul a fost răspândit din Africa în Orientul Mijlociu, Orientul Îndepărtat și India (900 - 700 î.Hr.) pe cale maritimă și comercială.

Genul *Sorghum* s-a răspândit aproape continuu din sudul Africii până în zona subtropicală din Australia, unde a ajuns odată cu colonizarea de către europeni.

În cultură, astăzi, există o gamă largă de soiuri și hibrizi, provenite, în marea lor majoritate din Africa şi India şi care au ca origine sorgul *bicolor* cu varietățile:

- ***cafra*** – răspândit în centrul şi estul Africii;
- ***shallu*** – răspândit în India şi Africa de Vest;
- ***kaoleang*** – cultivat în China;

- ***faterita*** – cultivat în Sudan;
- ***hegarii*** – existent în Sudan;
- **durra** – cultivat în Africa Centrală şi Orientală;
- ***milo*** – cultivat în Africa Centrală şi Orientală.

Rămâne incertă însă originea și istoria domesticirii sorgului pentru mături. Nu există informații care să ateste că acesta provine din aceleași centre de origine cu sorgul cultivat (*Weibel, 1970*). Din contră, informațiile referitoare la acesta au fost găsite în afara Africii, fiind cultivat și utilizat pentru prima dată în America și în Europa, înaintea tuturor tipurilor de sorg cultivate în Africa (*Doggett, 1988; Franklin, 1757*). Forme sălbatice de sorg care seamănă cu sorgul pentru mături au fost găsite în Coreea și Japonia *(Ball, 1910),* unde conform spuselor lui *Snowden (1936),* Bullock a recoltat panicule de sorg pentru mături din Kiukiang, China și din Veitch, Japonia. *Doggett (1988)* a raportat în India existența unor varietăți de sorg pentru mături cultivat.

Există dovezi referitoare la prezența sorgului în *India* încă din secolul I și în *China* încă din secolul al III-lea. Fără îndoială acolo au existat numeroase soiuri încă de la începutul Erei creștine, dar nu s-a efectuat nici o clasificare sau descriere a acestora până mai târziu.

În *China*, primele scrieri documentate referitoare la sorg (pentru mături) apar din secolul al III - lea în Jurnalul de Științe Naturale din Zhanghua, însă nu se știe exact dacă „meiul pentru mătură din Sichuan" care a fost descris în acest manuscris este sigur sorgul. Ceea ce este clar este faptul că *Zhen Wang (1313)* a descris sorgul pentru mături astfel: *„Tulpina sa este de peste 3,3 m înălțime cu urechea mare ca mătura și sâmburii săi negri ca tonul"* (*Qingshan și Dahlberg, 2001*). În această țară, sorgul cultivat s-a adaptat ușor condițiilor temperate, drept urmare au fost dezvoltate foarte multe varietăți cunoscute sub numele de *Kaoliang* (*Doggett, 1988*).

În *Egipt*, sorgul era considerată una dintre cele mai timpurii plante care a fost domesticită de om pentru hrana sa sau a animalelor. *Ball (1910)* atrage atenția asupra declarației lui Woenig și anume aceea că un câmp de sorg a fost pictat pe pereții din mormântul lui Amenembes construit cu cel puțin 2.200 de ani î. Hr. Există însă,

îndoieli considerabile că acea cultură pictată reprezintă într-adevăr sorgul, deoarece *Newberry (1893)* reproduce această pictură și arată secerătorii recoltând o cultură care, din cauza lipsei de detalii, poate fi confundată cu inul sau cu alte cereale. *Piedallu (1923)* discută pe larg problema dacă scena de pe pereții mormântului lui Amenemhat în Beni Hasan, ilustrează sorgul și ajunge la concluzia că de fapt acolo este ilustrată recoltarea inului și concluzionează că nu există dovezi că vechii egipteni știau de existența sorgului. Logica lui Piedallu pare corectă, foarte mulți oameni de știință fiind de acord cu acesta, deoarece oamenii ilustrați acolo sunt angajați în tragerea plantelor, o metodă de recoltare utilizată mai mult la in decât la sorg. De asemenea, Piedallu spune că bobul de sorg a fost utilizat în mod obișnuit ca hrană pentru cei mai săraci oameni, ceea ce nu ar fi explicat prezența lui în mormintele regilor care foloseau grâul pentru pâine. Cu toate acestea, o sculptură luată din palatul lui Sanherib din Ninive, care se găsește în prezent la British Museum din Londra, prezintă o imagine precisă a unui câmp de sorg, fapt ce indică că sorgul este o cultură cultivată aici încă din anii 700 î. Hr.

În Statele Unite ale Americii, primele scrieri referitoare la importanţa şi utilizările sorgului datează din anul 1757, când Ben Franklin a făcut cunoscută utilizarea sorgului în producerea măturilor. Sorgul cultivat a ajuns pentru prima dată în America la sfârșitul anilor 1800, prin intermediul comerțului cu sclavi (Doggett 1988; FAO 1995).

Sorsby (1855) susține că a văzut sorg cultivat în Georgia, în anul 1838. El menționează că există două soiuri de sorg și anume sorgul „Alb" și sorgul „Brun-roșcat", lucrarea fiind dedicată mai mult utilizării sorgului și mai puțin biologiei și agronomiei speciei.

Browne menționează în anul 1855 că în lista „semințelor și materialului săditor introduse recent în Statele Unite" există și un soi de „sorg dur", primit la St. Martin (America de N.) din Vestul Indiei și un soi de „sorg dulce" trimis din China în Franța și ulterior în America. Mai târziu, acesta dă detalii despre soiul de sorg zaharat făcând trimitere la soiurile de sorg colectate de Leonard Wray din Natal, Africa de Sud, iar Olcott, în anul 1857, a publicat descrierea soiurilor de sorg importate din Africa de Sud, de către Leonard Wray.

Hedges prezintă, în cartea publicată în anul 1863, informații referitoare la 15 soiuri de sorg provenite din Africa de Sud și aduse în America de Leonard Wray. Oferă, de asemenea, informații referitoare la introducerea în America a unui soi de sorg chinezesc care obține Brevet american în noiembrie1854. Acest soi a fost obținut la Vilmorin, Andrieux & Co., Paris, Franța, în anul 1851, fiind trimis în Franța de contele de Montigny, pe atunci consul la Shanghai, China.

Pech a prezentat, în anul 1866, istoria botanică a sorgului și a creat o schemă de clasificare care prezenta ilustrații ale paniculelor la șapte soiuri de sorg. În această schemă, sorgul este împărțit în două grupe, prima fiind grupa Liberian care includea șase dintre soiurile lui Wray, și anume: Ekothla, Koombana, Boomowana, Eengha, Booeana și Eednomoodon, iar a doua grupă includea soiurile: Black Imphee, Red Imphee (Shlagoova) și White Imphee. Această clasificare nu a fost aprobată de botaniști deoarece conform descrierilor efectuate de Wray, există diferențe mari între cele șase soiuri africane, nefiind corect ca acestea să fie incluse în aceeași grupă. Au urmat o serie de clasificări efectuate de botaniștii americani, însă nici una dintre acestea nu a fost pe deplin aprobată.

Shaw a împărțit, în anul 1900, sorgul în două clase principale și anume în: sorg zaharat și sorg non-zaharat. Autorul afirma că *„Această clasificare este bazată pe prezența zahărului în cantități considerabile la maturitate la unele cultivare sau pe inexistența acestuia la altele".*

Dentón a publicat, în anul *1901*, primul buletin pentru fermieri în care prezenta rezultatele obținute de către Departamentul Agriculturii la Medicine Lodge, Kansas cu privire la obținerea siropului din sorg. Au urmat o serie de studii care au stabilit valoarea sorgului zaharat.

Martin și Washburn au prezentat în anul *1930* cele mai recente informații referitoare la sorgul pentru mături. Comparativ cu publicațiile anterioare, aceștia acordă o atenție sporită cultivării, utilizării și marketingului acesteia.

Karper și colab. au raportat, în anul *1932*, rezultatele obținute în unele experimente agronomice efectuate în Texas cu sorg pentru

boabe, iar *Quinby și colab.* au făcut publice, în anul *1934*, rezultatele obținute în unele experimente agronomice cu sorg furajer. Rezultate asemănătoare, dar obținute în Oklahoma, au fost raportate de *Kiltz și colab.*, în anul *1933*.

În California, recomandările despre cultivarea sorgului au fost efectuate de *Hendry*, în anul *1933,* iar în Kansas, informațiile despre cultivarea sorgului furajer au fost publicate de *Getty,* în anul *1934*. Tot în Kansas, în același an, au fost publicate informații valoroase la clasificarea sorgului de către *Swanson și Laude*. În Dakota de Sud, în anul *1934, Hume și Franzke* au publicat, de asemenea, rezultatele experimentale obținute la sorg.

În *Europa*, sorgul nu a atras prea mult atenția, cu excepția coastei mediteraneene. Presupunerile efectuate despre această cultură, până în 1850, nu s-au bazat pe date clare, abia după acest an s-au efectuat descrieri mai complexe ale formelor cultivate de sorg. Aceste descrieri, însă, s-au bazat, în mare parte, pe botanica speciei și nu și pe agronomia acesteia.

Cultivarea sorgului în Europa este cunoscută din secolul al XV-lea. Pentru boabe, se cultivă hibrizii de sorg care au apărut în urma descoperirii de către Stephens a unor biotipuri androsterile şi a altora restauratoare de fertilitate, acestea fiind mai productive cu 30÷40% față de soiuri (*Zamfirescu şi colab., 1965*).

În Franța, la fel ca și în Anglia, cercetătorii au fost interesați în principal de sorg datorită coloniilor africane existe pe teritoriul acestora. O bună perioadă de timp în Franța această cultură nu s-a bucurat de interes sau eforturi depuse de botaniști pentru a studia această specie.

Există însă în literatura de specialitate o serie de referiri la sorg, cea mai veche lucrare franceză importantă din punct de vedere al clasificării fiind cea a lui Sagot, care a fost publicată de *Raoul (1893),* după moartea lui Sagot. În această lucrare se prezintă date despre agricultura din Algeria, însă, lipsesc descrierile specifice despre soiurile utilizate, fiind indicată doar zona de proveniență a cultivarului și anume „*sorg shalagoava din Zululand*".

Dumas (1905) și *Jumelle (1912)* au publicat descrieri ale soiurilor cultivate de indigeni de-a lungul Nigerului și al afluenților săi în Senegal, iar *Gèze* a publicat în anul *1923* un articol care prezintă un review al clasificărilor efectuate până atunci de unii autori. *Piedallu*, în anul *1923*, scrie un capitol despre istoria sorgului menționând cercetări ample efectuate la sorg care se găseau în bibliotecile europene.

În România, primele informații despre sorg se găsesc în literatură încă din anul *1943,* când *Popescu Sanitaru* menţiona că sorgul zaharat, în comparație cu sorgul pentru boabe şi mături, prezintă internodii mai lungi. Ultimul internod purtător al inflorescenţei poate să fie drept sau curbat în jos cu 180°. Este sărac în zaharuri şi bogat în săruri minerale fiind înlăturat în momentul recoltării.

Sorgul zaharat este o specie cu tradiţie în agricultura României. În timpul celui de-al doilea război mondial planta era cultivată în zonele Basarabiei, Dobrogei, Prahovei, Câmpiei Dunării şi Banatului.

În Banat, în zona de câmpie, este cunoscută cultivarea şi prelucrarea sorgului zaharat în satele: Uivar, Pustiniş, Liebling, Foeni, Ionel, Covăciţa etc., încă de la începutul deceniului 5 al secolului nostru.

În anul *1942*, în atelierul lui *Ludwig Iosif* din Uivar au fost confecționate de către calfa Table Livius două valţuri din lemn de salcâm pentru presarea tulpinilor. Drept recompensă, Table a primit şi un panicul cu seminţe mici, galben - maronii, dense și rezistente la scuturare.

Sorgul a fost înmulțit cu grijă de familia Table, în comuna Pustiniş, iar în anul 1946, la întoarcerea calfei din armată, găseşte acasă o cultură de circa 600 m^2 şi construieşte o presă cu valţuri din lemn acţionată manual, pentru obţinerea sucului din tulpini. În anul 1947, construiește o presă cu valțuri metalice, acționată cu un motor termic, marca Sedling. Randamentul presei era de 3÷4 t/zi suc. Sucul obținut a fost concentrat prin fierbere, într-un cazan de fontă, până la o consistență ridicată, lăsat în liniște 1 - 6 zile când s-a format un bulgăre mare din cristale de zahăr din sorg. Apoi, acesta era spălat de melasă, divizat, mărunțit şi utilizat pentru îndulcirea diferitelor alimente (prăjituri de casă, ceai etc.).

Partea celulozică obținută după presarea tulpinii a fost utilizată ca atare pentru hrana cailor, iar însilozat, ca hrană pentru vacile de lapte, evidențiindu-se creșterea producției de lapte şi a conținutului de grăsimi din acesta. Semințele erau utilizate pentru hrana păsărilor.

Această activitate apreciată s-a răspândit repede în comunele învecinate (Otelec, Ionel, Foeni, Răuţi, Sînmartinul - Maghiar etc.) şi în întreaga zonă a Banatului.

Din anul 1948, este cunoscută o nouă etapă de prelucrare a sucului de sorg şi anume etapa alcooligenă, care ţine până în anul 1951, când, prin prevederi legale privind prohibiţia alcoolului şi a plantelor alcooligene este interzisă şi cultivarea sorgului zaharat; în plin sezon, a fost sigilat atelierul de presare a tulpinilor de sorg din comuna Pustiniş. Astfel, a fost abandonată cultivarea acestei plante. În scopul menținerii soiului, familia Table a cultivat acest tip de sorg an de an, în grădină, în culturi răzlețe şi a găsit soluții ingenioase chiar şi după mutarea la Timișoara, utilizând o grădină particulară.

Atât primii ani de cultivare (1942-1951), cât şi perioada următoare, până în anul 1982, constituie o perioadă lungă de aclimatizare a plantei la condițiile climatice din Câmpia Banatului, rezultând un soi cu caractere morfologice şi biologice bine conturate, superioare altor genotipuri.

În toamna anului *1982*, pensionarul *Table* prezintă avantajele cultivării sorgului zaharat, îngrijit cu multă pasiune de ani de zile, cât şi un concentrat glucidic obţinut în bucătărie. Se hotărăşte ca Institutul de Igienă din Timişoara, în cadrul laboratorului de Chimie alimentară, să studieze valorificarea superioară a acestei plante locale. Institutul de Igienă întocmeşte, în anul 1983, primele concluzii cu rezultatele cercetărilor preliminare asupra valorificării plantelor în alimentație şi industrie, în colaborare cu Centrul de Chimie şi Institutul Agronomic Timişoara.

În anul 1983, la Giroc, s-a realizat primul hectar cu această cultură, utilizând fondul semincer primit de la pensionarul Table (folosindu-se 5,3 kg seminţe/ha). Însămânțarea s-a realizat la 20 iulie 1983. Producția de masă verde obținută a fost de 80 t/ha şi de 1500 kg boabe/ha, producție înregistrată în condiții de secetă şi cu o singură prașilă mecanică efectuată.

În anul 1984, cultivarea a fost extinsă şi la Topolăvăţu Mare, Honorici, Dumbrăviţa, Ciarda Roşie, Moşniţa Nouă şi Recaş.

Tot în acest an, cu sprijinul C.P. „Solventul", a fost adaptată una din morile de porumb boabe, ca presă pentru tulpinile de sorg zaharat şi a fost montată la Topolăvăţu Mare.

Recoltarea şi presarea tulpinilor s-au efectuat în perioada 18÷22.12.1984. Sucul obţinut (circa 2 t) a fost utilizat la un experiment de fabricare a etanolului, la secţia de spirt a C.P. Solventul.

Pentru o colaborare mai bună şi mai eficientă între cultivatori şi cercetători, în anul 1985, s-a hotărât realizarea unei culturi experimentale model, la Unitatea Agro - Industrială Timişoara (U.A.I.T.). Cultura a fost amplasată în zona dintre Calea Aradului şi Torontalului, utilizându-se sămânță tot din fondul semincer de la pensionarul Table. S-a obţinut o producţie medie de circa 86,7 t/ha masă verde. Sucul obţinut prin presarea tulpinilor a avut concentrația în substanțe solubile totale cuprinsă între 17÷21,5 %, din care 14,5÷18,3 % zaharoză, glucoză şi fructoză.

La Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Maşini şi Utilaje Agricole (I.C.S.I.T.M.U.A.), filiala Timişoara (pentru proiectarea instalaţiei de presare a tulpinilor) şi la Institutul de Cercetare şi Proiectare pentru substanţe dulci Fundulea, s-au iniţiat cercetări în acest domeniu. S-a evidențiat capacitatea de biosinteză clorofiliană intensă la cultura de sorg zaharat care valorifică superior energia luminoasă în comparaţie cu porumbul.

De asemenea, specia având o perioadă de vegetaţie lungă constituie şi o sursă de constituenţi biologici activi (steroli, vitamine, enzime, etc.) pentru furajarea animalelor şi în perioada de sfârşit de toamnă - iarnă.

Ştirea realizării la Timişoara a unei culturi deosebite s-a răspândit uşor, ceea ce a făcut ca specialiştii de seamă din ţară să viziteze cultura şi să aprecieze preocupările în acest domeniu ale unităților agricole şi cercetării timişorene, pentru promovarea acestui soi local de *Sorghum saccharatum*.

În continuare la Timişoara s-au realizat an de an culturi cu rezultate aproape constante, oraşul devenind un centru model de

răspândire a cunoştinţelor în domeniul tehnologiei cultivării sorgului zaharat, *populaţia T*, prin materiale redactate şi difuzate şi prin schimbul de experienţă cu conducerile tehnice ale unităţilor agricole din judeţ.

În paralel, s-au dezvoltat studii şi cercetări privind:

- sistematica, morfologia, patogenia şi tehnologia culturii de către I.C.C.P.T. Fundulea şi Institutul Agronomic Timişoara;
- tehnici moderne privind cultura de explante „in vitro" şi inginerie genetică pentru multiplicarea rapidă şi ameliorarea sorgului zaharat populația de Timiş, de către Centrul de Cercetări Biologice din Cluj;
- proiectarea utilajelor tehnologice de obținere a sucului din tulpini la I.C.S.I.T.M.U.A, filiala Timișoara, care s-au concretizat prin realizarea unui model experimental de către Întreprinderea Mecanică Timișoara, în octombrie 1988;
- chimia şi tehnologia unor produse alimentare din sucul şi seminţele plantei, de către Institutul de Igienă şi Sănătate Publică Timişoara, în colaborare cu Centrul de Chimie, Institutul Agronomic, Întreprinderile locale (Bere, Zahăr, Fructus, Kandia) şi CP Solventul.

Principalele obiective care au configurat tematica de ameliorare, încă de la început, au fost precocitatea, sporirea capacităţii de producţie, a toleranţei la alcalinitatea şi salinitatea solului, creşterea toleranţei la atacul afidelor şi ameliorarea calităţii boabelor şi a restului plantei (reducerea conținutului de tanin odată cu creșterea conținutului în proteină, amidon, ulei din boabe şi reducerea conținutului de acid cianhidric şi tanin din planta verde).

Pentru obținerea seminței hibride de sorg au fost stabilite, prin scheme ştiințifice, metodica şi tehnica producerii de sămânță privind modul de menținere şi înmulțire a liniilor parentale, precum şi a tehnologiei de producere a seminţei hibride (*Grunberg, 1972; Sârca şi Dragomir, 1974; Dragomir, 1988*). În același timp, prin multiplicarea fondului genetic al liniilor parentale s-a asigurat în fiecare an necesarul de sămânţă din formele parentale ale hibrizilor înregistrați în Lista

Soiurilor pentru producerea de sămânță hibridă certificată, la nivelul solicitărilor.

Cercetările efectuate în domeniul producerii de sămânţă la sorgul pentru boabe au fost orientate în domeniul elaborării metodologiei de înmulţire şi păstrare a purităţii genetice a liniilor parentale şi de stabilire a tehnologiei de producere a seminţei hibride cu puritate varietală ridicată. În acest scop au fost abordate cercetări privind biologia înfloritului la liniile de sorg şi s-a determinat durata medie de înflorit şi ritmul de înflorire a unui panicul, receptivitatea stigmatelor şi momentul optim de polenizare a panicului pentru liniile aflate în programul de producere de sămânţă.

Pe baza rezultatelor obţinute a fost stabilită metoda de asigurare a coincidenţei la înflorit între liniile parentale ale hibrizilor cu decalaje. În decursul anilor au fost făcute observaţii de către specialişti în domeniu, în legătură cu fazele de vegetaţie, în special cu perioada semănat-înflorit la formele parentale, precum şi metode de înlăturare a decalajului la înflorit în cazul unor hibrizi. Totodată, au fost făcute determinări privind durata apariţiei stigmatelor şi receptivitatea (*Manoliu şi colab., 1965*).

Pentru a răspunde unor cerinţe practice imediate strâns legate de eficacitatea lucrărilor de producere de sămânţă hibridă din ţara noastră, la I.C.C.P.T. Fundulea au fost iniţiate, începând cu anul 1963, cercetări cu privire la principalele aspecte ale biologiei înfloritului şi polenizării liniilor de sorg. Au fost urmărite atât liniile androsterile, liniile analog fertile, cât şi liniile restauratoare de fertilitate (*Sârca şi colab., 1976)*. Rezultatele obținute au scos în evidență decalaje la înflorit între liniile componente ale unor hibrizi (*Covor şi colab., 1964*).

Prin colaborarea Centrului de Cercetări Biologice cu Institutul pentru Tehnologie Izotopică şi Moleculară din Cluj Napoca şi cu Institutul de Cercetări pentru Cereale şi Plante Tehnice de la Fundulea, s-au evidenţiat o serie de parametri necesari realizării electro-fuziunii protoplaştilor de cereale (*Turcu şi colab., 1986, Lucaciu şi colab., 1988*).

La I.C.C.P.T Fundulea, s-au experimentat în culturi comparative unii hibrizi de sorg obţinuţi şi unele populaţii locale. Observaţiile

efectuate au reliefat o răsărire slabă la populațiile locale, însă cel mai bogat foliaj a fost realizat de o populație locală, urmată de un hibrid (*Rusu şi colab., 1986*). Ulterior, s-au efectuat mai multe experimente privind adaptabilitatea la condiţiile pedoclimatice ale soiurilor şi hibrizilor autohtoni de sorg, iar rezultatele au arătat că genotipurile studiate s-au comportat bine raportat la factorii de mediu (*Antohe și colab., 1989*).

În comparație cu porumbul, suprafața foliară şi sistemul radicular al sorgului este de două ori mai dezvoltat (*Bîlteanu, 1991*), aceasta însemnând că sorgul poate reprezenta o alternativă la cultura porumbului, fiind o variantă economică în condiții de secetă (*Antohe, 2007*). De asemenea, în urma cercetărilor efectuate la unele genotipuri de sorg pentru boabe pe solurile nisipoase irigate, s-a ajuns la concluzia că pe aceste soluri este recomandat să se cultive sorg, producţiile obţinute fiind mai ridicate, comparativ cu alte plante de cultură (*Drăghici, 2007, 2009*).

Cercetările științifice efectuate în ţara noastră legate de tehnologiile de cultivare a plantelor au început odată cu înființarea I.C.A.R.-ului (Institutul de Cercetări Agronomice în România) organizat, coordonat şi condus de marele savant Gheorghe Ionescu Şişeşti. După înfiinţarea I.C.C.P.T. Fundulea (Institutul Central de Cercetări pentru Plante Tehnice), în anul 1957, sorgul a constituit una din speciile studiate sub aspectul productivității şi calității, ameliorării şi folosirii în scop alimentar, furajer şi ca materie primă pentru industria chimică.

Cercetările efectuate la I.N.C.D.A. Fundulea (Institutul Naţional de Cercetare - Dezvoltare Agricolă) şi în cadrul câmpurilor experimentale ale Facultăţilor de Agricultură din Bucureşti, Iaşi, Craiova, Timişoara, au urmărit stabilirea și optimizarea verigilor tehnologice de cultivare a sorgului.

BIBLIOGRAFIE

1. **Antohe I., Şerbanescu E., Bâlteanu Gh., Săndulescu V., Matei I.** şi **Drăghici I.**, 1989. *Rezultate experimentale obtinute cu soiuri si hibrizi autohtoni de sorg zaharat.* Analele ICCPT Fundulea, vol. LVII.
2. **Antohe I.**, 2007. *Realizări în ameliorarea sorgului la Fundulea.* Genetica şi ameliorarea plantelor. I.N.C.D.A. Fundulea, vol. LXXXV, Volum Jubiliar
3. **Ball C. R.**, 1910. *The History and Distribution of Sorghum.* U.S. Department of Agriculture Bureau of Plant Industry Bulletin 175.
4. **Bîlteanu G., Salontai A., Vasilică C., Bîrnaure V. şi Borcean I.**, 1991. *Fitotehnie.* Ed. Did. şi Ped., Bucureşti
5. **Browne D. J.**, 1855. *Report on the seeds and cuttings recently introduced into the U.S.* Commr. Patents Rept. 1854: X-XXXV.
6. **Brotero F.A.**, 1804. *Felicis Avellar Broteri Flora Lusitanica.* Typogr. Regia.
7. **Busse W.** şi **Pilger R.**, 1902. *Ueber oulturformen der Sorghum-hirse aus deutsch ostafrica und togo.* In Engler, Botanische Jahrbücher, v. 32, pp. 182-189.
8. **Cole K.D.**, 1963. *Damping of magnetospheric motions by the ionosphere.* Journal of Geophysical Research (JGR), vol. 68, Issue 10, Pages 3231–3235, DOI: 10.1029 /JZ 068 i010 p03231.
9. **Covor T.**, 1964. *Comportarea formelor parentale ale hibrizilor de sorg cu privire la coincidenţa perioadelor de înflorire şi metode pentru înlăturarea decalajului.* An. ICCPT Fundulea, XXXII C.
10. **Denton A. A.**, 1901. *Sorghum sirup manufacture.* U. S. Dept. Agr. Farmers' Bull. 135, 40 pp.
11. **Doggett H.**, 1988. *Sorghum.* Longman Scientific & Technical, London.
12. **Drăghici I.**, 2007. *Cercetări privind comportarea unor genotipuri de sorg pentru boabe pe solurile nisipoase irigate.* Lucrări ştiintifice SCCCPN Dabuleni, vol.XVI, (ISBN).
13. **Drăghici I.**, 2009. *Sorgul pentru boabe, alternativă a culturii porumbului in conditii de stres termic şi hidric specifice solurilor nisipoase.* Publicată în lucrarea: „Mediul şi agricultura în regiunile aride", prima ediţie, Editura Est Folia, Bucureşti, 2009.

14. **Dumas P.**, 1905. *Culture du sorgho dans lbs vallées du niger et du haut Sénégal*. Agr. Prat. Pays Chauds, 5 (Jan. - June): 458 - 466; (July - Dec): 8-21, illus.
15. **FAO.**, 1995. *Sorghum and millets in human nutrition*. FAO Food and Nutrition Series, no. 27, ISBN 92-5-103381-1, FAO code: 80 AGRIS: S01
16. **Franklin B.**, 1757. *Letter to Mr. Ward from Benjamin Franklin on March 24*. Original letter held in trust with the Nantucket Atheneum, Nantucket, Massachusetts.
17. **Garber E.D.**, 1950. *Cytotaxonomic studies in the genus Sorghum*. Univiversity of California Publications in Botany, Vol. 23, pp. 283-362
18. **Getty R. E.**, 1934. *Experiments with forage crops at the Fort Hays Branch Station, Hays, Kans., 1913 to 1928*. U. S. Dept. Agr. Tech. Bull 410 92 pp., illus.
19. **Gèze J. B.**, 1923. *Classification et culture des sorghos*. Rev. Bot. ADPI, 3: 666 - 681.
20. **Hedges I. A.**, 1863. *Sorgo, or the Northern sugar plant*. (with an introduction by w. Clough.) 204 pp., illus. Cincinnati, Ohio.
21. **Hendry G. W.**, 1933. *Grain Sorghums in California*. Calif. Ext. Serv. Circ. 74, 33 pp., illus.
22. **Hume A. N.** și **Franzke C.**, 1934. *Sorghums for forage and grain in South Dakota*. S. Dak. Agr. Expt. Sta. Bull. 285, 62 pp., illus.
23. **Jumelle H.**, 1912. *Quelques variétés du sorgho de L'afrique Occidentale Française*. Bull. Inst. Colon. Marseille 6 (50) : 28-30.
24. **Karper R. E.**, 1932. *Grain sorghum varieties in Texas*. Tex. Agr. Expt. Sta. Bull. 459, 50 pp., illus.
25. **Kiltz B. F., Sieglinger J. B., Osborn W. M., Barnes B. F.** și **Finnell H. H.**, 1933. *Sorghums for grain and forage*. Okla. Agr. Expt. Sta. Bull. 210, 47 pp., illus.
26. **Kimber C. T.**, 2000. *Origins of Domesticated Sorghum and its Early Diffusion to India and China*. Pp. 3-98 in C. W. Smith and R. A. Frederiksen, eds., Sorghum: Origin, History, Technology, and Production. John Wiley & Sons Inc, New York.
27. **Koernicke F.**, 1885. *Andropogon sorghum* Brot. Die Mohrhirse. Ifi Koemicke F. and Werner H., Handbuch des Getreidebaues, v. 1, pp. 294-315, illus. B 96.

28. **Körnicke F.**, 1885. *Die Arten und Varietäten des Getreides.* in F. A. Körnicke and H. Werner, eds., Handbuch des Getreidebaues. Verlag von Emil Strauss, Bonn.
29. **Kornicke F.** şi **Werner H.**, 1885. *Handbuch des Getreidebaueserlin.*
30. **Lambreoht**, 1903. *Uebeb dib landwirtschaft der eingebornen im bezirk kilossa.* Ber. Land u. Forstwirtschaft Deut. Ostafrika 1: 391-430.
31. **Laude H. H.** şi **Sumner H. R.**, 1925. *Adapted crop varieties for Kansas.* Kans. State Agr. Col. Ext. Bull. 51, 23 pp., illus.
32. **Linee C.**, 1753. *Species plantarum.*
33. **Lucaciu M., Matei C., Daraban L. and Morariu V. V.,** 1988. *Magnetic prospections in the harbour area of the ancient fortress of Capidava.* In First Romanian Conference on the Application of Physics Methods in Archaeology (vol. 1, pp. 51-58).
34. **Manoliu D.**, 1965. *Cercetări privind biologia înfloritului şi polenizării la liniile de sorg pentru boabe.* An. ICCPT Fundulea, vol. XXXIII, seria C.
35. **Martin J. H.**, 1932. *Recurving in Sorghums.* Jour. Amer. Soc. Agron. 24: 500 - 503.
36. **Newbebry P. E.**, 1893. *Beni Hasan.* In Archaeological Survey of Egypt, pt. 1.
37. **Olcott H. S.**, 1857. *Sorgho and imphee, the chinese and african sugar canes.* A treatise upon their origin, varieties, and culture; their value as a forage crop and the manufacture of sugar pt. 1, pp. 15-189, illus. New York.
38. **Pech F.**, 1866. *Botanical history of Sorghum.* [U. S.] Dept. Agr. Rept. 1865: 299-307, illus.
39. **Persoon C. H.**, 1805. *Synopsis plantarum* seu. *Enohiridium botanicum.* 2 V. Parisiis and Tubingae.
40. **Piedallu A.**, 1923. *Le sorgho, son histoire, ses applications.* 389 pp., illus. Paris.
41. **Popescu Sanitaru**, 1943. *Biochimia cerealelor, făinurilor şi conservarea lor.* Edit. Did. şi Ped. Bucureşti.
42. **Qingshan L.** şi **Dahlberg J. A.**, 2001. *Chinese Sorghum Genetic Resources.* Economic Botany 55: 401-425.
43. **Quinby J. R., Stephens J. C, Kabper R. E.** şi **Jones D. L.**, 1934. *Forage sorghums in Texas.* Tcx. Agr. Expt. Sta. Bull. 496, 51 pp.

44. **Raoul E.**, 1893. *Sokghos et Mils*. Iii Sagot P., Manuel Pratique des Cultures Tropicales et des Plantations des Pays Chauds, Publ. complété by E. Raoul. 733 pp. Paris.
45. **Sârca V., Pacurar I. şi Gumaniuc N.**, 1976. *Producerea de sămânţă hibridă la sorgul pentru boabe şi sorgul x iarbă de Sudan*. Producţia vegetală - Cereale şi plante tehnice, 4.
46. **Schumann K.**, 1895. *Andropogon sorghum (L.) Brot. durra oder mohrenhirse*. In Engler, A., Die Pflanzenwelt Ost - Afrikas und der Naehbargebiete, Theil B., pp. 34-50, illus. Berlin.
47. **Shaw T.**, 1900. *Forage crops other than grasses. How to cultivate, harvest, and use them*. 287 pp., illus. New York.
48. **Snowden J. D.**, 1936. *The Cultivated Races of Sorghum*. Adlard & Son, Ltd., London.
49. **Snowden D.**, 1955. *The wild fodder Sorghums of the section Eusorghum*. J. Linn. SOC. London 55: SOKAL, R.
50. **Sorsby N. T.**, 1855. *Indian millet or dourah corn*. [U. S.] Commr. Patents Rept. 1854: 160-162.
51. **Spaldon E.**, 1982. *Development of plant production in the seventh five year plan*. Agrochemia (Journal) , Volume: 20, Issue: 9, p. 257-260.
52. **Swanson** şi **Laude H. H.**, 1934. *Varieties of Sorghum in Kansas*. Kaus. Agr. Expt. sta. Bull. 266, 51 pp., illus.
53. **Turcu R.**, 1986. *Bull. SNBC*, 41.
54. **Warburton C. W.**, 1907. *The Nonsaccharine Sorghums*. U. S. Dept. Agr. Farmers' Bull. 288, 28 pp., illus.
55. **Weibel D. E.**, 1970. *Broomcorn*. in J. S. Wall and W. M. Ross, eds., Sorghum Production and Utilization. The Avi Publishing Company, Westport.
56. **Zamfirescu N., Săulescu N., Safta I.** şi **Cantăr F.**, 1965. *Fitotehnia,* vol. I. Ed. Agrosilvică, Bucureşti.

CAPITOLUL II
SISTEMATICA ȘI RĂSPÂNDIREA SPECIEI

2.1. SISTEMATICA SPECIEI

Sorgul cultivat face parte din familia *Poaceae* (*Gramineae*), genul Sorghum, specia *Sorghum bicolor (L.) Moench*.

Sorgul este o specie cu o variabilitate genetică remarcabilă, ceea ce îl face greu de clasificat. Sistematica sorgului a stat în atenția a numeroși cercetători fără a se ajunge la o unitate de vederi, fapt generat de numeroasele forme aflate în cultură şi mari asemănări dintre ele.

În anul *1753,* cercetătorul *Lineé* a descris sorgul cultivat ca o specie, denumindu-l *Holcus sorghum*, specie pe care a arondat-o tribului *Avenae*.

Pentru prima dată, denumirea termenul "*Sorghum*" a fost utilizat de *Adnason (1784),* acesta înlocuind vechea denumire, cea de Holcus, dată de Lineé. Denumire provine de la cuvântul latinesc "*Surgo*" și a fost atribuită unui gen din familia *Poaceae* (*Gramineae*), tribul Andopogonae (*Antohe I. și colab., 2006*).

Brotero, în anul *1804*, a clasificat sorgul ca aparţinând genului *Andropogon* şi a denumit specia cultivată *Andropogon sorghum*, iar pe cea sălbatică *Andropogon halepense*.

Persoon. C. H. (1805) revine în stabilirea sistematicii sorgului la vechea clasificare în care sorgul aparţinea genului *Sorghum* şi denumește specia cultivată *Sorghum vulgare*.

Mai târziu, în anul *1874, Moench* face distincția clară între cele două genuri, *Holcus* și *Sorghum*, individualizându-l pe ultimul prin descrierea realizată, în care specifică faptul că la nivelul inflorescenței se găsesc un număr par de spiculețe, din care unul este sesil, hermafrodit, iar cel de-al doilea spiculeț este scurt pedicelat și nu are decât organe florale mascule (androceu).

Körnicke – Werner (1885) admit denumirea dată de Brotero şi clasifică mai departe specia cultivată după caracterele morfologice ale paniculului şi boabelor în două subspecii:

- *A. s. (Andropogon sorghum) effusum Körnicke*, cu panicul răsfirat;
- *A. s. (Andropogon sorghum) contractum Körnicke*, cu panicul dens.

Zamfirescu şi colab. (1965) menționează că fiecare din aceste subspecii se împarte în câte două grupe, în funcţie de mărimea axului principal al paniculului – scurt sau lung – şi respectiv după conturul paniculului sferic, oval sau alungit, varietățile urmând a fi identificate după o serie de alte caractere, cum ar fi: lungimea ramificațiilor secundare, culoarea paleelor şi a boabelor.

Monograful Snowden (citat de *Jukovski, 1950* şi *Zamfirescu, 1965*) propune o nouă clasificare a genului în **secții** (*Parasorghum* şi *Eusorghum*), **subsecţii** şi **serii de specii** (*seria spontanea* –în care intră iarba de Sudan – şi *seria sativa* care înglobează speciile cultivate).

Angelini F. prezintă propria clasificare a genului *Sorghum* în *1965* (Figura 2.1).

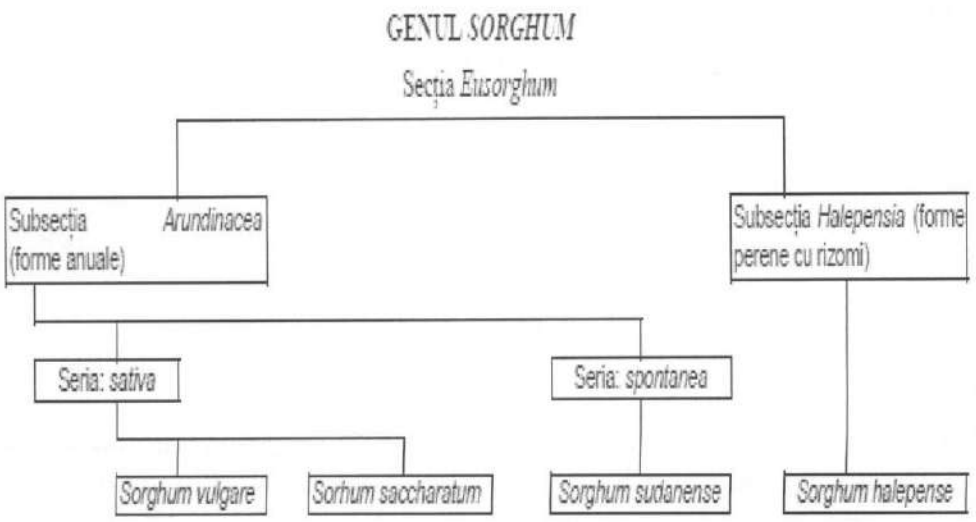


Figura 2.1 - Clasificarea genului *Sorghum* (după Angelini, 1965)

Această clasificare cuprinde în cadrul secţiei *Eusorghum* două subsecţii:

- *Subsecţia Halepensia* – care cuprinde forme perene cu rizomi (Sorghum halepense);
- *Subsecţia Arundinacea* – care cuprinde formele anuale de cultură şi care la rândul ei prezintă două serii:
  - *Seria Sativa* (*Sorghum vulgare*, *Sorghum saccharatum*)
  - *Seria Spontanea* (*Sorghum sudanense*)

O clasificare a sistematicii sorgului la care au aderat cei mai mulți cercetători este aceea conform căreia sorgul aparține familiei *Poaceae* (*Gramineae)*, tribul *Andropogoneae*, genul *Sorghum*, cu 31 de specii anuale şi perene.

După *Spaldon, 1982* (actualizat), formele anuale aparțin speciei *Sorghum bicolor* (L.) Moench (sinonim *Sorghum vulgare*), cu 2n = 20 cromozomi.

În funcție de modul de folosință, această specie cuprinde următoarele varietăți:

- *Sorghum bicolor, var. eusorghum* – sorgul pentru boabe;
- *Sorghum bicolor, var. tehnicum* – sorgul pentru mături;
- *Sorghum bicolor, var. saccharatum* – sorgul zaharat;
- *Sorghum bicolor, var. sudanense* – sorgul furajer.

Sorgul zaharat – *Sorghum saccharatum* – se clasifică după forma paniculului în două subspecii:

- *subsp. effusum*, cu panicul răsfirat;
- *subsp. contractum*, cu panicul compact.

Pentru boabe se mai cultivă şi alte specii, cum sunt:

- *Sorghum guinense* – sorgul de Guinea sau sorgul vest-african;
- *Sorghum bantum* – sorgul negrilor sau central-african;
- *Sorghum cafer* – sorgul de Cafra sau sud-american;
- *Sorghum durra* – sorgul tipic pentru boabe sau afro-asiatic (milo, durra);
- *Sorghum propinquum* – sorgul asiatic sau chinezesc;

- *Sorghum feterita* – cultivat în Sudan;
- *Sorghum shallu* – cultivat în India şi Africa de vest.

Tribul *Andopogoneae*, la care aparțin și sorgul și porumbul, are în componența sa 16 subtriburi. Importanță pentru sistematica sorgului prezintă subtribul *Sorghastrae* în care regăsim genul *Sorghum*.

În conformitate cu opiniile unor autori, (*Garber, 1950, 1954*), genul *Sorghum* are doar 25 de specii recunoscute, care au fost taxonomic clasificate în șase subgenuri sau secții:

1. *Subgenul Eusorghum* (n=10 cromozomi) care este răspândit în Africa, Asia, America și Australia. Acest subgen este corespondentul secției *Eusorgum* din clasificarea realizată de Snowden în 1936;
2. *Subgenul Chaetosorghum* (n=10 și n=20 cromozomi) răspândit în Australia;
3. *Subgenul Heterosorghum* (n=10 și n=20 cromozomi) răspândit în Filipine, Noua Guinee și Australia;
4. *Subgenul Sorghastrum* (n=10 cromozomi) răspândit în America și Africa;
5. *Subgenul Para-Sorghum* (n=5 cromozomi) care se regăsește în Africa, America, Guatemala, Asia, Australia și Mexic;
6. *Subgenul Stiposorghum* (n=5 cromozomi) răspândit în Autralia.

Speciile genului Sorghum au, așadar, au un număr de cromozomi de 2n = 10, 20, 30 sau 40 (*Garber, 1950; Lazarides et al., 1991*).

Secțiunea *Eusorghum* include sorgul cultivat *Sorghum bicolor* și speciile sălbatice *Sorghum almum* Parodi, *Sorhum propinquum* (Kunth) Hitch. și *Sorghum halepense* (L.) Pers.

Speciile din secțiunea *Eusorghum* au o arie de extindere mare în Africa și Asia de Sud (*Duvall și Doebley, 1990*).

Conform ultimelor date[1], speciile de sorg și arealele unde sunt răspândite, sunt următoarele:

1. *Sorghum amplum* - nord-vestul Australiei;

[1] Wikipedia - accesat 17.04.2021

2. *Sorghum angustum* - Queensland;
3. *Sorghum arundinaceum* - Africa, subcontinentul indian, Madagascar, insule din vestul Oceanului Indian;
4. *Sorghum bicolor* - sorg cultivat, adesea numit individual sorg, cunoscut și sub denumirea de durra, jowari sau milo. Originar din regiunea Sahel din Africa;
5. *Sorghum brachypodum* - Teritoriul de Nord al Australiei;
6. *Sorghum bulbosum* - Nordul și Vestul Australiei;
7. *Sorghum burmahicum* - Thailanda, Myanmar;
8. *Sorghum controversum* - India;
9. *Sorghum* × *drummondii* - Sahel și Africa de Vest;
10. *Sorghum ecarinatum* - Nordul și Vestul Australiei;
11. *Sorghum exstans* - Teritoriul de Nord al Australiei;
12. *Sorghum grande* - Zona de nord est a Australiei (Queensland);
13. *Sorghum halepense* - iarba lui Johnson - Africa de Nord, insule din estul Atlanticului, sudul Asiei din Liban până în Vietnam; naturalizat în Asia de Est, Australia și America;
14. *Sorghum interjectum* - Nordul și Vestul Australiei;
15. *Sorghum intrans* - Nordul și Vestul Australiei;
16. *Sorghum laxiflorum* - Filipine, Insulele Sunda, Sulawesi, Noua Guinee, nordul Australiei;
17. *Sorghum leiocladum* - Queensland, New South Wales, Victoria - Australia;
18. *Sorghum macrospermum* - Teritoriul de Nord al Australiei;
19. *Sorghum matarankense* - Nordul și Vestul Australiei;
20. *Sorghum nitidum* - Asia de Est, subcontinentul Indian, Asia de Sud-Est, Noua Guinee, Micronezia;
21. *Sorghum plumosum* - Australia, Noua Guinee, Indonezia;
22. *Sorghum propinquum* - China, subcontinentul Indian, Asia de sud-est, Noua Guinee, Micronezia, Insulele Cook;
23. *Sorghum purpureosericeum* - Sahel,Tanzania; Yemen, Oman, India;
24. *Sorghum stipoideum* - Nordul și Vestul Australiei;
25. *Sorghum timorense* - Insulele Sunda, Maluku, Noua Guinee, nordul Australiei;

26. *Sorghum trichocladum* - Mexic, Guatemala, Honduras;
27. *Sorghum versicolor* - Africa de est + sudică din Etiopia până în Namibia; Oman;
28. *Sorghum virgatum* - zonele secetoase din Senegal până în Levant.

Raportat la numărul de cromozomi, speciile de sorg se grupează astfel:

1. Forme diploide 2n=2x=10, respectiv n=5 cromozomi.
   - *Sorghum purpurea-sericeum*
   - *Sorghum versicolor (Africa)*
   - *Sorghum intrans*
   - *Sorghum brevicollosum*
   - *Sorghum stipoidium (Australia)*
2. Forme tetraploide 2n=4x=20, respectiv n=10 cromozomi.
   - *Sorghum virgatum (iarba de Tunis)*
   - *Sorghum effusum (iarba de Camerum)*
   - *Sorghum verticiliflorum (Africa) (iarba de Fabucki)*
   - *Sorghum leiocladum*
   - *Sorghum nitidum*
   - *Sorghum plumosum (Australia)*
   - *Sorghum propinquum* (Asia) – specie rizomatoasă, cu seminţe mici şi tari din Asia, Indonezia şi Philipine care a contribuit la formarea sorgului chinezesc.
3. Forme octoploide 2n=8x=40, respectiv n=20 cromozomi
   - *Sorghum halepense* (iarba lui Johnson) – un tetraploid provenit din încrucișarea speciilor *Sorghum arundinaceum* şi *Sorghum propinquum.*
   - *Sorghum macrospermum*
   - *Sorghum loxiflorum* (Australia)
   - *Sorghum almum* (iarba lui Columb) – îşi are originea în Argentina şi provine în urma încrucişărilor dintre *Sorghum bicolor* şi *Sorghum halepense*.

Clasificarea taxonomică a sorgului este îngreunată datorită diversității genetice extreme.

În clasificarea făcută de *Harlan şi Wet (1972)* se stabilesc 15 tipuri intermediare ca: *bicolor, guinea, caudatum, kafir şi dura* şi 10 rase intermediare apărute ca posibile combinaţii dintre rasele primare (*bicolor-guinea, bicolor-caudatum* etc.).

Din acest punct de vedere sorgul zaharat este considerat formă primară a speciei *Sorghum bicolor*. El posedă din abundenţă un suc dulce care are utilizări multiple.

Din hibridarea sorgului pentru boabe cu sorgul zaharat s-au obţinut soiuri noi cu o paletă largă de întrebuinţare practică: furaj, aliment, materie primă energetică etc (*Antohe, 2007*).

Cultivare de sorg

Odată cu folosirea germoplasmei de la tipurile *feterite*, *hegari* şi *kafir* în programele de ameliorare a sorgului, iar combinaţia dura-kafir a deschis calea utilizării androsterilităţii şi a restaurării fertilităţii, la sorgul zaharat, pe lângă *populaţiile locale* şi *soiurile* aflate în cultură s-au obţinut şi se extind în cultură *hibrizii*.

În ceea ce privește sorgul pentru boabe, acesta devine o alternativă viabilă la cultivarea porumbului în zonele unde regimul pluviometric din perioada de vegetație a acestuia este tot mai mic sau distribuția acestuia se face foarte neuniform raportat la perioada de vegetație și cerințele plantei față de apă (sudul și centrul Olteniei, sudul și centrul Moldovei, Bărăganul, Dobrogea etc.) (*Matei, 2013*).

2.2. RĂSPÂNDIREA SPECIEI

Genul *Sorghum* s-a răspândit aproape continuu din sudul Africii până în zona subtropicală din Australia, unde a ajuns odată cu colonizarea zonei de către europeni.

Cea mai mare diversitate de forme cultivate şi sălbatice de sorg se întâlnește în zona de N - E a continentului african: Egipt, Etiopia, Somalia şi Sudan.

Sorghum bicolor subsp. halepense este larg răspândită în Regiunea Mediteraneeană și se găsește până în insulele din Asia de Sud-Est (fig. 2.2). Această specie conține buruieni întâlnite adesea în zonele aferente Mării Mediteraneene și Regiunii Tropicale. Conform

studiului efectuat de *DeWet (1967)*, acest gen se împarte în două ecotipuri, distincte din punct de vedere morfologic, și anume: un ecotip mediteraneean și unul tropical. Ecotipul mediteraneean este reprezentat de plante mici cu frunze înguste și care au 2n = 40 cromozomi.



Figura 2.2 – Răspândirea speciei *Sorghum bicolor subsp. halepense* (*DeWet și Huckabay, 1967*)

Aceste buruieni se extind din Asia Mică până în munții din vestul Pakistanului, unde sunt înlocuite de ecotipul tropical, mai robust. Aceste buruieni mari cu frunze mari se găsesc în număr mare în sudul Indiei, iar caracteristicile morfologice ale acestora sugerează că ecotipul tropical a apărut ca urmare a existenței sorgului cultivat în această zonă.

În sudul Indiei și Asia de Sud-Est, există și o altă buruiană a ecotipului tropical care reprezintă o rasă cromozomială cu 2n = 20. *Hackel (1885)* și *Koernicke (1885)* au sugerat faptul că există posibilitatea ca sorgul cultivat să fi provenit din *Sorghum bicolor subsp. halepense*. Totuși, *Piper (1915 a, b)* a explicat faptul că sorgul cultivat nu poate proveni din formele de sorg rizomatoase.

Sorghum bicolor subsp. bicolor include toate formele cultivate de sorg la care se alătură și unele buruieni sau forme semisălbatice ale sorgului. Buruienile aferente speciei *Sorghum bicolor* din zonele tropicale și subtropicale ale Africii de Vest aparțin *var. arundinaceum* (figura 2.3a). Ele se găsesc răspândite din Sierra Leone, de-a lungul zonei umede. Se întâlnesc frecvent în jurul deșeurilor și invadează frecvent câmpurile cultivate.



Figura 2.3. Răspândirea speciei *Sorghum bicolor subsp.* a) *bicolor var. arundinaceum;* b) *bicolor var. aethiopicum* (*DeWet și Huckabay, 1967*)

Varietatea *aethiopicum* se găsește extinsă de la nord de ecuator, din nordul Nigeriei, spre est în Somalia și de - a lungul Văii Nilului până la Cairo. Această varietate este reprezentată de buruieni (fig. 2.3b). Crește în mod natural de-a lungul malurilor, dar se poate găsi sporadic și în câmpurile agricole. Ca și răspândire, spre vest, *var. aethiopicum* se suprapune *var. arundinaceum* și prin hibridarea dintre acestea se formează alte cultivare, tipice Nordului Nigeriei.

Sorgul cultivat are o mare răspândire datorită utilizării sale în alimentația umană, mai ales în zonele semiaride din lume, unde condițiile pedoclimatice limitează practicarea unei agriculturi performante. Astfel de situații se întâlnesc cu precădere în Africa, Asia și America Latină, zone care sunt afectate frecvent la secetă.

În prezent, sorgul este o cereală cu importanță ridicată, fiind una dintre principalele cereale producătoare de boabe din lume, cu o producție anuală de 57.893.378 tone (tabelul 2.1).

Tabelul 2.1

Producții medii obținute în lume la principalele cereale, 2015÷2019 (*FAO, 2021*)

	Producția medie (kg/ha)					Producția totală anuală (tone)
Anii	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	
Porumb	5503	5738	5744	5715	5824	1.148.487.291
Orez	4569	4551	4557	4609	4662	755.473.800
Grâu	3321	3418	3538	3427	3547	765.769.635
Orz	2964	3015	3101	2910	3108	158.979.610
Sorg	1586	1431	1412	1426	1445	57.893.378

Specia ocupă locul cinci în lume raportat la suprafața cultivată (după grâu, porumb, orez şi orz), (tabelul 2.2) și se cultivă în mai bine de 85 ţări ale lumii.

Tabelul 2.2

Suprafaţa cultivată cu principalele cereale la nivel mondial, 2015÷2019
(FAO, 2021)

Suprafața cultivată (mii ha)					
Total cereale, din care:	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
	723003	***728636***	***729246***	***726547***	***724262***
Grâu	223414	219018	218300	213982	215902
Porumb	191276	196488	198220	196798	197204
Orez	160207	162516	164948	165522	162056
Orz	49838	48374	47878	48028	51150
Sorg	41655	44358	41097	42347	40075

Continentul african este cel mai mare cultivator de sorg, deținând mai mult de jumătate din suprafața cultivată în lume (tabelul 2.4). Cei mai mari cultivatori de sorg sunt Niger cu o suprafață cultivată în anul 2019 de 3.747.664 ha și o producție totală de 1.896.638 tone şi Sudan cu o suprafață cultivată de 6.827.520 ha și o producție totală de 3.714.000 tone (figura 2.4) (*FAO, 2021*).

În țările continentale ale Asiei există centre secundare de origine ale sorgului, situate în India şi China. Suprafață cultivată cu sorg pe continentul asiatic este aproximativ egală cu cea cultivată în America, de circa 5 - 6 milioane hectare (tabelul 2.3).

Tabelul 2.3

Suprafaţa cultivată cu sorg în lume, 2015÷2019
(FAO, 2021)

Suprafaţa cultivată (mii ha)					
Total sorg, din care:	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
	41655	***44358***	***41097***	***42347***	***40075***
Africa	25823	30006	27941	29923	28427
Asia	7745	7439	7029	6464	5636
America	7008	5985	5453	5259	5138
Oceania	734	522	369	464	551
Australia și Noua Zeelandă	732	521	368	462	550
Europa	345	405	305	238	322

India deține cea mai mare suprafață cultivată cu sorg, de cca. 4 milioane hectare și realizează o producție totală anuală de 3.475.410 tone. Această țară se situează pe locul 3 în lume raportat la producțiile anuale, după S.U.A. și Sudan (figura 2.4).

În Statele Unite ale Americii, sorgul pentru boabe şi pentru masă verde ocupă circa 12 % din trenul arabil, fiind cultivat pe o suprafață de 1.891.930 ha de pe care se recoltează anual o producție totală de 8.673.480 tone (figura 2.4) (FAO, 2021).

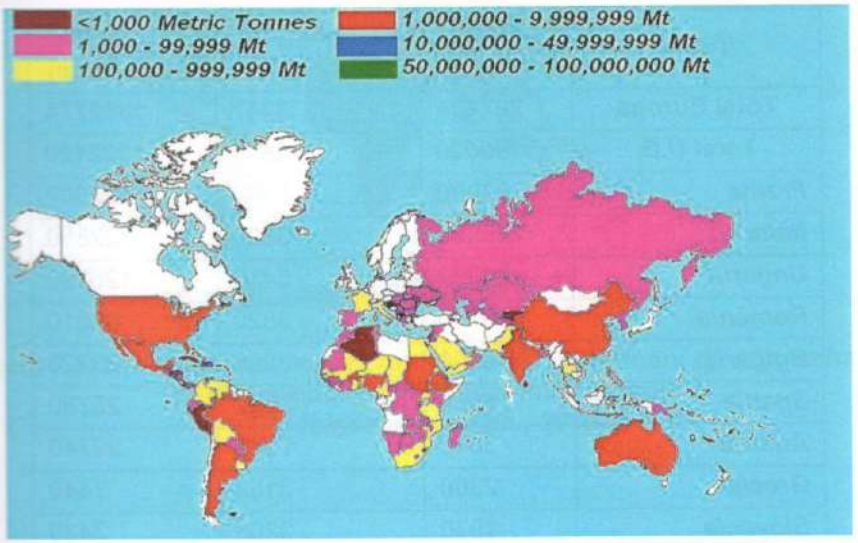


Figura 2.4 - Harta producătorilor de sorg în lume (*FAO, 2021*)

În America Latină, ca formă sălbatică, distinctă, luată în cultură se găseşte *Sorghum almum* (tetraploid format prin încrucişarea între sorgul cultivat şi costrei), iar în Australia se întâlnesc ca forme sălbatice sorgul din subgenurile *Stipo - Sorghum* şi *Para - Sorghum*.

În Europa cultura de sorg deși a fost adusă în secolul XV nu a avut o răspândire rapidă (*Dragomir, 2009*). Din tabelul 2.5 se poate observa că suprafața cultivată în Europa este de 322.494 ha, iar producția totală anuală de 1.369.774 tone.

Deși, țările aferente Uniunii Europene, cultivă cca. 60 % din totalul suprafeței din Europa, realizează împreună cca. 75 % din producția totală a continentului. Cu toate acestea, această cantitate nu este

suficientă pentru Blocul Comunitar, necesarul de sorg estimat pentru nevoile UE se cifrează la aproximativ 1.200.000 tone/an (tabelul 2.5).

Principalele țări cultivatoare din Uniunea Europeană sunt Franța, Italia, Ungaria și România, acestea fiind și principalii producători de sorg ai Europei (tabelul 2.4).

Tabelul 2.4

Principalele țări cultivatoare cu sorg din U.E., 2019
(FAO, 2021)

Țările	Suprafața (ha)	Producția medie (kg/ha)	Producția totală (tone)
Total Europa	**322494**	**4247**	**1369774**
Total U.E.	***190020***	***5379***	***1022120***
Franța	83090	5090	422900
Italia	46800	6899	322850
Ungaria	23320	5416	126290
România	15710	3820	60010
Bulgaria	7040	3298	23220
Spania	6560	3922	25730
Austria	3940	7548	29740
Grecia	2360	3153	7440
Slovacia	1070	3206	3430
Slovenia	130	3923	510

În contextul schimbărilor climatice tot mai evidente și a politicilor la nivel mondial de a găsi alternative la combustibilii fosili, sorgul zaharat se evidențiază ca cea mai bună cultură pentru coproducţia de bioetanol şi bioputere, iar în viitorul apropiat se preconizează o creștere majoră a cererii în domeniul asigurării de combustibili lichizi pentru transport şi energie sau a utilizării în realizarea unor biorafinării cu sorg zaharat (figura 2.5).

Având în vedere faptul că sorgul zaharat nu are preferențe față de sol, are cerințe reduse în umiditate şi este adaptabil la condiții climatice foarte variate, dar realizează producții de bioetanol similare cu trestia de zahăr, se poate anticipa că această cultură are un

potențial de creștere însemnat a arealului de cultivare la nivel mondial (figura 2.6), (*Pochișcanu și colab., 2016*).

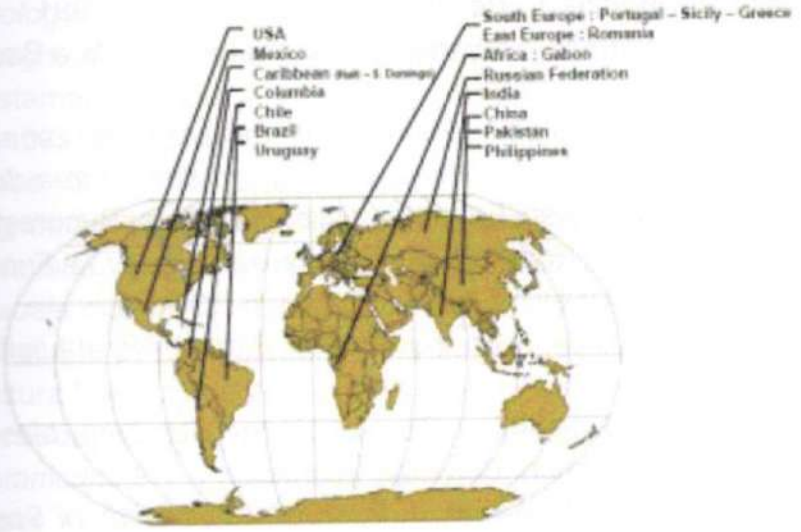


Figura 2.5. Previziuni pentru dezvoltarea unor biorafinării de sorg zaharat pentru producţia de bioetanol şi energie (*Pochişcanu şi colab., 2016*)

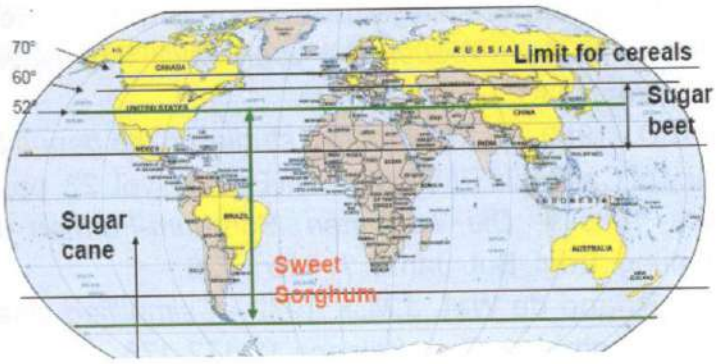


Figura 2.6. Potențialul de cultivare la nivel mondial al sorgului zaharat (*Giuliano Grassi Eubia, 2008*)

BIBLIOGRAFIE

1. **Antohe I., Benczik I., Borcean I. și Butnaru G.,** 1991 - *Sorgul zaharat - monografie*. Universitatea de Ştiinţe Agricole a Banatului Timişoara.
2. **Antohe, I. și colab.**, 2006. *Cultura sorgului zaharat și industrializarea lui totală. Perspectivă pentru dezvoltarea durabilă a agriculturii românești*. Ed. a II-a, Chiminfort Data, București.
3. **Antohe, I.,** 2007. *Realizari in ameliorarea sorgului la Fundulea*. AN. I.N.C.D.A. FUNDULEA, VOL. LXXV. p .137-157.
4. **Brotero F.A.,** 1804 - *Felicis Avellar Broteri Flora Lusitanica*. Typogr. Regia.
5. **DeWet J. M. J.**, 1967 - *The origin of Sorghum bicolor*. I. Morphological variation. Bot. Gaz. in press.
6. **DeWet J. M. J.** și **Huckabay J. P.**, 1967 - *The origin of Sorghum bicolor*. II. Distribution and domestication. Evolution: 787 - 802.
7. **Duvall, M. R., Doebley, J. F.** 1990. *Restriction site variation in the chloroplast genome of Sorghum (Poaceae)*. Systematic Botany 15: 472–480.
8. **Dragomir N.**, 2009 - *Tehnologii de cultivare a gramineelor furajere anuale şi perene*. Ed. Waldpress.
9. **Food and Agriculture Organization of United State** (F.A.O.) Data Base, 2021. *„Production yearbook"*. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
10. **Garber E.D.,** 1950 - *Cytotaxonomic studies in the genus Sorghum*. University of California Publications in Botany, vol. 23, pp. 283-362.
11. **Hackele**, 1885 - *Die kultivirten Sorghum-Formen und ihre Abstammung*. Engl. Bot. Jahrb. 7: 115 - 126.
12. **Harlan, J.R. and de Wet, J.M.J**. 1972. *A simplified classification of cultivated sorghum*. Crop Science 12:172-176.
13. **Koernicke F.**, 1885 - *Andropogon sorghum Brot., die Mohrhirse*. In Koernicke, F., and H. Werner. Handbuch des Getreidebaues 1: 294 - 315.

14. **Kornicke F. and Werner H.,** 1885 - *Handbuch des Getreidebaues. 2 vols. Bonn: Verlag Emil Strauss.*
15. **Lazarides, M & Hacker, JB & Andrew, Martin**. 1991. *Taxonomy, cytology and ecology of indigenous Australian Sorghums (Sorghum Moench: Andropogoneae: Poaceae)*. Australian Systematic Botany - AUST SYSTEMATIC BOTANY. 4. 10.1071/SB9910591.
16. **Linee C.,** 1753. *Species Plantarum: exhibentes plantas rite cognitas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas* (1st. ed.). Stockholm: Impensis Laurentii Salvii.
17. **Matei Gh.** 2013. *Fitotehnie. Cereale şi leguminoase pentru boabe*. Editura Sitech, Craiova.
18. **Persoon, C. H.,** 1805. *Synopsis Plantarum; Seu. Enohiridium Botanicum.* 2 V. Parisiis and Tubingae.
19. **Piper L. V.**, 1915a - *Andropogon halepense and Andropogon sorghum*. Proc. Biol. SOC. Washington 28: 25 - 44.
20. **Piper L. V.**, 1915b - *The prototype of cultivated sorghums*. J. Amer. SOC. Agron. 7: 109 - 117.
21. **Pochișcanu S., Druțu A.C.,** 2016. Sorgul "Cămila vegetală". Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
22. **Zamfirescu N., Săulescu N., Safta I. și Cantăr F.,** 1965 - *Fitotehnia, vol. I.* Ed. Agrosilvică, Bucureşti.
23. *** - https://en.wikipedia.org/wiki/Sorghum

CAPITOLUL III

GENETICA ȘI AMELIORAREA SPECIEI

3.1. GENERALITĂȚI

Sorgul (*Sorghum vulgare* Pers. Sin. Bicolor L.) este o plantă erbacee din familia *Poaceae*, originară din Africa, unde încă mai crește sălbatic pe suprafețe extinse. În Eurasia a fost cultivat încă din antichitate (în Asiria și India, primele atestări datează din veacul 8 înainte de Christos).

Adaptabilitatea largă a sorgului și utilizările multiple sunt legate de diversitatea sa genetică naturală și de plasticitatea fenotipică. El prezintă o gamă largă de forme rezistente la stresurile abiotice și biotice.

În ultimii cincizeci de ani, datorită progreselor genetice, producția medie a sorgului pentru boabe s-a dublat, crescând de la 3 t/ha la 6 t/ha (ARVALIS – Institutul sectorului vegetal).

Sorgul este în plină expansiune: cu un consum redus de apă, are multiple utilizări, de la hrana animalelor până la hrana umană. În ultimele 2 decenii, sorgul câștigă teren în Europa în detrimentul altor culturi mai puțin adaptate la schimbările climatice evidente.

Raportat la pretabilitatea cultivării, sorgul este în primul rând o cultură care se adaptează foarte bine la schimbările climatice, având o toleranță ridicată la secetă. În al doilea rând, permite fermierilor să obțină o producție sigură, asigurând diversificarea rotației culturilor. Sorgul poate fi o cultură alternativă avantajoasă atunci când producția obișnuită a altor cereale este afectată de condițiile meteorologice nefavorabile sau de dăunători. Pentru crescătorii de animale sorgul este, de asemenea, un mijloc de a asigura aprovizionarea cu furaje de calitate superioară.

Principalele obiective din tematica de ameliorare a sorgului au fost: sporirea capacităţii de producţie, a toleranţei la alcalinitatea şi salinitatea solului, creşterea toleranţei la atacul afidelor şi ameliorarea calităţii boabelor şi a restului plantei (reducerea

conținutului de tanin în același timp cu creșterea conținutului în proteină, amidon, ulei din boabe şi reducerea conținutului de acid cianhidric din planta verde).

Printre primele lucrări referitoare la studiul geneticii sorgului le regăsim în cele realizate de *Graham (1916)*. Ulterior acestea au fost urmate de alte studii de referință privind trecerea în revistă a principalelor realizări în acest domeniu, care au fost publicate de *Martin (1936), Quinby și Martin (1954), Poehlman (1959), Quinby (1961), Schertz și Stephens (1966), Quinby și Schertz (1970)* și mai recent de bibliografiile tematice elaborate de SMIC – I.C.R.I.S.A.T. (Sorghum and Millet Information Center – International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics) – India.

Sorgul cultivat are setul haploid format din 10 cromozomi. Grupele linkage pentru cei 10 cromozomi sunt cunoscute incomplet (*Doggett, 1970*). Studii realizate de *Webster (1977, 1979, 1982)* aduc date noi privind identificarea poziției pe cromozomi și gradul de înlănțuire a genelor D.Rs, P, Y10, Lg, Ts care condiționează anumite caracterele ale plantei de sorg zaharat, cum sunt: suculența tulpinii, culoarea plantulei etc.

Aceampong și colab., (1984), a realizat o clasificare a situației referitoare la numărul de cromozomi specific subgenurilor genului *Sorghum* (tabelul 3.1).

Tabelul 3.1

Fondul de gene primar, secundar și terțiar în cadrul genului *Sorghum* și numărul de gene la membrii genului *Sorghum* *(Aceampong și colab., 1984),*

Fondul de gene și numărul de gene		
Primar	**Secundar**	**Terțiar**
Diploid 2n=20; (x=10)	Tetraploid - 2n=40:(x=20)	Diplo-tetraploid
Sorghum bicolor : - *Subspecia bicolor* - *Subspecia arundinaceum* - *Subspecia drumondii* - *Sorghum propinqum*	***Sorghum halepense***	*Sect. Parasorghum* 2n=10(20); x=5(10)
		Sect. Stiposorghum 2n=10(20); x+5(10)
		Sect. Heterosorghum 2n=40(20); x=20(10)
		Sect. Chaetosorghum 2n=40(20); x=20(10)

Sorgul este prima cereală la care genomul a fost descifrat în întregime în 2006, ceea ce conferă ritmuri noi de progres în ameliorare (*Antohe, 2007*), acesta având dimensiunea de aproximativ 740 Mb (*Paterson și colab., 2009*).

3.2. RESURSE GENETICE LA SORG

Primii pași în realizarea unei colecții mondiale referitoare la germoplasma de sorg au fost făcuți în India, după anul 1967 când s-a reușit colectarea a peste 16000 de accesiuni din mai multe zone importante de cultură a sorgului în numeroase țări. Accesiunile au fost analizate și clasificate cu simbolul IS (*International sorghum*) și un număr de ordine. O parte din aceste accesiuni (aproape 9000) au fost transferate la ICRISAT, iar celelalte și-au pierdut germinația.

Colecția ICRISAT a fost completată cu 3000 de accesiuni de la Universitatea Purdue, Laboratorul național de conservare a semințelor de la Fort Collins, SUA și din Puerto Rico, în anul 1974 la recomandările Comitetului Consultativ pentru sorg și mei. Acestea cuprind cea mai mare parte din diversitatea nativă a sorgului cultivat. Cu toate acestea, o mare parte din diversitatea raselor sălbatice de sorg este subreprezentată în aceleași colecții.

În ciuda numărului semnificativ de colecții și fonduri, o mare parte din diversitatea sorgului rămâne, însă, neexploatată. În ultimul deceniu, s-au înregistrat progrese uriașe în construirea bazei moleculare și genomice necesare pentru a crește înțelegerea diversității genomului la sorg, a rezervelor de gene și în cele din urmă, pentru a lega aceste informații de ameliorarea speciei.

Sorgul a fost investigat pe larg pentru a înțelege taxonomic relațiile și evoluția culturii. Studiile timpurii s-au concentrat pe morfologie, citologie și date de distribuție, în principal, ale componentei africane a sorgului sălbatic (*Snowden, 1955; Liang și Casady,1966; de Wet și colab., 1970; de Wet și Huckabay, 1967; de Wet și Harlan 1971; de Wet, 1978; Harlan, 1992*), care a ajutat la circumscrierea limitelor speciilor de sorg cunoscute și a explicat originea și procesul de domesticire.

Sorgul cultivat (*Sorghum bicolor*), este deosebit de vulnerabil la riscurile asociate cu fluxul de gene de la mai multe specii sălbatice

înrudite (buruieni), precum: *Sorghum halepense*, *Sorghum bicolor* ssp. *Drummondii* și *Sorghum almum*.

Sorghum halepense și *Sorghum bicolor* L. (Moench.) sunt specii sălbatice comune în multe zone de cultivare a sorgului din întreaga lume. Soiurile de sorg cu trăsături adaptative dezvoltate prin ameliorare convențională sau transgeneză nouă, prezintă riscuri agronomice și ecologice dacă aceste însușiri sunt transferate la buruieni rude/specii sălbatice. Cunoașterea naturii și a caracteristicilor fluxului de gene între diferitele specii de sorg este redusă, iar datele existente sunt foarte variate.

Fluxul de gene este unul din principalii factori ai speciației și unele dintre cele mai importante culturi de astăzi sunt produsul unor hibridări îndepărtate (*Arnold, 1992*). Aproximativ o pătrime din speciile de plante caracterizate sunt rezultatul hibridării interspecifice sau intergenerice (*Mallet, 2005*).

Sorgul cultivat (*Sorghum bicolor* (L.) Moench., 2n = 2x = 20) este un exemplu clasic în care fluxul de gene de la buruienile rude/sălbatice prezintă o problemă atât ecologică, cât și agronomică. Sorgul se poate hibrida cu rudele sale: *S. halepense* 2n = 4x = 40, *S. bicolor* ssp. *drummondii* (Nees ex Steud.) De Wet ex Davidse, 2n = 2x = 20] și *S. almum* Parodi, 2n = 4x = 40.

Sorghum halepense este o buruiană/rudă perenă importantă și sălbatică a sorgului cultivată pentru furaje, dar și o buruiană extrem de invazivă pe marginea drumurilor și în alte zone necultivate, cu distribuție mondială. Sistemul său extins de rizomi și lăstari, precum și rata ridicată a producției de semințe îl fac extrem de invaziv și dificil de eradicat. Această specie prezintă o serie de efecte dăunătoare: toxicitate pentru animalele care-l pășunează, risc de incendiu în timpul verii și competiție la excluderea altor plante. Reduce fertilitatea solului, poate fi gazdă pentru agenții patogeni ai culturilor și este cunoscut ca având efect alergen. Este considerată o buruiană serioasă în 53 de țări și se întâlnește într-o gamă largă de culturi de câmp.

Sorghum bicolor ssp. *drummundii* este o specie perenă ce produce rizomi, dar aceștia sunt adesea intoleranți la gerurile din

timpul iernilor, așa că nu reprezintă o problemă semnificativă, dar este întâlnită în câmpurile de producție a culturilor.

Sorghum almum Parodi (2n = 4x = 40) este un hibrid între *S. halepense* și *S. bicolor*, care produce rizomi scurți și este cultivată ca specie furajeră (USDA-NRCS, 2016).

Billot și colab. (2013) a genotipat o mare colecție globală de sorg (3.367 de accesiuni) inclusiv soiuri locale (89,5 %), linii de reproducere sau soiuri avansate (8,3 %), tipuri sălbatice/de buruieni (2,0 %) și necunoscute (0,1 %) folosind tehnica SSR. 17 markeri genetici au produs alele unice accesiunilor sălbatice/buruieni; 40 din cele 783 de alele au fost unice pentru speciile sălbatice, dintre care trei au fost găsite într-o singură accesiune *Sorghum propinquum*; tipurile sălbatice și buruienile au cuprins 57 – 65 % din alelele detectate, fără o separare clară a tipurilor sălbatice și cultivate, arătând că există un flux de gene considerabil între ele.

În concluzie, sorgul sălbatic din Africa de Nord-Est și Centrală prezintă o genetică mult mai asemănătoare cu a soiurilor cultivate decât cu sorgul sălbatic din nord-vestul sau sudul Africii, ceea ce confirmă faptul că acest sorg este ancestral sorgului domesticit; *Sorghum halepense* își are originea probabil prin autopoliploidie sau alopoliploidie segmentară.

Sorgul cultivat a pierdut din diversitate în timpul domesticirii. Cu toate acestea, multe evaluări au indicat faptul că sorgul are o diversitate mare. Originile multiple pentru sorgul domesticit, polenizarea încrucișată între formele locale și cele selectate și polenizarea între soiurile domestice și speciile sălbatice, extrem de variabile, sunt considerate factori care contribuie la diversitatea genetică extinsă observată la sorg (*Doggett, 1988*).

Muraya și colab. (2011) au arătat că fluxul de gene pe distanțe lungi mediat de semințe duce la un nivel regional slab de diferențiere a sorgului, reflectând importanța intervenției umane în conturarea structurii și diversității populației și fluxului genetic, care poate face ca limitele geografice să fie irelevante.

Structura populațiilor de sorg modern pare să se încadreze bine în teoria „*echilibrului schimbător*" a lui Wright, care presupunea

că deriva genetică și selecția care operează în subpopulații duce la o serie de genotipuri ocupând diferite vârfuri de adaptare, chiar dacă pot apărea fluxuri genetice între subpopulații (*Wright, 1978*). Teoria lui Wright a fost larg acceptată pentru a explica evoluția și speciația plantelor (*Hartl și Clark, 1989*), incluzând aplicații la evoluția sorgului (*Doggett și Majisu 1968; Doggett 1988; Cui și colab., 1995*).

3.3. FONDUL DE GENE ȘI PERSPECTIVELE DE CONSERVARE

Pericolul eroziunii genetice la formele locale datorită creării de noi soiuri și hibrizi, a condus la creșterea eforturilor de colectare și conservare în întreaga lume.

Concomitent, a existat o conștientizare sporită a importanței speciilor sălbatice în ameliorarea culturilor și a început înființarea de bănci naționale și internaționale de gene mărindu-și colecțiile cu forme sălbatice. În prezent, ICRISAT conține 458 de accesiuni de sorg sălbatic ce aparțin la 13 specii pe lângă 37.904 accesiuni de sorg cultivat din 91 de țări.

Harlan și de Wet (1971) au propus trei categorii informale sau centre de gene (primar, secundar și terțiar) bazate pe ușurința încrucișării sorgului sălbatic - utilizarea lor potențială în ameliorarea speciilor:

- centrul de gene primar include tot sorgul cultivat și rudele lui sălbatice/buruieni cu 2n = 20 cromozomi (*S. bicolor* complex) alături de *S. propinquum*, specie perenă diploidă;
- centrul de gene secundar cuprinde *S. halepense*, care este o specie autotetraploidă raportată că ar fi apărut probabil dintr-o încrucișare între *S. propinquum* și *S. verticilliflorum* (Doggett 1988);
- centrul de gene terțiar conține membri ai tuturor celorlalte secțiuni de sorg (2n = 20, 30, 40), precum și a genurilor înrudite - *Saccharum, Zea, Cliestachne* și *Sorghastrum*.

Pentru sorg, speciile din centrele de gene primar și secundar sunt oarecum reprezentate în puținele colecții *ex situ*, dar din moment ce toate speciile sunt relativ răspândite, nu prezintă o prioritate de conservare (*Maxted și colab., 2006*).

Având în vedere totuși, recunoașterea crescută a potențialului și semnificației acestor specii sălbatice în ameliorarea sorgului, ar trebui analizate lacunele din colecțiile existente și efectuate cercetări *ex situ* în raport cu punctele fierbinți de diversitate ale acestor specii sălbatice, pentru a identifica și prioritiza colectarea țintită a speciilor slab reprezentate pe toată gama de distribuție a acestora.

Din punct de vedere istoric, resursele genetice au fost conservate în principal folosind metode *ex situ*, cea mai mare atenție fiind acordată colectării și menținerii raselor terestre, a soiurilor tradiționale, a liniilor ameliorate și a stocurilor genetice (*Hawkes și colab., 2000; Smith și colab., 2003*).

Cercetări recente au pus sub semnul întrebării dacă diversitatea surselor locale poate fi eficient conservată *ex situ* datorită blocajului genetic asociat cu eșantionarea și multiplicarea / regenerarea în băncile genetice și diversitatea genetică care se schimbă constant și relativ rapid în interior populațiilor (*Negri și Teranti, 2010*). În mod similar, conservarea *in situ* ar trebui să fie prima strategie de conservare, deoarece promovează schimbul natural de gene și evoluția continuă a populațiilor de rase terestre și culturi sălbatice (*Maxted și colab., 1997a; Stolton și colab., 2006; Negri și colab. 2009*).

Disponibilitatea unei variații genetice adecvate este o condiție prealabilă fundamentală pentru îmbunătățirea genetică a oricărei specii de cultură. Estimarea diversității genetice identificarea grupurilor cu genotipuri similare este importantă pentru conservare, evaluarea și utilizarea resurselor genetice, pentru a selecta sursele posibile de gene care pot îmbunătăți performanța soiurilor și pentru a determina unicitatea și distinctivitatea fenotipurilor și genotipurilor cu scopul protejării drepturilor de proprietate intelectuală a amelioratorului (*Subudhi și colab., 2002*).

Utilizarea variabilității genetice prin selecție artificială în programele de ameliorare, a condus la progrese majore în domeniul productivității agricole. Cu toate acestea, pentru succesul continuu în îmbunătățirea culturilor, noile surse de variabilitate genetică trebuie să fie încorporate în programe de ameliorare pentru a spori sporurile de selecție. Utilizarea continuă a germoplasmei elită de către

cultivatorii de plante tinde să restrângă diversitatea genetică și astfel să încetinească progresul ameliorării și riscă vulnerabilizarea culturilor (*Hawkes și colab., 2000*).

O mare parte din cercetările efectuate la sorg au fost orientate spre sorgul cultivat, în timp ce studiile pentru sorgul sălbatic sunt limitate. Ideea că sorgul sălbatic ar putea fi folosit pentru a lărgi adaptabilitatea sorgului cultivat se bazează în principal pe gama sa largă de adaptare ecologică. S. *arundinaceum* proliferează în pădurile tropicale africane, în timp ce sorgul cultivat este foarte slab adaptat aici (*Harlan, 1992*). S. *virgatum* este o formă ce se extinde până la marginile deșertului, crescând în mod natural dincolo de aria de cultură și ar putea fi o sursă de toleranță la secetă. Sunt cunoscute semințe din rasa *virgatum* care germinează la temperaturi foarte ridicate, o trăsătură importantă pentru cultivarea în regiuni cu temperatură ridicată (*Bramel-Cox și Cocs, 1988*). Aceeași autori au arătat posibilitatea creșterii productivității la sorg prin transfer de gene din formele *virgatum, arundinaceum* și *verticilliflorum*.

Căutarea de noi surse gene de rezistență este un proces important, în continuu curs de desfășurare, deoarece populațiile de dăunători / agenți patogeni continuă să-și schimbe virulența. Sorgul este constrâns de peste 40 de boli și 150 dăunători (*Jotwani și colab., 1980*).

Kamala și colab., (2002) au raportat 36 surse de gene noi cu potențial de rezistență din speciile sălbatice/buruieni care ar putea fi folosite pentru a dezvolta soiuri rezistente și pentru a controla *Peronosclerospora sorghi* Weston și Uppal (Shaw) (SDM) care provoacă pierderi majore de producție. Doar aproximativ 130 de accesiuni au fost identificate ca rezistente la atacul agenților patogeni, într-un screening de peste 16.000 accesiuni din colecția mondială de sorg la ICRISAT (*Pande și colab., 1997*).

Distribuția surselor de rezistență: Africa 80 %; India 8 %; SUA și Australia 12 %, par să valideze ideile general acceptate care consideră că rezistența la multe boli/dăunători nu este distribuită aleatoriu, dar poate fi găsită în centre geografice/regionale specifice de diversitate în cazul în care gazda și agentul patogen au co-evoluat (*Leppik 1970; Harlan 1977*).

Africa este centrul domesticirii, precum și centrul primar al diversității culturilor, în timp ce India este un centru secundar. Africa este, de asemenea, probabil centrul principal al diversității agentului patogen (*Williams 1984*), deci este și regiunea cu diversitatea mai mare pentru rezistenţa la SDM. Majoritatea raselor de *S. halepense* pot fi utilizate direct în ameliorarea sorgului pentru a încorpora rezistența la *Peronosclerospora sorghi* și pentru a produce rezistență durabilă pentru zonele în care patogenul are o incidență ridicată. De asemenea, se pot utiliza pentru a genera cartografierea/segregarea populațiilor pentru a identifica gene asociate cu rezistența la *Peronosclerospora sorghi* și pentru a spori selecția asistată a markerilor. Chiar dacă formele sălbatice de sorg nu sunt alegeri prioritare ca surse gene pentru producția pe termen scurt, potențialul lor pentru îmbunătățirea rezistenței sau toleranței la boli și la alte tipuri de stres s-ar putea dovedi util.

3.4. GENETICA, GENOMICA ȘI REPRODUCEREA SORGULUI

Sorghum halepense, o specie sălbatică perenă poliploidă rezultată din hibridarea dintre *S. bicolor* și *S. propinquum*, ce poate fi utilizată ocazional ca furaj și chiar aliment (semințe/făină), însă este și una din buruienile cele mai nocive din lume, răspândindu-se din centrul său de diversitate din Asia de Vest în mare parte din Asia, Africa, Europa, America de Nord și de Sud și Australia. Potențialul de utilizare a proprietății sale alelopatice este bine documentat însă de mai mulți cercetători (*Alsaadawi și colab., 1986; Panasiuk și colab., 1986; Einhellig și Souza, 1992; Ben-Hammouda și colab., 1995; Forney și Foy, 1985*), atât *Johnsongrass*, cât și *larba din Sudan* pot reduce creșterea buruienilor și pot contribui la reducerea aplicării de erbicide.

Pe lângă rezistența plantelor la factori nefavorabili, evaluările recente ale formelor native australiane ale sorgului s-a dezvăluit o mare diversitate în morfologia boabelor (mărimea semințelor și formă), natura endospermului, distribuția corpurilor proteice în întregul endosperm, forma și dimensiunea granulelor de amidon (*Shapter și colab., 2009*).

Proprietățile bune ale amidonului din sorgul sălbatic ar putea fi utilizate pentru îmbunătățirea eficienței digestiei furajelor sau alimentelor din sorgul cultivat (*Dillon și colab. 2007*).

Poate avea loc și creșterea conținutului proteinelor în endospermul amidonos al speciilor sălbatice cu implicații asupra digestibilității pentru consumul uman și animal și poate fi de asemenea, o adaptare unică pentru susținerea germinării în soluri cu conținut redus de azot (*Shapter și colab., 2009*).

Sorgul are o importanță deosebită ca model diploid pentru *Saccharinae clada* care include forme poliploide complexe recent formate precum *Saccharum* și *Miscanthus* (*Heaton și colab., 2008*). Fiecare dintre acești poliploizi au o colinearitate genetică substanțială și sinteză cu sorgul (*Ming și colab. 1998; Kim și colab., 2012*) și *Saccharum* QTL prezintă adesea poziționalcorespondență cu cele de sorg (*Ming și colab., 2001, 2002*).

Una dintre puținele culturi adaptate tuturor abordărilor propuse pentru producția de combustibil regenerabil, adică, din amidon, zahăr și/sau celuloză, sorgul în sine este în prezent numărul doi în SUA ca sursă de combustibil - etanol din cereale (după porumb) și este o cultură promițătoare de biocombustibil celulozic (*Rooney și colab., 2007*).

S. bicolor x S. *propinquum* este considerat a fi cea mai îndepărtată încrucișare euploidă care putea fi realizată utilizând cultigenul (*S. bicolor*) prin mijloace convenționale și interspecifice din populațiile acestei specii ce oferă oportunități de disecție genetică la o gamă largă de trăsături legate de domesticirea plantelor și productivitatea culturilor, dintre care unele au început să primească atenție (*Chittenden și colab., 1994; Lin și colab., 1995, 1999; Paterson și colab., 1995; Hu și colab., 2003; Feltus și colab., 2006*).

3.5. SORGUL SĂLBATIC - UTILIZAREA LUI POTENȚIALĂ ÎN AMELIORARE

S. bicolor și *S. propinquum* diferă în caracteristicile legate de perenitate (*Jang și colab., 2009*). Atât considerarea modului de extindere a agriculturii care să furnizeze biomasă vegetală pentru

producerea de combustibili sau materii prime chimice (*Tilman et al., 2009*) și strategiile de reechilibrare a producției alimentare cu conservarea capitalului ecologic (*Glover și colab., 2010*), se concentrează foarte mult asupra perenității. Majoritatea genelor sunt responsabile de variațiile în mărimea și numărul rizomilor la sorg și orez, un important organ de perenitate, harta către locațiile cromozomiale corespunzătoare sugerează că informațiile despre rizomatozitate din câteva modele pot extrapola în general la o gamă largă de taxoni (*Hu și colab., 2003*).

3.6. STRATEGII PENTRU MAXIMIZAREA UTILIZĂRII RESURSELOR GENETICE LA SORG

Schimbul de gene a avut tendința de a fi cel mai eficient atunci când speciile sălbatice sunt rude apropiate ale culturii sau sunt chiar strămoși direcți ai speciei domesticite. Deși, în mod istoric, trăsăturile se transferă de la rude sălbatice la cele cultivate, adesea este dificil din cauza incompatibilității la încrucișare și a sterilității hibride (*Stebbins, 1958; Zeven și colab., 1983*). Totuși, progrese tehnologice recente au ușurat transferul de caractere între speciile neînrudite și a extins valoarea rudelor sălbatice prin creșterea utilității lor în bazele genetice ale culturilor secundare și terțiare (*Meilleur și Hodgkin, 2004*).

Ameliorarea sorgului s-a bazat până acum pe exploatarea variabilității în cadrul centrului de gene primar cu transfer de gene dintr-o formă la alta ce poate fi făcută destul de ușor. *S. halepense* și *S. propinquum,* fiecare forme introgresive în mod natural cu sorgul cultivat și rasele lor sălbatice (*Celarier 1958; de Wet 1978*), puținii lor taxoni sălbatici putând fi utilizați în programe de ameliorare convențională. Chiar și așa, majoritatea lucrărilor de ameliorare a sorgului au fost realizate în cadrul raselor de sorg din aceeași specie sau strâns înrudite din aceeași secțiune. Speciile sălbatice din celelalte patru secțiuni se încadrează în genul terțiar, făcând posibil transferul genelor către formele domesticite.

Utilizarea hibridărilor interspecifice este dificilă datorită barierelor puternice de sterilitate (*Harlan și de Wet, 1971*) și din acest motiv încrucișările îndepărtate cu forme de sorg sălbatic nu au avut

succes (*Duncan și colab. 1991; Rosenow și Dahlberg, 2000*). Principala barieră în calea hibridării interspecifice este asociată cu interacțiunea adversă polen-pistil (*Sun și colab., 1991; Huelgas și colab., 1996; Shivanna și Seetharama, 1997; Hodnett și colab., 2005)* și eșecul hibridării *(Kuhlman și colab., 2008*).

Nwanze și colab., (1990) au raportat câteva semințe F1 care au fost obținute dintr-o încrucișare *Sorghum dimidiatum* (parasorghum) și sorgul cultivat, cu grade diferite de sterilitate. Plantele citoplasmatic masculin sterile de *S. bicolor*, homozigote pentru alela *iap*, au fost polenizate cu trei specii divergente de sorg, *S. angustum* Blake, *S. nitidum* (Vahl) Pers. și *S. macrospermum* Garber. Polenul acestor trei specii sălbatice a germinat ușor și tuburile de polen au crescut până la baza ovarului de *S. bicolor* în decurs de 2 ore după polenizare. S-au detectat embrioni hibrizi la *S. bicolor,* între 13 și 20 de zile după polenizare. Hibrizii de *S. bicolor* x *S. angustum* și *S. bicolor* x S. *uitidum* au fost obținuți folosind salvarea embrionilor, urmată de tehnici de cultură *in vitro*, iar hibrizii dintre *S. bicolor* și *S. macrospermum* au fost obținuți prin simpla germinare a semințelor hibride. Acești hibrizi demonstrează în mod clar că alela recesivă *iap* ocolește incompatibilitățile polen-pistil din genul *Sorghum* și permite realizarea de hibrizi între *S. bicolor* și speciile din centrul de gene terțiar.

Hibrizi interspecifici au fost obținuți prin încrucișări între *Sorghum bicolor x S. macrospermum* Garber, *S. bicolor x S. angustum* Blake și S. *bicolor* x *S. nitidum* (Vahl) Pers. și aceștia prezintă interes din punct de vedere al ameliorării datorită rezistenței lor la importanți agenți patogeni și dăunători. Natura hibridă a acestor descendențe a fost confirmată de prezența genomurilor de la ambele specii parentale care ar putea fi ușor identificate pe baza cromozomului, dimensiunii și numărului (*Price et al. 2006*).

Utilizarea rudelor sălbatice în reproducerea sorgului este încă la început, dar ele pot oferi o serie de trăsături valoroase, iar descoperirile recente ale alelei recesive *iap* care ocolește incompatibilitatea dintre polen-pistil reprezintă un potențial enorm care există în cadrul bazei genetice a sorgului sălbatic.

Rudele sălbatice ale plantelor de cultură, pentru toată valoarea lor dovedită și potențial evidentă, nu au fost pe deplin utilizate. Lipsa conștientizării potențialului, ca model de variabilitate, biologie reproductivă, cunoștințe și aptitudini pentru identificare etc., sunt principalele dificultăți asociate cu diferite programe de reproducere în timpul utilizării germoplasmei de forme sălbatice. Cu toate acestea ele constituie un rezervor uriaș de variație genetică pentru culturile ameliorate și sunt o resursă critică pentru susținerea securității alimentare. Genele de la plantele sălbatice au oferit culturilor rezistență la numeroși dăunători și boli și au îmbunătățit toleranța lor la temperaturi extreme, salinitate și secetă - o valoare care are o importanță crescândă în condițiile schimbărilor climatice.

Mai multe gene, pentru a imprima caractere dorite și randament biologic mai mare, sunt necesare pentru îmbunătățirea progresivă a sorgului cultivat. Disponibilitatea acestor gene depinde de identificarea regiunilor geografice cu o concentrare pentru diferite caractere cu valoare agronomică. Identificarea acestor situri este de o importanță capitală pentru proiectarea strategiilor de eșantionare adecvate pentru colectarea germoplasmei și pentru selectarea acestora *in situ*, adecvate pentru a completa conservarea *ex situ*. Conservarea *in situ* poate depinde de diversitatea ridicată estimată bazată pe markeri sau cunoașterea trăsăturilor adaptative legate de anumite condiții ecologice (*Workeye, 2002*), de exemplu, sisteme gazdă de co-evoluție și adaptare la alte condiții de stres.

Androsterilitatea la sorg este controlată prin două mecanisme – nuclear (genic) și citoplasmatic - nuclear. Androsterilitatea genică (nucleară) este condiționată monogenic și se transmite recesiv (*Karper și Stephans, 1936* citați de *Butnaru și colab., 1991*).

Androsterilitatea citoplasmatică (mSc_1, mSc_2) s-a identificat în anul 1952, la încrucișarea dintre un genotip din grupa Milo - folosit ca formă mamă și un genotip din grupa Kafir - folosit ca partener tată. În urma aceste încrucișări, a rezultat un genotip androsteril. Rezultatul încrucișării inverse Kafir ♀ x Milo ♂ este un hibrid fertil.

Apariția fenomenului de androsterilitate constatat în încrucișarea Milo ♀ x Kafir ♂ se datorează ca urmare a interacțiunii dintre citoplasma de tip Milo, care are factori care induc

androsterilitatea și factori nucleari (gene) de la Kafir care mențin androsterilitatea (nu refac fertilitatea polenului). Acest tip de androsterilitate citoplasmatică a căpătat denumirea Milo x Kafir și se folosește în toate programele de ameliorare (*Antohe și colab., 2006*).

Heterozisul la sorg influențează atât producția de boabe (heterozis reproductiv), producția de masă vegetativă (heterozis somatic), cât și adaptarea la condițiile nefavorabile de mediu (heterozis adaptiv). Talia plantei, durata perioadei de vegetație, gradul de lăstărire, numărul de boabe în panicul sunt influențate cel mai puternic de efectul heterozis.

Heterozisul se manifestă pozitiv dominant pentru mărimea paniculului, numărul și mărimea frunzelor, numărul de boabe, mărimea boabelor și negativ pentru caractere ca tipul de rizomi, perenitate, unele însușiri de calitate. Heterozisul cel mai pronunțat a fost observat între varietățile *milo* și *hegari*, între *feterita* și *caudatum*, între varietățile *dochna* (sorg zaharat) și sorgul de mături (*Antohe și colab., 2006*).

Mutația – mutațiile naturale au jucat un rol important în apariția diferitelor tipuri de sorg și mai ales a celor cu port pitic. Studiile publicate de *Antohe și colab (2006)* arată că formele pitice milo au derivat din formele normale, ca rezultat al mutației de la Dw1 – dw1, iar formele dublu pitice – prin mutația genei Dw2-dw2.

Prin retromutație (mutație înapoi) dw3-Dw3, respectiv dw4-Dw4 are loc creșterea taliei. Retromutațiile se produc cu o rată de 1:1200. Mutațiile naturale se produc cu frecvență ridicată și cu folos deosebit, făcând posibilă identificarea unor caractere de interes, ca precocitatea, internodii scurte, rezistență la boli, androsterilitate.

Cercetările întreprinse de (*Celarier, 1956; Endrizii, 1957; Hadley, 1953)*, indică faptul că există relații de poliploidie între speciile de sorg. Autopoliploizii sorgului de boabe varietatea Hegari (n=10) au fost obținuți prin utilizarea colchininei (*Chin, 1946*). Au fost observate atât forme tetraploide (2n=40), cât și octoploide (8n=80). Formele poliploide au fost mai scunde, mai viguroase, dar mai tardive în comparație cu corespondentul diploid. Formele tetraploide au format polen steril în proporție de 18 %, iar cele octoploide – 80 % (*Antohe, I. și colab., 2006*).

BIBLIOGRAFIE

1. **Acheampong E.** și colab., 1984. *A world survey of Sorghum and millets germplasm.* IBPGR, Rome, Italy.
2. **Alsaadawi, I.S., Al-Uquaili, J.K., Al-Rubeaa, A.J., Al-Hadithy, S.M.,** 1986. *Allelopathic suppression of weed and nitrifi cation by selected cultivars of Sorghum bicolor L. (Moench).* J Chem Ecol 12: 209–219.
3. **Antohe, I. și colab.,** 2006. *Cultura sorgului zaharat și industrializarea lui totală. Perspectivă pentru dezvoltarea durabilă a agriculturii românești.* Ed. a II-a, Chiminfort Data, București.
4. **Antohe, I.,** 2007. *Realizari in ameliorarea sorgului la Fundulea.* AN. I.N.C.D.A. FUNDULEA, VOL. LXXV. p.137-157.
5. **Butnaru, Galia, Antohe I. și colab**., 1991. *Genetica, ameliorarea și biotehnologia sorgului.* În "Sorgul zaharat" M. Goian și colab. Ed. USAB – Timișoara – S.C. Helicon Banat S.A., p. 26-41.
6. **Arnold, M. L**. 1992. *Natural hybridization as an evolutionary process.* Annu. Rev. Ecol. Syst. 23: 237–261. doi:10.1146/annurev.es.23.110192.001321.
7. **Ben-Hammouda., M., Kremer, R.J., Minor, H.C.**, 1995. *Phytotoxicity of extracts from sorghum plant components on wheat seedlings.* Crop Sci 35: 1652–1656.
8. **Bramel-Cox, P.J., Coxm T.S.**, 1988. *Use of wild sorghums in sorghum improvement.* In: Wilkinson D (ed) Proceedings of the 43rd Annual Corn and *Sorghum* Industry Research Conference, American Seed Trade Association, Washington DC, USA, pp. 13–26.
9. **Chang, T.T.**, 1985. *Germplasm enhancement and utilization.* Iowa State J Res 54: 399–424.
10. **Chittenden, L.M., Schertz, K.F., Lin, Y.R., Wing, R.A., Paterson, A.H.**, 1994. *A detailed RFLP map of Sorghum bicolor x S. propinquum, suitable for high density mapping, suggests ancestral duplication of sorghum chromosomes or chromosomal segments.* Theor Appl Genet 87: 925–933.
11. **Cui, Y.X., Xu, G.W., Magill, C.W., Schertz, K.F., Hart, G.E.,** 1995. *RFLP based assay of Sorghum bicolor (L) Moench genetic diversity.* Theor Appl Genet 90: 787–796.

12. **De Wet, J.M.J., Huckabay, J.P.**, 1967. *The origin of Sorghum bicolor II.* Distribution and Domestication. Evolution 21: 787.
13. **De Wet, J.M.J., Harlan, J.R.**, 1971. *The origin and domestication of Sorghum bicolor*. Econ Bot 25: 128–135.
14. **De Wet, J.M.J.,** 1978. *Systematics and evolution of sorghum sect. Sorghum (Gramineae)*. Am J Bot 65(4): 477–484.
15. **Doggett, H., Majisu, B.N.**, 1968. *Disruptive selection in crop improvement*. Heredity 23: 1–22.
16. **Doggett, H.,** 1988. *Sorghum*, 2nd ed. Longman, Harlow, Essex, UK.
17. **Downes, R.W.,** 1971. *Relationship between evolutionary adaptation and gas exchange characteristics of diverse Sorghum taxa*. Aus J Biol Sci 24: 843–52.
18. **Duncan, R.R., Bramel-Cox, P.J., Miller, F.R.,** 1991. *Contributions of introduced sorghum germplasm to hybrids development in the USA*. In: Shands HL, Wiesner LE (eds) Use of Plant Introductions in the Cultivar Development, Part 1. Crop Science Society of America, Madison, WI, USA; Special Publication 17: 69–101.
19. **Einhellig, F.A., Souza, I.F.,** 1992. *Phytotoxicity of sorgoleone formed in grain sorghum root exudates*. J Chem Ecol 18: 1–11.
20. **Ellstrand NC, Foster F.** (1983) *Impact of population structure on the apparent outcrossing rate of grain sorghum (Sorghum bicolor)*. Theor Appl Genet 66: 323–327.
21. **Feltus, F.A., Hart, G.E., Schertz, K.F., Casa, A.M., Kresovich, S., Abraham, S., Klein, P.E., Brown, P.J., Paterson, A.H.**, 2006 *Alignment of genetic maps and QTLs between inter-and intra-specific sorghum populations*. Theor Appl Genet 112: 1295–1305.
22. **Forney, D.R., Foy, C.L.,** 1985. *Phytotoxicity of products from rhizospheres of a sorghum Sudangrass hybrid (Sorghum bicolor x Sorghum sudanense)*. Weed Sci 33: 597–604.
23. **Glover, J.D., Reganold, J.P., Bell, L.W., Borevitz, J., Brummer, E.C., Buckler, E.S., Cox, C.M., Cox, T.S., Crews, T.E., Culman, S.W., DeHaan, L.R., Eriksson, D., Gill, B.S., Holland, J., Hu, F., Hulke, B.S., Ibrahim, A.M.H., Jackson, W., Jones, S.S., Murray, S.C., Paterson, A.H., Ploschuk, E.,**

Sacks, E.J., Snapp, S., Tao, D., Van Tassel, D.L., Wade, L.J., Wyse, D.L., Xu, Y., 2010. *Increased food and ecosystem security via perennial grains*. Science 328: 1638–1639.

24. **Goodman, R.M., Hauptli, H., Crossway, A., Knauf, V.C.**, 1987. *Gene transfer in crop improvement*. Science 236: 48–54.
25. **Harlan, J.R., de Wet, J.M.J.,** 1971 *Towards a rational classification of cultivated plants*. Taxon 20(4): 509–517.
26. **Harlan, J.R., de Wet J.M.J.**, 1972. *A simplified classification of cultivated sorghum*. Crop Sci 12: 172. Hartl, D.L., Clark, A.G., 1989. Principles of Population Genetics. Sinauer Press, Sunderland, Massachussetts, USA.
27. **Harlan, J.R.,** 1977. *Sources of genetic defence*. Ann New York Acad Sci 287: 345–356.
28. **Harlan, J.R.,** 1992. *Indigenous African agriculture*. In: Cowan CW, Watson PJ (eds) The Origins of Agriculture: An International Perspective. Smithsonian Institution Press, Washington DC, USA, pp 59–70. Wild *Sorghums*-Their Potential Use in Crop Improvement.
29. **Hawkes, J.G., Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V**, 2000. *The Ex Situ Conservation of Plant Genetic Resources*. Kluwer, Dordrecht, Netherlands.
30. **Heaton EA, Dohleman FG, Long SP** (2008) *Meeting US biofuel goals with less land: the potential of Miscanthus*. Glob Change Biol 14: 2000–2014.
31. **Hodnett, G.L., Burson, B.L., Rooney, W.L., Dillon, S.L., Price, H.J.**, 2005. *Pollen-pistil interactions result in reproductive isolation between Sorghum bicolor and divergent Sorghum species*. Crop Sci 45: 1403–1409.
32. **Hu, F.Y., Tao, D.Y., Sacks, E., Fu, B.Y., Xu, P., Li, J., Yang, Y., McNally, K., Khush, G.S., Paterson, A.H., Li, Z.K.**, 2003. *Convergent evolution of perenniality in rice and sorghum*. Proc Natl Acad Sci USA 100: 4050–4054.
33. **Huelgas, V.C., Lawrence, P., Adkins, S.W., Mufti, M.U., Godwin, I.D.**, 1996. *Utilization of the Australian native species for sorghum improvement*. In: Foale MA, Henzell RG, Knepp JF

(eds) Proceedings of 3rd Australian Sorghum Conference. Australian Institute of Agricultural Sciences, Melbourne, Australia, pp. 369–375.

34. **Kamala, V., Singh, S.D., Bramel, P.J., Manohar, Rao D.**, 2002. *Sources of resistance to downy mildew in wild and weedy sorghums*. Crop Sci 42: 1357–1360.
35. **Khush, G.S., Brar, D.S.**, 1988. *Wide hybridization in plant breeding*. In: Zakir H (ed) Plant Breeding and Genetic Engineering. SABRAO, Kuala Lumpur, Malayasia, pp. 141–188.
36. **Kim, C., Zhang, D., Auckland, S.A., Rainville, L.K., Jakob, K., Kronmiller, B., Sacks, E.J., Deuter, M., Paterson, A.H.**, 2012. *SSR-based genetic maps of Miscanthus sinensis and M. sacchariflorus and their comparison to sorghum*. Theor Appl Genet 124: 1325–1338.
37. **Kuhlman, L.C., Burson, B.L., Klein, P.E., Klein, R.R., Stelly, D., Price, H.J., Rooney, W.L.**, 2008. *Genetic recombination in Sorghum bicolor-S. macrospermum interspecific hybrids*. Genome 51: 749–756.
38. **Jang, C.S., Kamps, T.L., Tang, H., Bowers, J.E., Lemke, C., Paterson, A.H.**, 2009. *Evolutionary fate of rhizome-specifi c genes in a non-rhizomatous Sorghum genotype*. Heredity 102: 266– 273.
39. **Jotwani, M.G., Young, W.R., Teetes, G.I.**, 1980. *Elements of Integrated Control of Sorghum Pests*. FAO Plant Prod. Prot Paper, FAO, Rome, Italy, p. 159.
40. **Leppik, E.E.**, 1970. *Gene centers of plants as sources of disease resistance*. Annu Rev Phytopathol 8: 323–344.
41. **Liang, G.H.L., Casady, A.J.**, 1966. *Quantitative presentation of the systematic relationships among twenty-one sorghum species*. Crop Sci 6: 76–79.
42. **Lin, Y.R., Shertz, K.F., Paterson, A.H.**, 1995. *Comparative analysis of QTL affecting plant height and maturity across the Poaceae in reference to an interspecific sorghum population*. Genetics 141: 391–411.
43. **Lin, Y.R., Zhu, L.H., Ren, S.X., Yang, J.S., Schertz, K.F., Paterson, A.H.**, 1999. *A Sorghum propinquum BAC library,*

suitable for cloning genes associated with loss-of-function mutations during crop domestication. Mol Breed 5: 511–520.

44. **Mallet, J.,** 2005. *Hybridization as an invasion of the genome*. Trends Ecol. Evol. 20: 229–237. doi:10.1016/j.tree.2005.02.010.
45. **Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V., Hawkes, J.G.,** (eds), 1997a. *Plant Genetic Conservation*: The In Situ Approach. Chapman & Hall, London, UK.
46. **Maxted, N., Hawkes, J.G., Guarino, L., Sawkins, M.,** 1997b. *The selection of taxa for plant genetic conservation*. Genet Resour Crop Evol 44: 337–348.
47. **Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V., Jury, S., Kell, S., Scholten, M.,** 2006. *Towards a definition of a crop wild relative*. Biodivers Conserv 15: 2673–2685.
48. **Meilleur, B.A., Hodgkin, T.,** 2004. *In situ conservation of crop wild relatives*. Biodivers Conserv 13: 663–684.
49. **Ming, R., Liu, S.C., Lin, Y.R., da Silva, J., Wilson, W., Braga, D., van Deynze, A., Wenslaff, T.F., Wu, K.K., Moore, P.H., Burnquist, W., Sorrells, M.E., Irvine, J.E., Paterson, A.H.,** 1998. *Detailed alignment of Saccharum and Sorghum chromosomes: comparative organization of closely related diploid and polyploid genomes*. Genetics 150: 1663–1682. Wild Sorghums—Their Potential Use in Crop Improvement.
50. **Ming, R., Liu, S.C., Irvine, J.E., Paterson, A.H.,** 2001. *Comparative QTL analysis in a complex autopolyploid: candidate genes for determinants of sugar content in sugarcane*. Genome Res 11: 2075–2084.
51. **Ming, R., Del Monte, T.A., Hernandez, E., Moore, P.H., Irvine, J.E., Paterson, A.H.,** 2002. *Comparative analysis of QTLs affecting plant height and fl owering among closely-related diploid and polyploidy genomes.* Genome 45: 794–803.
52. **Muraya, M.M, de Villiers, S., Parzies, H.K., Mutegi, E., Sagnard, F., Kanyenji, B.M., Kiambi, D., Geiger, H.H.,** 2011. *Genetic structure and diversity of wild sorghum populations (Sorghum spp.) from different eco-geographical regions of Kenya*. Theor App Genet 123: 571–583.

53. **Negri, V., Maxted, N., Veteläinen, M.,** 2009. *European landrace conservation: an introduction.* In: Veteläinen M, Negri V, Maxted N (eds) European Landraces: On-farm Conservation, Management and Use. Bioversity Technical Bulletin 15. Bioversity International, Rome, Italy, pp. 1–22.

54. **Negri, V., Tiranti, B.,** 2010. *Effectiveness of in situ and ex situ conservation of crop diversity.* What a Phaseolus vulgaris L. landrace case study can tell us. Genetica 138: 985–998.

55. **Nwanze, K.F., Prasada, Rao, K.E., Soman, P.,** 1990. *Understanding and manipulating resistance mechanisms in sorghum for control of the shoot fly.* In: Proceedings of International Symposium on Molecular and Genetic Approaches to Plant Stress. New Delhi, India, pp. T 11.1–T 11.2.

56. **Pande, S., Bock, C.H., Bandopadhyay, R., Narayana, Y.D., Reddy, B.V.S., Lenne, J.M., Jeger, M.J.,** 1997. *Downy mildew of sorghum.* Information Bulletin no 51. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, AP, India, pp. 1–32.

57. **Panasiuk, O., Bills, D.D., Leather, G.R.,** 1986. *Allelopathic infl uence of Sorghum bicolor on weed during germination and early seedlings.* J Chem Ecol 2: 1533–1543.

58. **Patterson, A.H., Lin, Y., Li, Z., Schertz, K.F., Doebley, J.F., Pinson, S.R.M., Liu, S., Stanzel, J.W., Irvine, J.E.,** 1995. *Convergent domestication of cereal crops by independent mutations at corresponding genetic loci.* Science 69: 1714–1718.

59. **Paterson, A., Bowers, J.E., Bruggmann, R., Dubchak, I., Grimwood, J., Gundlach, H., Haberer, G., Hellston, U., Mitros, T., Poliakov, A., Schmutz, J., Spannag, M., Tang, H., Wang, X., Wicker, T., Bharti, A.K., Chapman, J., Feltus, F.A., Gowik, U., Grigoriev, I.V., Lyons, E., Maher, C.A., Martis, M., Narechania, A., Otillar, R.P., Penning, B.W., Salamov, A.A., Wang, Y., Zhang, L., Carpita, N.C., Freeling, M., Gingle, A.R., Hash, C.T., Keller, B., Klein, P., Kresovich, S., McCann, M.C., Ming, R., Peterson, D.G. ur-Rahman, M., Ware, D., Westhoff, P., Mayer, K.F.X., Messing, J., Rokhsar, D.S.,** 2009. *The*

Sorghum bicolor genome and the diversifi cation of grasses. Nature 457: 551–556.

60. **Rooney, W.L., Blumenthal, J., Bean, B., Mullet, J.E.,** 2007. *Designing sorghum as a dedicated bioenergy feedstock.* Biofuels Bioprod Biorefi ning-Biofpr 1: 147–157.
61. **Rosenow, D.T., Dahlberg, J.A.,** 2000. *Collections, conversion and utilization of sorghum.* In: Smith CW, Frederiksen RA (eds) Sorghum: Origin, History, Technology and Production. John Wiley, New York, USA, pp 309–328.
62. **Shapter, F.M., Dawes, M.P., Lee, L.S., Henry, R.J.,** 2009a. *Aleurone and sub-aleurone morphology in native Australian wild cereal relatives.* Aus J Bot 57(8): 688–696.
63. **Shapter, F.M., Eggler, P., Lee, L.S., Henry, R.J.,** 2009b. *Variation in granule bound starch synthase I (GBSSI) loci amongst Australian wild cereal relatives (Poaceae).* J Cereal Sci 49: 4–11.
64. **Shivanna, K.R., Seetharama, N.,** 1997. *Wide hybridisation in Sorghum: Studies on crossability barriers in the cross S. bicolor x S. dimidiatum using excised spikelets.* Int Sorghum Millets Newsl 38: 96–98.
65. **Smith, R.D., Dickie, J.B., Linington, S.H., Pritchard, H.W., Probert, R.J.,** 2003. *Seed Conservation: Turning Science into Practice.* Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
66. **Snowden JD** 1936. *The Cultivated Races of Sorghum.* Adlard & Son Ltd., London, UK, p. 274.
67. **Snowden, J.D.,** 1955. *The wild fodder sorghums of the section Eu-sorghum.* J Lin Soc Bot (Lond) 55: 191–260.
68. **Stalker, H.T.,** 1980. *Utilization of wild species for crop improvement.* Adv Agron 33: 111–146.
69. **Stapf O ,**1917. *Sorghum.* In: Prain D (ed) Flora of Tropical Africa, Vol 9, Gramineae (*Maydeae-Paniceae*). L. Reeve., Ashford, Kent, England, pp. 104–154.
70. **Stebbins, G.L.,** 1958. *The inviability, weakness and sterility of interspecific hybrids.* Adv Genet 9: 147–215.

71. **Stolton, S., Maxted, N., Ford-Lloyd, B., Kell, S., Dudley, N.,** 2006. *Food Stores: Using Protected Areas To Secure Crop Genetic Diversity.* WWF Arguments for Protection Series. Gland Switzerland.

72. **Sun, Y., Suksayretrup, K., Kirkam, M.B., Liang, G.H.,** 1991. *Pollen tube growth in reciprocal intraspecific pollinations of Sorghum bicolor and S. versicolor.* Plant Breed 107(3): 197–202.

73. **Tilman, D., Socolow, R., Foley, J.A., Hill, J., Larson, E., Lynd, L., Pacala, S., Reilly, J., Searchinger, T., Somerville, C., Williams, R.,** 2009. *Beneficial biofuels-the food, energy and environment trilemma.* Science 325: 270–271.

74. **Zeven, A.C., Knott, D.R., Johnson, R.,** 1983. *Investigation of linkage drag in near isogenic lines of wheat by testing for seedling reaction to races of stem rust, leaf rust, and yellow rust.* Euphytica 32: 319–327.

75. **USDA-NRCS.** 2016. *The plants database. In: Team, N.P. D. ed. Greensboro,* NC 27401-4901 USA. http://plants.usda.gov.

76. **Workeye, F.,** 2002. *Morphological and biochemical diversity in chickpea (Cicer arietinum L.)* Landraces of Ethiopia. MSc. Thesis, Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopea.

77. **Wright, S.,** 1978. *Evolution and the Genetics of Populations. IV. Variability within and among Natural Populations.* University Chicago Press, Chicago, USA.

CAPITOLUL IV
MORFOLOGIA SORGULUI

Sorgul este o plantă cu metabolism de tip C4, cu înalt randament fotosintetic, care se poate cultiva în condiții foarte dificile, de la areale aride până la cele semiumede.

Sorgul prezintă la formele cu boabe golașe ***încolțire unipolară***, având coleptilul incolor sau ușor violaceu şi emite prin germinare *o singură rădăcină embrionară* (figurile 4.1 și 4.2). În literatura sunt menționate și forme cu cariopsa parțial îmbrăcată în palee la care ***încolțirea este bipolară***.

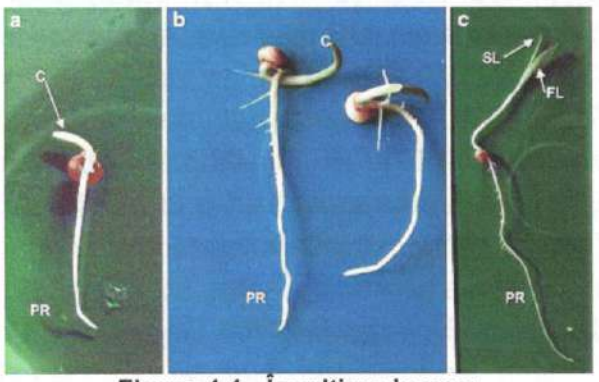


Figura 4.1 - Încolțirea la sorg
(a) 3 zile, (b) 4 zile și (c) 7 zile după germinare. C, coleoptil; FL, prima frunză; PR, rădăcină primară; SL, a doua frunză
https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-010-0343-0/figures/2



Figura 4.2 - Emergența la sorg în condiții de câmp (original)

Sorgul formează un ***sistem radicular bine dezvoltat***, cu *numeroşi perişori absorbanţi ce îi asigură o foarte bună rezistenţă la secetă*. La început dezvoltă, ca și porumbul, un sistem radicular temporar ce este alcătuit din rădăcina primară (PR) și rădăcinile adventive emise de la primul internod subteran. Activitatea acestor rădăcini durează un interval scurt de timp și asigură necesarul de nutrienți și apă plantei până la formarea sistemului radicular definitiv.

Sistemul radicular permanent al sorgului se formează începând cu cel de-al doilea nod subteran și are o dezvoltare continuă pe toată perioada de vegetație.

O caracteristică particulară a sistemului radicular al sorgului este aceea că se menține creșterea activă a rădăcinilor și după ce boabele au ajuns la maturitate (ca urmare a însușirilor de perenitate moștenite de la formele sălbatice) aspect ce permite ca planta să se regenereze după coase succesive ori după păşunat sau distrugerea masei epigee de fenomene meteo radicale cum este grindina (*Antohe şi colab., 2006, 2007*).

Rădăcinile permanente pătrund adânc în sol, până la 150÷200 cm, iar masa mare a rădăcinilor ajunge până la 90 de cm. De la nodurile tulpinale supraterane pornesc rădăcini ancoră, ca şi la porumb (figura 4.3). În anii secetoși, aceste rădăcini adventive aeriene se dezvoltă slab şi rămân sub formă de noduli (*Pochişcanu şi colab., 2016*).



Figura 4.3 - Formarea sistemului radicular. Rădăcini ancoră supraterane (original)

Plantele de sorg au un sistem radicular fibros, care poate ajunge la o adâncime de până la 1,5÷2,4 m (*Kimber, 2000*). Un sistem radicular extins și capacitatea de a deveni activ în timpul stresului de apă contribuie la rezistența la secetă a sorgului, făcându-l o cultură tolerantă la secetă (*Whiteman & Wilson ,1965*)

Rădăcinile sorgului se dezvoltă în lateral și pot ajunge la 90 cm sau chiar 150 cm. Comparativ cu sistemul radicular al porumbului, sorgul posedă de două ori mai multe rădăcini secundare, indiferent de stadiul de dezvoltare în care se găsește, fapt ce explică rezistența mai mare la factorii de stres termic și hidric.

În descrierea făcută de *Wall și Ross (1970)*, citați de *Antohe, (2007)*, se arată că aceste rădăcini permanente au dezvoltare continuă, cu excepția perioadelor nefavorabile, când se manifestă seceta accentuată, dar își reiau creșterea imediat după ce condițiile redevin favorabile, emițând "*rădăcini noi de ploaie*" al căror randament ajută planta să-și reia creșterea vegetativă sau să-și continue etapa generativă.

Conform acelorași autori citați, formarea și dezvoltarea sistemului radicular are loc în verticile, în mod obișnuit formându-se aproximativ 8 asemenea unități din care se dezvoltă rădăcini adventive. Ele se formează treptat, pe măsură ce planta parcurge fenofazele de dezvoltare, ajungând ca în preajma înspicatului să aibă formate 6÷7 verticile, iar la înflorire-fecundare să apară verticilele 7 și 8.

Tulpina este dreaptă, erectă, înaltă de 1÷4,5 m, putând ajunge și la valori de 6,5 m în condiții de favorabilitate ridicată.

La interior tulpina este plină cu măduvă densă, uscată sau suculentă. Acest bogat țesut medular are o capacitate ridicată de înmagazinare a apei şi în care, în cursul perioadei de vegetație, se depun cantități importante de glucide (75,37 % din substanța uscată față de 72,48 %, cât se găsește în tulpina de porumb) (*Mureşan, 1965*, citat de *Antohe și colab., 1991*). Având în vedere că acestea pot avea procente diferite de suculență, cele mai valoroase forme sunt considerate acelea la care cantitatea de sevă este mai mare de 30%.

Sorgul are o tulpină formată din 7÷20 internoduri a căror lungime crește de la bază către vârf, cu valori între 12÷14 cm si chiar 25 cm. Diametrul tulpinilor de sorg variază între 0,6÷4 cm.

Ritmul de creştere al tulpinii este foarte redus în primele faze de vegetaţie (când se dezvoltă preponderent sistemul radicular) şi se accelerează după ce planta are formate 5÷7 frunze.

La sorgul zaharat, conţinutul în glucide este diferit pe lungimea tulpinii, cea mai ridicată concentraţie a acestora fiind observată în jumătatea inferioară a tulpinii.

Sorgul prezintă *capacitate de lăstărire puternică*, aspect nedorit la sorgul pentru boabe şi favorabil la sorgul furajer ori sorgul zaharat (figura 4.4).



Figura 4.4 - Lăstărirea la sorgul zaharat (original)

Lăstarii sau fraţii (copilii) se formează de la primul nod situat la suprafaţa solului. Numărul lăstarilor formaţi pe o plantă este mult influenţat de soiul sau hibridul cultivat, tehnologia aplicată şi condiţiile climatice din perioada de vegetaţie.

Sorgul lăstăreşte mai puternic când este cultivat la densităţi mai mici, în condiţii de umiditate şi fertilitate ridicată. Fiecare tulpină conţine noduri care pot produce noi lăstari dacă partea superioară a tulpinii este deteriorată. Nodurile cele mai joase de pe tulpină conţin muguri care pot da naştere lăstarilor laterali, în timp ce lăstarii bazali se vor forma la primul nod (*House 1985, Doggett 1988*).

Lăstărirea tulpinii de sorg începe în faza de 5÷7 frunze. La o plantă se pot forma, în condiţii optime, 2÷10 lăstari care, în funcţie de condiţiile climatice, pot forma fructe şi ajunge cu ele la maturitate.

Creșterea în lungime a tulpinii de sorg în primele 30 de zile de vegetație este foarte înceată și de aceea planta poate fi cu ușurință înăbușită de buruieni (*Matei, 2013*).

În tabelul 4.1 este prezentă situația unor caractere morfologice, ca medie pe trei ani de experimentare, ale unui sortiment de hibrizi de sorg zaharat testat în trei areale diferite: sudul Olteniei, zona centrală a Moldovei și Câmpia Caracalului.

Tabelul 4.1

Însușirile morfologice ale hibrizilor de sorg zaharat studiați în condițiile pedoclimatice de la SCDCPN Dăbuleni, S.C.D.A. Secuieni și SCDA Caracal în medie 2018 – 2020

Hibridul	SCDCPN Dăbuleni (irigat)		SCDA Secuieni (neirigat)		SCDA Caracal (neirigat)	
	Talia plantei (cm)	Diametrul tulpinii (mm)	Talia plantei (cm)	Diametrul tulpinii (mm)	Talia plantei (cm)	Diametrul tulpinii (mm)
SAȘM 1	314	214	305	169	315	208
SAȘM 2	292	203	271	153	296	201
ES ATHENA	248	177	-	-	-	-
BMR GOLD	232	193	255	169	228	191
SUPERSILE 20	254	186	288	139	247,0	175
MEDIA	**268**	**195**	**280**	**158**	**272**	**194**

Frunzele sorgului sunt asemănătoare cu cele ale porumbului, la plantele foarte tinere acestea fiind glabre (caracter care le diferențiază de acelea de la porumb). Ele sunt dispuse altern, cu teaca bine dezvoltată ce îmbracă 2/3 din internod, cu limbul foliar lung, de 40÷100 cm, cu 5÷12 cm lățime și cu nervura mediană puternică și mai deschisă la culoare decât restul limbului (*Feher, 2010; Matei, 2010*).

Nervura mediană are și rol de susținere mecanică a limbului foliar și poate avea forme diferite: aplatizată sau evident pronunțată; concavă pe partea superioară a limbului foliar și convexă pe cea inferioară și poate constitui indicator al atacului de dăunători sau patogeni, deoarece se pigmentează în roșu ca semn al îmbolnăvirii plantei.

rimele 30 de zile de
poate fi cu ușurință

ractere morfologice,
rtiment de hibrizi de
teniei, zona centrală

Tabelul 4.1
arat studiați în
eni, S.C.D.A.
– 2020

	SCDA Caracal (neirigat)	
ul	Talia plantei (cm)	Diametrul tulpinii (mm)
	315	208
	296	201
	-	-
	228	191
	247,0	175
	272	**194**

cele ale porumbului,
e (caracter care le
spuse altern, cu teaca
limbul foliar lung, de
diană puternică și mai
2010; Matei, 2010).
mecanică a limbului
u evident pronunțată;
r și convexă pe cea
lui de dăunători sau
semn al îmbolnăvirii

La partea bazală pe partea superioară a limbului se găsesc perișori lungi și moi, în rest suprafața limbului este glabră cerată. Ligula este păroasă, scurtă și retezată, iar urechiușele lipsesc.

Principala caracteristică a frunzelor de sorg o reprezintă faptul că ele sunt ceroase, având cuticula groasă, cu posibilitatea de închidere a stomatelor pe timp de arșiță, reducând astfel evapotranspirația, mecanism fiziologic care îi conferă o rezistență mai ridicată decât a porumbului la stresul termic și hidric. Dimensiunea stomatelor frunzelor este apreciată la cca. 2/3 din cele ale porumbului, dar numărul lor este cu 50% mai mare decât ale acestuia.

Clark (1970), a arătat că la diferite varietăți de sorg se formează 4 frunze din embrion. Frunzele suplimentare apar după semănat până la inițierea florală, care este controlată de patru gene mature (*Quinby, 1972; Quinby, Hesketh și Voight, 1973*). Această perioadă s-a dovedit că durează aproximativ 30 de zile, indiferent de varietate (*Pauli, Stickler și Lawless, 1964*).

S-a demonstrat că numărul frunzelor la sorg scade în condiții de stres hidric. *Bennett (1975)*, a raportat un număr redus de frunze pentru sorg aflat în stres hidric. De asemenea, *Vinall și Reed (1918)* au concluzionat că lipsa apei a fost parțial responsabilă de reducerea numărului de frunze. *Sieglinger (1936)* a concluionat că numărul de frunze scade dacă semănatul este întârziat.

Cercetările efectuate *de Ma (2004)*, au arătat că în condiții de secetă, frunzele se îndoaie în sus și în interior, reducând transpirația și pierderea de apă prin scăderea suprafeței expuse.

Doggett (1988) semnalează că s-au găsit depozite de ceară în frunze, aspect care are legătură cu toleranța la secetă. Ceara depusă pe suprafața frunzelor acționează ca o barieră fizică care atenuează stresul pentru apă, scăderea transpirației și previne pătrunderea dăunătorilor în țesuturile plantelor (*Ma, 2004*).

Culoarea frunzelor este în general mai deschisă decât cea a porumbului, mai ales în primele faze de vegetație, dar ea este influențată și de condițiile de cultivare și de nivelul și natura nutrienților la care planta are acces.

La sorgul zaharat, unde acumularea de glucide in tulpini este mai ridicată, frunzele au nervura mediană colorată în cenușiu sau gri cenușiu. La formele mai sărace în glucide această culoare a nervurii mediane este albă.

Inflorescenţa este un panicul lung de 20-40 cm, cu forme diferite în funcție de lungimea ramificațiilor, care la varietatea *technicum* poate să ajungă la 100 cm. Există panicule cu ramificații răsfirate, de tip *effusum* sau compacte, de tip *contractum* (figurile 4.5 și 4.6).

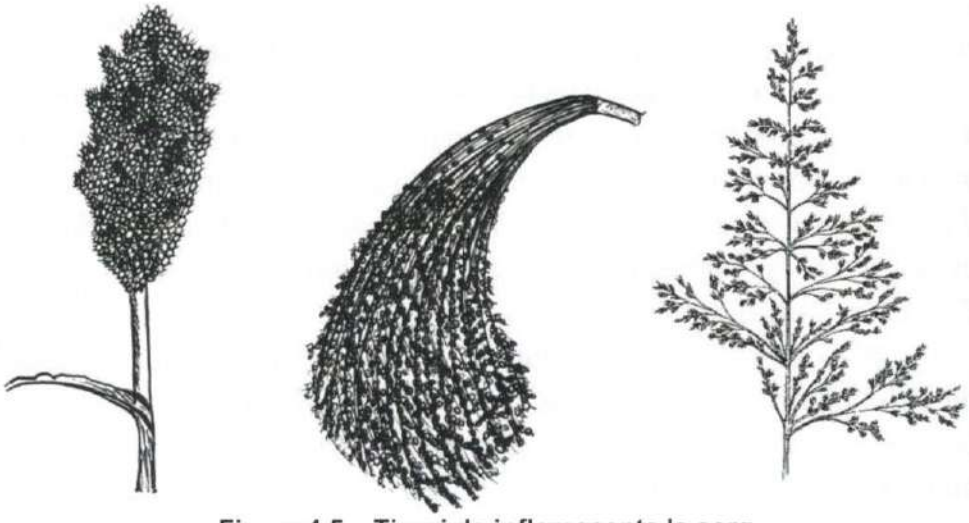


Figura 4.5 – Tipuri de inflorescențe la sorg

Un panicul conține între 1000 şi 5000 de flori așezate în spiculețe grupate câte 2 sau 3 din care doar unul, dispus median este fertil (*Pop şi Şuveţi, 1998*).

Spiculețul este sesil, are formă lanceolată, ușor aplatizat în zona mediană, având culoare variabilă, de la alb, galben pai până la crem, roșu ori închisă: purpuriu, brun sau aproape negru.

Glumele sunt convexe, și pot acoperi sămânța în proporții diferite: ¼, ½ sau în totalitate. Aristele pot fi persistente sau caduce la maturitate. Ca majoritatea cerealelor, sorgul are trei stamine și prezintă ca particularitate două pistile (*Antohe, 2006*).

Înflorirea începe la 2 - 3 zile după apariția paniculului şi durează 5 - 10 zile (*Salontai, 1982*) şi are loc de la vârf spre baza acestuia. Polenul ajuns la maturitate germinează numai la lumină.



A



B

Figura 4.6 – Tipuri de inflorescențe la sorg (original)
A - răsfirat; B - compact

Polenizarea este predominant autogamă şi are loc la primele ore ale dimineții. Alogamia la sorg este încă foarte frecventă, fiind accentuată de vremea călduroasă, intensitatea mare a luminii, deficitul de apă din sol şi umiditatea scăzută a aerului.

Deschiderea florilor are loc de obicei dimineața devreme sau noaptea. Uniformitatea de coacere este mai mare la paniculele mai strânse, mai compacte decât la cele laxe.

Eastin (1968) a observat că paniculele de sorg interceptează 40-48% din energia totală a razelor solare de la 9 A.M. la 3 P.M.

Într-un alt studiu, *Eastin și Sullivan (1969)* precizează că paniculele de sorg laxe au avut greutate mai mare în toate etapele de creștere comparativ cu paniculele de tip compact. Ei au atribuit această diferență ratei mai mari de fotosinteză care apare în paniculele mai laxe generată de o mai bună pătrundere a luminii.

Cercetările efectuate de Fisher și colab. (1976) au arătat că aportul mediu al inflorescenței la randamentul total de biomasă este de 13 %.

Fructul este o cariopsă îmbrăcată în palei sau golaşă, globulară, ovoidală, uşor comprimată lateral, de culoare albă, roză, roşietică sau cenuşie (figura 4.7).

Semințele de sorg sunt mici, cu MMB variabil: mic 8-10 grame, mijlociu 12-24 grame sau mare 25-45 grame. Masa hectolitrică se încadrează între valorile de 65-75 kg/hl.



Figura 4.7 – Tipuri de cariopse de sorg
https://seedworld.com/unveiling-secrets-sorghum/

Cariopsa este compusă din pericarp (7,3÷9,3 %), endosperm (80,0÷84,6 %) și embrion (7,8÷12,1 %).

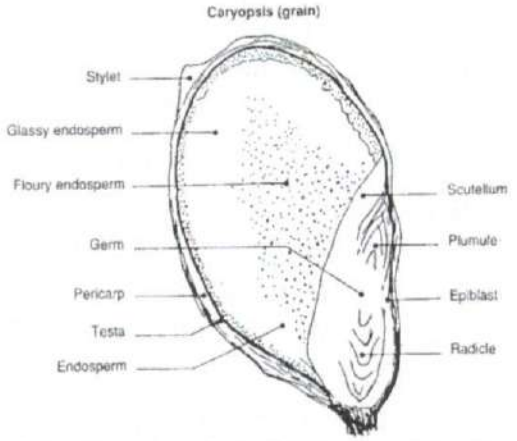


Figura 4.8 – Structura bobului de sorg (Sautier, 1989)
https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-sorghum-grain-Sautier-1989_fig1_281462221

Sub pericarp, la unele forme, se găsește un strat de celule - testa - ce au în componență tanin, fapt ce le conferă o rezistență ridicată la atacul patogenilor, a insectelor sau chiar a păsărilor și speciilor erbivore.

În figura 4.8 prezentăm structura bobului de sorg pentru boabe după Sautier (1989) citat de Umwungerimwiza, Didier. (2015)

BIBLIOGRAFIE

1. **Antohe I., Benczik I., Borcean I. și Butnaru G.,** 1991 - *Sorgul zaharat - monografie*. Universitatea de Ştiinţe Agricole a Banatului Timişoara.
2. **Antohe, I. și colab.**, 2006. *Cultura sorgului zaharat și industrializarea lui totală. Perspectivă pentru dezvoltarea durabilă a agriculturii românești*. Ed. a II-a, Chiminfort Data, București.
3. **Antohe, I.,** 2007. *Realizari in ameliorarea sorgului la Fundulea*. AN. I.N.C.D.A. FUNDULEA, VOL. LXXV. p. 137-157.
4. **Bennett, J. M.,** 1975. *The effect of light and water stress on yield and yield components of grain sorghum*. M.S. Thesis, Texas Tech University.
5. **Eastin, J. D. and C. Y. Sullivan**., 1969- *Carbon dioxide exchange in compact and semi-open sorghum inflorescences*. Crop Science 9:165-166.
6. **Feher Ec., Matei Gh.,** 2010. *Caiet de lucrări practice de Fitotehnie*. Reprografia Universității din Craiova.
7. **Fischer, K. S., G. L. Wilson and I. Duthie**., 1976. *Studies of grain production in Sorghum bicolor (L. Moench). VII. Contribution of plant parts to canopy photosynthesis and grain yield in field situations*. Aust. J. Agric. Res. 27: 235-242.
8. **Doggett, H**., 1988. *Sorghum*., 2nd Edition. Longman Scientific and Technical, Essex, UK.
9. **Feher Ec., Matei Gh.**, 2010. *Caiet de lucrări practice de Fitotehnie*. Reprografia Universității din Craiova.
10. **House, L.R.,** 1985. *A Guide to Sorghum Breeding*. International Crops Research Institute for the SemiArid Tropics (ICRISAT), Andhra Pradesh, India.
11. **Kimber, C.T.,** 2000. Chapter 1.1: *Origin of domesticated sorghum and its early diffusion to India and China*. In: Sorghum: Origin, history, technology and production, Smith, C.W., Frederiksen R.A., eds. John Wiley and Sons, Inc New York. 3-98.
12. **Ma, J.F**.,2004. *Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses*. Soil Science and Plant Nutrition 50: 11-18.

13. **Matei Gh.** 2013. *Fitotehnie. Cereale şi leguminoase pentru boabe.* Editura Sitech, Craiova.
14. **Pochișcanu S., Druțu A.C.,** 2016. *Sorgul "Cămila vegetală".* Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
15. **Pop G., Şuveţi S.** 1998. *Lucrări practice de. Fitotehnie.* Partea I. Ed. Mirton, Timişoara.
16. **Mureşan T.,** 1961 - *Importanţa culturii sorgului şi comportarea unor hibrizi încercaţi la Baza experimental Fundulea în anii 1958 - 1960.* Probleme agricole, nr. 8.
17. **Mureşan T. și Kraus M.,** 1965. *Sorgul hibrid pentru boabe.* Edit. Agro - Silvică, Bucureşti.
18. **Pauli, A. W., F. C. Stickler, and J. R. Lawless**., 1964. *Developmental phases of grain sorghum (Sorghum vulgare Pers.) as influenced by variety, location, and planting date*. Crop Science 4: 10-13.
19. **Quinby, J. R**., 1972. *Influence of maturity genes on plant growth in sorghum.* Crop Science 12: 490-492.
20. **Quinby, J. R**., J. D. Hesketh and R. L. Voigt. 1973. *Influence of temperature and photoperiod on floral initiation and leaf number in sorghum.* Crop Science 13: 243-246.
21. **Salontai, Al., Muntean, L.S.,** 1982. *Curs de Fitotehnie.* Tipo Agronomia, Cluj-Napoca
22. **Sieglinger, J. B.**, 1936. *Leaf number of sorghum stalks.* Ag. J. 28: 636-642.
23. **Vinall, H. N. and H. R. Reed**.,1918. *Effect of temperature and other meteorological factors on the growth of sorghums.* J. Ag. Res. 13: 133-148.
24. **Wall, J. S.; Ross, W. M.** 1970. *Sorghum production and utilization.* Westport, Connecticut: AVI Publishing Company, Inc.
25. **Whiteman, P.C., Wilson, G.L**., 1965. *Effects of water stress on the reproductive development of Sorghum vlugare Pers.* [4 (14)], 233-239 The University of Queensland Press.
26. **Umwungerimwiza, Didier.** 2015. *Changes in Sorghum (Sorghum bicolor) Protein due to Germination and Fermentation during Injera making process.* 10.13140/RG.2.1.3104.1765.
27. *** - https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-010-0343-0/figures/2
28. *** - https://seedworld.com/unveiling-secrets-sorghum/

CAPITOLUL V
COMPOZIȚIA CHIMICĂ A SORGULUI

5.1. COMPOZIȚIA BIOCHIMICĂ A SORGULUI PENTRU BOABE

Determinarea calităţii boabelor de sorg reprezintă un obiectiv care trebuie urmărit cu aceeaşi perseverenţă ca şi capacitatea de producţie. Stabilirea calității boabelor permite atât diversificarea, cât şi sporirea valorii economice a culturii de sorg. Cunoaşterea calităţii boabelor este importantă în asociere cu realizarea producţiei de boabe şi a altor caracteristici agronomice, dar şi pentru îmbunătăţirea unor însuşiri nutriţionale şi industrial.

Studiile arată că sorgul poate înlocui integral hrana pentru animale având calităţi nutriţionale egale sau mai mari ca ale porumbului. Digestibilitatea sorgului este de aproximativ 86% din substanţa uscată. Are un nivel de proteină mai ridicat comparativ cu cel al porumbului. Conţinutul în amidon şi grăsimi al sorgului este similar cu cel al porumbului.

Mai mult decât atât, avantajul sorgului îl reprezintă conţinutul ridicat de proteină. Energia digestibilă a sorgului este destul de ridicată, de aproximativ 86 % din substanţa uscată (SU), precum şi digestibilitatea proteinelor şi a aminoacizilor. Flexibilitatea oferită de sorg în formularea reţetelor permite nutriţionistului să scadă costurile şi să menţină acelaşi spor de creştere.

Conţinutul de grăsimi al sorgului este similar cu cel al porumbului, dar cu profilul de acizi graşi mai bun. Substanţele grase din sorg conţin mai puţine grăsimi nesaturate.

Avantajul calitativ al sorgului comparativ cu porumbul a fost confirmat de mai mulți cercetători în Sondajul pentru porumb şi sorg din Franţa - ARVALIS/FranceAgriMer 2009-2013 (tabelul 5.1) actualizat cu valorile din tabelele INRA-AFZ 2004.

Din totalul producției mondiale de sorg consumul are următoarea pondere: 53,3 % servește în alimentația omului, 39,4 % este utilizat în furajarea animalelor și 2 % în industria alimentară, ușoară (*Nica, 2011*).

Tabelul 5.1

Compoziția biochimică a boabelor de sorg și porumb

Compoziție	Sorg (%)	Porumb (%)
Amidon	75,1	75,8
Proteine	10,6	8,7
Grăsimi	4,1	4,5
Celuloză	8,3	9,3
Zaharuri	0,8	1,9
Calciu	0,04	0,05
Fosfor	0,32	0,30
Lizină	0,25	0,28
Treonină	0,36	0,35
Metionină+ Cisteină	0,38	0,43
Triptofan	0,12	0,06

Sursă: sondaj pentru porumb și sorg în Franța ARVALIS/FranceAgriMer (2009-2013) actualizat cu valori din tabelele INRA-AFZ 2004.

Sorgul formează o sursă majoră de proteine și calorii în dietele populației. Ca și alte proteine vegetale, proteina sa este de slabă calitate. Consumul inadecvat de proteine alimentare este un factor important responsabil de prevalența pe scară largă a malnutriției caloriilor din proteine observate în segmente vulnerabile ale populației, cum ar fi copiii în creștere și mamele care alăptează. O problemă de importanță pentru sănătatea publică a unei incidențe ridicate de pelegra este observată în rândul consumatorilor de sorg (*Gopalan & Srikantia, 1960*). Astfel, calitatea nutrițională a sorgului reprezintă un aspect important din programul de ameliorare a sorgului (*Salunkhe și colab., 1977*).

Sorgul este o cereală bogată în nutrienți, fibre dietetice și componente bioactive, dar considerată de valoare scăzută pentru oameni și adesea folosită ca hrană pentru animale.

SUA este un producător major de sorg, dar boabele nu se consumă în hrană umană, cu excepția unei fracțiuni foarte mici, ci se utlizează ca furaje pentru animale, în timp ce în Africa și India, boabele formează dieta de bază pentru populație, unde toate produsele sunt folosite direct ca hrană pentru om.

Sorgul, la fel ca alte cereale, este o sursă excelentă de amidon și proteine. Este o cereală fără gluten, care are semnificație în scenariul actual în care apariția bolii celiace (CD), un răspuns imunologic la intoleranța la gluten, este în creștere. Sorgul conține compuși fenolici, precum flavonoizii, (*Shahidi & Naczk, 1995*) care s-au dovedit a inhiba dezvoltarea tumorilor (*Huang, & Ferraro, 1992*). Amidonul și zaharurile din sorg sunt eliberate mai lent decât la alte cereale (*Klopfenstein, & Hoseney, 1995*) și prin urmare, ar putea fi benefice pentru diabetici (*Toomey, 1988*).

Principala sursă de stocare a carbihidraților în boabele de sorg este amidonul, asemenea altor cereale, iar conținutul mediu de amidon este de 69,5 % după *Jambunathan & Subramanian, (1987)*. Sorgul are cantități similare de amidon ca făina de grâu, dar cu α-amilază semnificativ mai mică (40-50 %) și activitate amilolitică de doar 10 % în comparație cu făina de grâu (*Zhumabekova și colab., 1978*).

Sorgul are un conținut mai mare de grăsimi brute (3%) decât grâul sau orezul. Straturile de germeni și aleurone sunt sursele principale ale conținutului de grăsime. Germenul contribuie la aproximativ 80 % din totalul grăsimilor (*Rooney și colab., 1991*). Compoziția minerală a boabelor de sorg (tabelul 5.2) este foarte variabilă. Concentrația elementelor minerale în boabele de sorg variază din cauza influențelor genotipice și de mediu și a genotipului în funcție de interacțiunile de mediu.

Tabelul 5.2

Compoziția minerală a boabelor de sorg
(Gerrano et al., 2015)

Elemente minerale (mg/kg substanță uscată)	Sorg (%)
Ca	270,37
Fe	38,92
K	1384,41
Mn	15,05
Na	23,59
P	2692,19
Zn	17,80
Mg	1184,67

Sorgul este o sursă bogată de vitamine din complexul B. Alte vitamine liposolubile, și anume D, E și K, au fost de asemenea găsite în boabele de sorg. Sorgul nu este o sursă de vitamina C. Concentrațiile de tiamină, riboflavină și niacină din sorg sunt comparabile cu cele din boabele de porumb (tabelul 5.3), (*Oluwafemi Ayodeji Adebo, 2020*).

Tabelul 5.3

Conținutul de vitamine (mg/100 g) din boabele de sorg (*Oluwafemi Ayodeji Adebo, 2020*).

Vitamine	Khalil et al., 1984	Serna-Saldivar and Espinosa-Ramirez, 2019	Kulamarva et al. 2009	Ochanda et al. 2010	Saleh et al. 2013
B_1	0.69–0.73	0.45	NR	0.34–0.35	0.38
B_2	0.12–0.14	0.16	0.13	0.15–0.16	0.15
B_3	2.99–3.01	4.88	4.5	4.20–4.55	4.3
B_5	1.55–1.63	NR	NR	NR	NR
B_6	0.40–0.43	0.59	0.47	0.17–0.35	NR
B_9	0.02	0.02	NR	0.02	NR

B1 – thiamină; B2 – riboflavină; B3 – niacină; B5 – acid pantothenic; B6 – pyridoxină; B9 – acid folic

Celuloza este o componenta majoră a fibrei insolubile a sorgului și poate prezenta valori cuprinse între 1,19 % și 5,23 % în boabele de sorg (Kamath & Belavady, 1980). De asemenea, sorgul pentru boabe conține și compuși fenolici, altele decât taninul, care îi afectează calitatea senzorială și nutrițională (Hahn și colab., 1980).

Determinările cu privire la însușirile de calitate ale boabelor de sorg, au facut obiectul multor cercetări care au evidențiat influența soiului, a factorilor tehnologici cât și a factorilor climatici asupra conținutului de proteine, grăsimi, apă, celuloză, taninuri etc. (*Bean și colab., 1984,. Khalil și colab., 1984, Basahy, 1995, Rooney & Serna-Saldvar, 2000, Gassem & Osman, 2003, Abdel-Rahman, 2000, Antohe, 2007, Nica, 2011, Pochişcanu, 2016, Mabelebele și colab., 2015*).

În România cercetările au urmărit determinarea potențialului de producție a hibrizilor de sorg pentru boabe (*Sorghum bicolor (L.) Moench var. eusorghum*) sub aspectul valorificării unor condiții pedo-climatice restrictive (*Mureșan, 1961; Antohe, 2002; Drăghici, 2007; Matei, 2011*), iar rezultatele obținute au variat sub influența factorilor

de experimentare (fertilizare, rotație, regim hidric, distanța de semănat, densitate).

Evoluţia climatică spre încălzire şi aridizare în perioada 2001÷2050 în zona Balcanilor, în care se află situată şi România, obligă la o reconsiderare a sorgului ca cereală alimentară (boabele folosite în formula făinurilor compozite destinate panificaţiei glutenice şi aglutenice).

Croitoru și colab., 2018, au arătat în condițiile solurilor nisipoase din sudul Olteniei, că cantitatea de proteină din boabe a prezentat valori diferite în funcție de hibridul luat în studiu, dar și de condițiile de climă din zona de cultură. În boabele de sorg a fost determinat un conținut mediu de proteină cuprins între 13,8 % la hibridul Shamal și 20,5 % la hibridul Es Mousson, cu o medie a hibrizilor de 17,22 %. Un conținut mai mare față de media hibrizilor a fost determinat la hibrizii: Elan (19,2 %), Es Alize (18,3 %), Albanus (17,6 %) și Armonik (17,5 %).

Rezultate similare au fost obținute de Khalil și colab., (1984) la hibrizi de sorg în condițiile din Arabia Saudită (15,3÷15,9%), iar cercetările lui *Mabelebele și colab., (2015)* au evidențiat valori mult mai mici ale conținutului de proteină (8,1-9,5%), dar similare cu cele ale lui *Rooney & Serna-Saldivar (2000)* care a raportat un conținutul de proteine brute în boabele de sorg cuprins între 6,0 și 10,0 %.

Njuguna și colab., (2018), au arătat că conținutul de proteine brute variază între 8,9 % și 15,4 %, în funcție de zona de studiu. Analiza datelor a indicat că mediul de creștere a afectat în mod diferit conținutul nutrițional al liniilor de sorg.

Wallwork și colab., (1998), au indicat că, dacă o perioadă scurtă de temperatură ridicată apare într-un anumit moment al perioadei de umplere a boabelor, aceasta poate afecta una sau mai multe componente, care sunt sintetizate simultan, rezultând o compoziție diferită a bobului matur. Temperaturile ridicate și stresul de umiditate pot limita umplerea boabelor, care funcționează prin metabolismul amidonului din cereale. *Bleidere & Sterne, (2008),* au raportat că modificările care au loc în timpul perioadei de diviziune celulară în endosperm au dus la scurtarea perioadei de diviziune celulară,

influențând astfel acumularea de amidon. Un conținut redus de amidon conduce la un conținut de proteine mai mari (*Schelling și colab., 2003*).

Unele linii consangvinizate și hibride de sorg din Kansas (*Hicks și colab., 2002*) și liniile africane de sorg (*Aba și colab., 2005*) au avut un interval similar de proteine brute de 10,3 % la 16,5 % și respectiv de 10 % la 16,45 %. S-a raportat că variabilitatea genetică a hibrizilor de sorg contribuie la variația conținutului de proteine brute (*Chavan și colab., 2009, Ng'uni și colab., 2012*).

Cât privește cantitatea de proteină calculată la producția obținută în kg/ha, *Croitoru și colab., (2018)* au arătat că a fost influențată de hibridul studiat, cât și de producția de boabe obținută. Valorile exprimate în kg/ha au fost cuprinse între 878,3 kg/ha la hibridul Arsky și 1422,6 kg/ha la hibridul Es Foehn. Aceste rezultate sunt similare cu cele obținute de *Antohe, (2007),* pe solurile zonale de la Fundulea (cantitatea de proteină brută la hibrizii de sorg de boabe creaţi şi testaţi pe soluri zonale la I.N.C.D.A. Fundulea, în perioada 1982-1986 a fost cuprinsă între 959 kg/ha la hibridul F31 și 976 kg/ha la hibridul F21), dar mai mari comparativ cu cele obținute de *Pochiscanu, (2015)* (cantitatea de proteină a fost cuprinsă între 178 kg/ha la hibridul Alize și 802kg/ha la hibridul Armida) în condițiile pedoclimatice din Centrul Moldovei.

În cadrul Proiectului complex nr. 9/PCCDI/2018 „*Sistem complex de valorificare integrală a unor specii agricole cu potenţial energetic şi alimentar*" s-au obținut rezultate valoroase privind compoziția chimică a 8 hibrizi de sorg cultivați în zone diferite și anume: SCDA Caracal – Câmpia Olteniei și SCDA Secuieni – Centrul Moldovei. Rezultatele obținute în urma analizării făinii de semințe de sorg au arătat faptul că sorgul are în compoziția sa substanțe cu potențial funcțional, și anume fibrele alimentare și minerale.

Din analiza experimentală a compoziției fizico-chimice a diferiților hibrizi de sorg utilizați în cadrul proiectului complex, hibrizii Albanus Armorik și Alimentar au realizat cel mai mare conținut în fibră brută (prebiotic), de 3,07 %, 2,85 % și respectiv, 2,65 % (tabelul 5.4).

conținut redus de
i mari (*Schelling și*

g din Kansas (*Hicks*
olab., 2005*) au avut
16,5 % și respectiv
genetică a hibrizilor
ine brute (*Chavan și*

culată la producția
au arătat că a fost
de boabe obținută.
ntre 878,3 kg/ha la
hn. Aceste rezultate
pe solurile zonale de
zii de sorg de boabe
undulea, în perioada
idul F31 și 976 kg/ha
u cele obținute de
t cuprinsă între 178
Armida) în condițiile

CCDI/2018 „*Sistem*
agricole cu potențial
e valoroase privind
ți în zone diferite și
A Secuieni – Centrul
i făinii de semințe de
ția sa substanțe cu
și minerale.
ției fizico-chimice a
tului complex, hibrizii
mare conținut în fibră
2,65 % (tabelul 5.4).

Tabelul 5.4

Compoziția medie fizico-chimică a semințelor hibrizilor de sorg

Raport intern Apostol L. - IBA București (2018)

Sorg hibrid	Proteină totală	Grăsime totală	Fibră brută	Amidon
		% s.u.		
Kalatur	11,51	3,75	2,55	68,01
Shamal	9,46	4,16	2,60	67,16
Alimentar	12,05	3,72	2,65	68,27
Elan	12,21	3,74	2,49	67,7
Albanus	11,37	2,23	3,07	67,27
Arsky	11,12	3,42	2,35	69,88
Foehn	10,13	3,93	2,53	67,79
Armorik	11,14	3,88	2,85	70,87

Conținutului mare de amidon al semințelor de sorg analizate constituie un avantaj pentru utilizarea acestora în hrana animalelor ca înlocuitor al porumbului. De asemenea făina de sorg poate fi utilizată cu succes în industria alimentară, ca înlocuitor al făinii de grâu, mai ales în produsele de panificație aglutenice.

Conținutul mediu de minerale al semințelor diferiților hibrizi de sorg cultivați în Câmpia Caracalului și Centru Moldovei – recolta 2018 – prezentat în tabelul 5.5).

Tabelul 5.5

Conținutul mediu de minerale al semințelor hibrizilor de sorg (recolta 2018)

Sorg hibrid	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
	mg/100g s.u.							
Kalatur	290	510	23	275	144	20,56	2,97	14,29
Shamal	295	590	32,5	270	169	22,03	2,37	17,31
Alimentar	310	550	28,5	285	150,5	20,38	2,57	16,01
Elan	320	510	31	275	123,5	19,36	2,04	16,60
Albanus	320	500	23,5	285	110	21,07	3,03	15,70
Arsky	280	520	26,5	260	141	19,12	2,79	14,43
Foehn	315	490	22	275	129	21,30	2,38	17,15
Armorik	315	515	27	275	144,5	21,55	2,74	16,29

Din cele prezentate mai sus se poate observa că probele de semințe de sorg au în compoziția lor un conținut mare de fier, astfel se poate emite mențiunea de *„sursă de fier"*(Regulamentului (CE) NR. 1924/2006); Directiva 90/496/CEE). De asemenea probele de semințe de sorg au un conținut important de magneziu și zinc (mai mult de jumătate din doza zilnică (*FDA - 2011*).

Din analiza experimentală a compoziției în aminoacizi ai semințelor de sorg se poate observa (tabelul 5.6) că aminoacizii constituenți predominanți sunt acidul glutamic (21,73÷19,57 %), leucina (13,58÷12,95 %), prolina (9,16÷8,35 %), alanina (9,21÷7,79 %), acidul aspartic (6,65÷5,29 %).

Tabelul 5.6

Conținutul în aminoacizi din proteina de sorg la hibrizii desorg (recolta 2018)

Hibrid / Aminoacid	Arsky	Foehn	Albanus	Shamal	Kalatur	Armorik	Elan	Alimentar
	% proteină							
Ac. aspartic	6,09	6,07	5,29	6,21	6,65	6,24	5,82	5,81
Ac. glutamic	21,52	21,73	19,57	21,02	22,51	21,17	20,17	20,19
Serina	4,47	4,37	3,90	4,18	4,56	4,25	4,27	4,19
Glicina	3,15	3,51	2,88	3,39	3,32	3,21	3,30	3,24
Histidina	2,03	2,24	1,86	2,15	2,18	2,08	2,13	2,19
Arginina	3,65	4,05	3,25	3,84	3,99	3,78	3,69	3,62
Treonina	3,15	3,19	2,78	3,05	3,13	2,93	2,91	2,86
Alanina	8,73	8,73	7,79	8,70	9,21	8,70	8,44	8,38
Prolina	9,04	9,16	8,35	8,47	9,12	8,41	8,63	8,86
Tirozina	3,25	3,30	3,06	2,49	2,66	2,74	2,91	2,95
Valina	5,08	5,22	4,55	4,97	5,22	4,82	4,75	4,76
Metionina	1,62	1,81	1,67	1,81	1,61	1,51	1,84	1,62
Cisteina	1,12	1,06	1,21	1,58	1,33	1,51	1,26	1,33
Izoleucina	3,76	3,73	3,25	3,73	3,99	3,78	3,78	3,71
Leucina	13,20	12,89	11,78	12,43	13,58	12,95	13,00	12,95
Fenilalanina	5,18	4,90	4,55	4,18	4,75	4,73	4,85	4,95
Lizina	1,93	2,13	1,67	1,13	1,04	1,89	1,94	1,90

A fost calculat scorul chimic al aminoacizilor esențiali din proteina unei probe medii de semințe de sorg, din recolta 2018, din

serva că probele de
are de fier, astfel se
amentului (CE) NR.
probele de semințe
și zinc (mai mult de

ei în aminoacizi ai
5.6) că aminoacizii
(21,73÷19,57 %),
anina (9,21÷7,79 %),

Tabelul 5.6

a hibrizii desorg

rmorik	Elan	Alimentar
6,24	5,82	5,81
21,17	20,17	20,19
4,25	4,27	4,19
3,21	3,30	3,24
2,08	2,13	2,19
3,78	3,69	3,62
2,93	2,91	2,86
8,70	8,44	8,38
8,41	8,63	8,86
2,74	2,91	2,95
4,82	4,75	4,76
1,51	1,84	1,62
1,51	1,26	1,33
3,78	3,78	3,71
12,95	13,00	12,95
4,73	4,85	4,95
1,89	1,94	1,90

oacizilor esențiali din
, din recolta 2018, din

care se poate concluziona că aceștia sunt în concentrații care depășesc doza zilnică recomandată (FAO/WHO/UNU).

Scorul chimic se calculează, conform FAO/WHO (1985), cu formula:

$$Scorul\ chimic = \frac{mg/g\ de\ aminoacid\ esențial\ /g\ de\ proteină\ al\ probei\ testate}{mg/g \text{ din același aminoacid esențial din proteina de referință}} \times 100$$

Se poate observa că doza zilnică a unor aminoacizi esențiali ai proteinei de sorg ca: leucina, valina, izoleucina și histidina depășesc doza zilnică a proteinei standard recomandată (tabelul 5.7).

De asemenea semințele de sorg analizate au avut un conținut important de treonină, metionină și fenilalanină. Totuși lizina este aminoacidul esențial cel mai limitat.

Tabelul 5.7

Scorul chimic al aminoacizilor esențiali ai proteinei din sorg (recolta 2018)

Aminoacizi esențiali	FAO/WHO/UNU	Sorg	Scor chimic (%)
Lizina	5,80	1,73	29,74
Izoleucina	2,80	3,75	133,93
Leucina	6,60	12,98	196,59
Fenilalanină	6,30	4,81	76,39
Histidina	1,90	2,13	111,84
Valina	3,50	4,96	141,79
Treonină	3,40	3,03	88,97
Metionină	2,20	1,70	77,27

Importanța pentru organismul uman a aminoacizilor esențiali existenți în semințele de sorg este descrisa astfel:

- *Leucina* contribuie la normalizarea bilanțului de azot, a metabolismului proteic și glucidic. O insuficiență de leucină la animale încetinește creșterea, produce micșorarea masei corporale, apariția modificărilor la nivelul ficatului și glandei tiroide;
- *Valina* - Insuficiența ei în rația alimentară provoacă dereglări de coordonare a mișcărilor și hipertensiune;

- *Izoleucina* intră în componența proteinelor organismului. Lipsa izoleucinei în rația alimentară provoacă dezechilibru al azotului în organism;
- *Histidina* participă la sinteza hemoglobinei. Decarboxilarea histidinei contribuie la formarea histaminei, care dilată vasele, mărește permeabilitatea pereților lor;
- *Treonina* este vitală pentru sănătate și nu poate fi sintetizată de organism, ca toți ceilalți aminoacizi esențiali. Acest aminoacid se găseşte în cantităţi importante la nivelul sistemului nervos central şi este util în tratarea diferitelor tipuri de depresie. Are rol important în întreținerea pielii și articulațiilor, deoarece participă la sinteza glicinei și serinei, aminoacizi care ajută la sintetizarea colagenului şi elastinei. Are rol în metabolizarea corectă a grăsimilor, împreună cu metionina şi acidul aspartic, în anumite organe, în special în ficat, şi prevene acumularea acestora, ajutând la menţinerea cantităţii corespunzătoare de proteine din organism;
- *Metionina* este donatorul principal de grupe metilice labile, folosite la sinteza colinei (substanta cu însusiri biologice active si cu actiune lipotropa). Metionina normalizeaza metabolismul lipidelor si al fosfolipidelor in ficat si este recomandata in profilaxia si tratarea aterosclerozei;
- *Fenilalanina* participa la normalizarea functiei glandei tiroide si a suprarenalelor. Din fenilalanina se sintetizeaza tirozina care contribuie la formarea adrenalinei.

Rezultatele obținute de *Mabelebele și colab, (2015),* cu privire la conținutul de grăsimi din boabele de sorg, au arătat valori cuprinse între 2,7% și 3,7 %. Aceste conținuturi de grăsimi au fost ușor mai mici decât hibrizii evaluați de *Gassem & Osman, (2003),* care au evidențiat valori cuprinse între 3,58 % până la 4,47 %, deși au fost similare cu cele raportate de Basahy, (1995) și Abdel-Rahman, (2000). Aceste rezultate scot în evidență influența determinantă a hibridului luat în studiu, a condițiilor pedoclimatice din zona de cultură, dar și a tehnologiei aplicate.

Drăghici, (2007), în condițiile solurilor nisipoase din sudul Olteniei, a determinat la o serie de hibrizi de sorg obținuți la ICDCC Fundulea valori ale MMB cuprinse între 20,1÷24,8g, deci mai scăzute comparativ cu rezultatele obținute la hibrizii studiați în aceleași condiții, iar, *Volf, (2009)* în condițiile de la Fundulea a determinat un MMB la boabele de sorg cuprins între 20÷38g, deci valori similare. Rezultatele obținute scot în evidență influența hibridului luat în studiu, cât și a condițiilor climatice din zona de cultură asupra însușirilor de calitate a boabelor de sorg.

Calitatea nutrițională a boabelor de sorg este influențată de soi, tehnologia de cultură (fertilizare), cât și de condițiile climatice din zona de cultură. Numeroase cercetări au scos în evidență influența fertilizării asupra calității boabelor. *Kaufman și colab., (2013),* au arătat că conținutul de proteină a crescut pe măsură ce rata azotului a crescut. Rezultate similare au raportat și *(Fageria și colab., 2002; Amal Ahmed și colab., 2007; Torbatinejad și colab., 2001; Coclea și colab., 2013).* Cantitatea de proteină din boabele de sorg este adesea corelată negativ cu producția de boabe (*Pale și colab., 2010*).

Sorgul are cerințe slabe în privința necesarului de nutrienți, deoarece are sistemul radicular bine dezvoltat, care ii permite să extragă din sol toate elementele nutritive de care are nevoie. Sorgul are nevoie de cantități mici de fosfor și potasiu, necesarul fiind de: 20÷60 kg/ha s.a. Necesarul de azot este ceva mai ridicat, dar oricum mai redus față de porumb și anume 50-80 kg s.a./ha (*Pochiscanu, 2016*).

Croitoru și colab., 2019 au arătat că aplicarea de îngrășăminte în diferite doze, la cultura de sorg, hibridul Armonik, în condițiile solurilor nisipoase din sudul Olteniei, a influențat atât producția de boabe, cât și însușirile de calitate ale acesteia. Umiditatea boabelor a fost cuprinsă între 11,27 % și 11,75 %, sub limita maximă de 14 % cât prevede literatura de specialitate. Cantitatea de proteină din boabele de sorg a fost cuprinsă între 10,67 % în varianta nefertilizată și 13,50 % în varianta fertilizată cu $N_{150}P_{80}K_{80}$ + biostimulator (ALBIT-40 ml/ha): când sorgul are 6 – 8 frunze.

Rezultate similare au fost obținute de *Palé și colab., (2010),* în Platoul Central din Burkina Faso, Ouagadougou, care au determinat în boabele de sorg o cantitate de proteină cuprinsă între 9,5 % și 14,5 %. Rezultatele au arătat că proprietățile fizico-chimice ale boabelor de sorg au fost influențate atât de tehnica de gestionare a apei, cât și de aplicarea îngrășămintelor.

Cercetările efectuate de *Kaufman și colab., (2013),* au arătat că, conținutul de proteine din boabele de sorg a crescut odată cu creșterea ratei azotului.

Diallo Sory, (2012), a arătat că aplicarea N (45 sau 90 kg/ ha) a îmbunătățit semnificativ proteina din cereale, dar nu și alte elemente de calitate. Există oportunități de îmbunătățire a proteinei din cereale prin gestionarea îngrășămintelor și creșterea plantelor.

În condiţii de umiditate favorabilă, sorgul reacţionează prielnic la fertilizarea cu azot atât în ceea ce priveşte nivelul recoltei, cât şi conţinutul de proteină. În zonele secetoase, efect favorabil prezintă şi fosforul. Dozele practicate azi în lume variază, în funcţie de condiţiile de experimentare, între N50-150P36-100. În condiţii de irigare, *Giardini (1981),* citat de *Bîlteanu (1998),* recomandă N200P150.

5.2. COMPOZIȚIA BIOCHIMICĂ A SORGULUI ZAHARAT

Sorgul zaharat (*Sorghum bicolor (L) Moench*) este o plantă importantă pentru hrana animalelor și nutriția umană. Este singura cultură care oferă boabe și tulpini care pot fi folosite pentru zahăr, alcool, sirop, furaje și combustibil. Sucul unei bune varietăți de sorg zaharat, cultivat în condiții adecvate conține 13 până la 17 % zahăr, din care 10 până la 14 % este zaharoză (*Martin și colab., 1976.*)

Sorgul zaharat se recoltează pentru extragerea siropului, începând cu faza de coacere în lapte a boabelor și poate continua până la coacerea deplină. Recoltarea se poate face prin secerarea plantelor întregi, după care se înlătură, ultimul internod sărac în zahăr, dar bogat în săruri și frunzele, iar tulpinile se leagă în snopi și sunt transportate la stațiile de presare.

Siropul extras din tulpinile de sorg zaharat are un profil nutrițional echilibrat care conține proteine, aminoacizi esențiali și

minerale (*FAO, 1994*). O lingură (20g) de sirop de sorg conține 62 de calorii și 15 g de carbohidrați. Sorgul zaharat are acei nutrienți greu de găsit, cum ar fi fierul, calciul și potasiul. Siropurile pure nu conțin proteine sau grăsimi. Siropul de sorg zaharat are o activitate antioxidantă ridicată. S-a găsit de patru ori puterea antioxidantă a celei mai naturale miere testată (*Kulkarni și colab., 2018*).

Frunzele de sorg zaharat se caracterizează prin conţinutul de proteină (% din substanţa uscată) în limitele 6,70-7,30 % şi zahăr 2,22-2,91 % (*Bahcivanji și colab., 2010*). Conţinutul de amidon în frunze a fost de 4,2 %, cel de cenușă de 11,0 %, a grăsimii brute 3,30 % și a celulozei brute 23,6 %.

În decursul vegetaţiei compoziţia chimică a ***tulpinilor*** de sorg zaharat suferă modificări: zahărul total creşte de la maturitatea în lapte spre maturitatea fiziologică, celuloza şi proteina brută scad spre maturitatea fiziologică (tabelul 5.8), (*Antohe, 2007*).

Tabelul 5.8

Compoziţia chimică a tulpinilor desorg zaharat recoltate în diferite faze de maturare a bobului (Fundulea, 1983 – 1999)

Hibridul / soiul	Zahăr total (%)	Celuloză (%)	Proteină brută, % (N x 6,25)
Maturitatea în lapte			
F.215-86	14,3	29,3	11,3
Roza	19,2	30,5	8,4
F.463-87	25,6	31,1	9,3
F.450-4/86	15,3	29,70	10,4
Maturitatea în ceară			
F.215-86	53,5	26,3	6,2
Roza	56,5	23,4	6,8
F.463-87	58,4	25,5	7,3
F.450-4/86	37,4	23,0	5,8
Maturitatea fiziologică			
F.215-86	58,2	26,2	5,3
Roza	60,2	25,2	7,1
F.463-87	61,7	26,1	6,0
F.450-4/86	63,6	24,3	6,6

Conţinutul în celuloză brută din bagasa de sorg zaharat destinată producerii de celuloză papetară, din tulpinile de sorg zaharat a fost influențat de soiul luat în studiu și condițiile de cultură. *Antohe (2007)* a arătat că în condițiile de la Fundulea conţinutul în celuloză brută a fost cuprins între 20,4÷30,1 % la hibridul Roza şi 37,9÷38 % la hibridul F.135 ST. Conţinutul de lignină a fost de 15,6 g/100 g s.u. la Roza şi 17,2 g/100 g s.u. la F.135 ST. Conţinutul de pentozane a prezentat valori cuprinse între 21,6 % la F.135 ST şi 22,1 % la Roza, conţinutul de siliciu a prezentat aceleași valori ca la cereale (0,3-0,4 %), iar cel de cenuşă a fost de 2,8 % la Roza şi 3,8 % la F.135 ST.

Sucul de sorg zaharat are compoziţia chimică formată din zaharoză ce reprezintă 10,9÷14,7 %, glucoză 2,53÷3,14 %, fructoză 1,08÷2,19 % (*Antohe, 2007*). Azotul total este prezent în medie în concentraţie de 0,26÷0,51 %, potasiul în cantitate de 377,6 mg/100 g s.u, Ca, 8,29 mg/100 g s.u., Mg, 19,68 mg/100 g su, Na, 3,6 % şi Fe: 2,61 %. Sucul are în medie pH-ul de 4,5÷5,4, o densitate medie de 1,066 g/cm^3 şi o valoare Brix medie cuprinsă între 15,7-24,3 %

Boabele de sorg zaharat au un conţinut de proteină în medie de 11,4 % (Carmen), 12,5 % (F.135 ST) până la 14,2 % (F.351 hl), conţinutul mediu de amidon de 65 % (Carmen), 74 % (Doina), conţinutul de ulei de 3,2 % (Roza), 4,2 % (F.351 hl), conţinutul de lizină - de 0,20 g/100 g s.u. (Roza – 0,56 g/100 g s.u F.351 hl), conţinutul de triptofan de 0,105 g/100 g s.u (Doina, 0,115 g/100 g s.u (F.135 ST) şi conţinutul de tanin - de 0,28 % (Doina) şi 0,53 % (F.135 ST), (*Antohe, 2007*).

La sorgul zaharat fertilizarea directă urmăreşte calitatea sucului, fapt pentru care se recomandă, pentru scopuri alimentare, cultivarea pe soluri fertile. Când sucul se utilizează în alte scopuri decât cele alimentare fertilizarea se poate efectua cu N90-120, P2O5 70-80.

Holou & Gene, (2012), într-un studiu efectuat în Missouri, pe diferite variante de fertilizare cu doze de azot, au aratat că conținutul de zahăr (grade Brix) al sucului a variat între 10,7 % și 18,9 %. Fertilizarea cu azot a îmbunătățit conținutul de zahăr al sucului. A existat o corelație negativă între concentrațiade zahăr și randamentul

sucului. Randamentul zahărului din suc a prezentat diferențe semnificative în funcție de ani, doza de azot și tipul de sol.

Sorgul zaharat este o plantă C4 (*Sipos și colab., 2009*) caracterizată printr-o activitate fotosintetică ridicată. Deși inițial din Africa (*Gnansounou și colab., 2005*), sorgul zaharat poate fi cultivat în zone temperate (*Sree și colab.,1999*). De peste 100 de ani, a fost produs sirop din sorgul zaharat în America (*Worley și colab.,1992; Gnansounou și colab., 2005*). Sorgul zaharat utilizează eficient azotul (*Gardner și colab., 1994*) și este rezistent la secetă (*Steduto și colab., 1997; Tesso și colab., 2005*) la salinitate, la inundații (*Netondo și colab., 2004; Almodares și colab., 2008*).

Almodares și colab., (2009), au realizat un studiu prin care au evaluat efectele a patru tratamente cu azot (50, 100, 150 și 200 kg uree / ha) pe biomasă, proteine brute, carbohidrați solubili și conținutul de fibre brute în trei tipuri de furaje (porumb, sorg zaharat și boabe de sorg zaharat). Rezultatele au arătat efectele tratamentelor cu azot asupra furajelor care au fost semnificative. Tratamentul cu 200 kg/ha uree a avut cea mai mare biomasă (64,80 t/ha) și conținutul de proteine (8 %) și a avut cele mai scăzute cantități de carbohidrați solubili (12,80%) și de fibre (31,90 %). Între furaje, porumbul a avut o cantitate mai mare de biomasă și de proteine (72,80 t/ha, 7,10 %) decât sorgul zaharat (66,50 t/ha, respectiv 5,90 %). De asemenea, atât conținutul de carbohidrații cât și de fibre din sorgul zaharat a fost mai mare comparativ cu porumbul. În furaje, datorită creșterii dozelor de azot, prezența proteinelor brute a crescut, în timp ce fibrele brute prezente au scăzut, ceea ce ar putea crește gustul și digestibilitatea ambelor specii. Astfel, pe baza rezultatelor, se propune aplicarea a 200 kg/ha uree pentru porumb și sorgul zaharat.

Sorgul zaharat este genetic foarte divers, prezentând o mare variație a parametrilor săi agronomici în comparație cu alte culturi. Cu toate acestea, pentru a atinge o productivitate maximă, este necesar un management agronomic adecvat. S-a observat că azotul influențează producția de biomasă, conținutul și tipurile de zaharuri din suc și proprietățile solului, care pot fi tratate favorabil dacă se selectează metoda de prelucrare corectă (*Adimassu și colab., 2019*).

Distribuția și acumularea zahărului de către internodurile tulpinii au fost asociate cu componentele fenologice ale plantei (lungimea și diametrul internodului). Cu toate acestea, acumularea de zahăr și biomasa plantelor au crescut odată cu maturitatea fiziologică. Prin urmare, valorile cele mai mari ale concentrației de solide solubile totale (14,89 %), conținutul de zahăr în suc (22,91 g), concentrația de zahăr în suc (527,46 mg g-1 DW), procentul de biomasă uscată (60,04 %) și randamentul de biomasă uscată (19,01 t ha-1) au fost observate la etapa de maturitate fiziologică a plantei (*Iosvany López-Sandin și colab., 2021*).

Smith și colab. (1987), au efectuat un studiu din interesul special pentru cultura sorgului zaharat. Șase hibrizi de sorg zaharat au fost evaluați timp de 4 ani pentru potențialul de producție a zahărului fermentabil în opt locații din SUA continentală și o locație din Hawai. Cantitate de zahăr din tulpini (grade Brix) a fost cuprinsă între 10,5 % și 20,7 %, iar cantitatea de etanol a fost cuprinsă între 4152 l/ha și 9157 l/ha.

Ekefre și colab., (2017) au determinat o producție de etanol cuprinsă între 5077 l/ha și 7619 l/ha.

Sorgul zaharat este cultivat pentru cantitatea mare de zaharuri solubile mare (un amestec de zaharoză, glugoză și fructoză)conținute în tulpinile sale înalte și suculente (*Smith și colab., 1987; Murray și colab., 2009*). Din punct de vedere istoric, sorgul dulce a fost cultivat pentru a sprijini producția de sirop și melasă, dar există un interes crescând pentru utilizarea sa ca materie primă pentru combustibilii regenerabili și chimicale (*Calviño & Messing, 2012; Vermerris & Saballos, 2013*). Plantele au prezentat o înălțime de peste 3 metri și pot produce randamente proaspete de biomasă de 45-112 mg ha-1 (20-50 tone acri^{-1}), în funcție degenotip și locație (*Erickson și colab., 2012*).

Numeroase cercetări au determinat o corelație pozitivă între înălțimea plantelor și acumularea de zahăr. Întrucât mecanismele fiziologice care stau la baza acumulării de zahăr în sorgul zaharat nu sunt bine înțelese, nu se știe dacă asocierea aparentă dintre acumularea zahărului în tulpină și înălțimea plantei este rezultatul

selecției sau dictată de constrângeri fiziologice sau genetice. Experimentul a fost efectuat pentru a examina această relație.

A fost studiat rolul umbririi asupra acumulării de zahăr la populațiile de reproducere cu înălțimi contrastante. Rezultatele au arătat că concentrația crescută de zahăr în sorgul zaharat nu este condiționată de faptul că plantele sunt înalte, ceea ce face fezabilă dezvoltarea unor linii cu talie mai mică, cu conținut ridicat de zahăr (*Sanyukta Shukla și colab, 2017*).

Owuor și colab., (2017), au arătat că rata acumulării de zahăr în tulpinile sorgului dulce scade și apoi crește spre maturitate. Din studiu, rezultă că utilizarea clorofilei a indica faza de recoltare a sorgului zaharat poate fi considerată o metodă rapidă de detectare a conținutului de zahăr din tulpină.

Nivelul de clorofilă indică activitatea fotosintetică a plantei și poate fi folosit pentru a stabili etapa de maturitate și de recoltare a sorgului zaharat. Conținutul ridicat de clorofilă din frunze este legat de activitatea fotosintetică ridicată și invers și detectarea conținutului de clorofilă prin teledetecție poate fi utilizată pentru a indica etapa de recoltare adecvată pentru producerea de alcool.

Zarco și colab., (2005), a observat că concentrația scăzută a conținutului de clorofilă din frunze este un indicator al deficienței azotului și poate indica o maturitate falsă în cultură. Pentru a evita detectarea falsă, *Haboudane și colab., (2002),* au sugerat că precizia practicilor agricole poate fi mărită prin teledetecție. Trebuie avut în vedere utilizarea acestei metode. Este necesară stabilirea unei linii de bază și investigarea condițiilor nutritive ale solului înainte de a utiliza această abordare (*Shepherd & Walsh, 2007*).

5.3. COMPOZIȚIA BIOCHIMICĂ A HIBRIZILOR SORG XSUDAN

Compoziţia chimică a componentelor masei verzi (frunze, tulpini, panicule) de sorg x Sudan este diferențiată în funcție de organul vegetal studiat. Conţinutul în proteină în frunze este cuprins între 1,1 și 3,2 % în funcție de hibridul studiat, iar în tulpini între 0,5 și 1,1 %. În panicule numai conţinutul în proteină este în medie 1,1 %. Cantitatea de celuloză a prezentat cele mai mari valori în frunze, în

care conținutul a ajuns până la 18 % (*Antohe, 2007*). Conţinutul de nitraţi cel mai scăzut s-a înregistrat în panicule, iar cel mai ridicat în tulpini, până la 99mg/100g s.u.

Concentraţia de acid cianhidric, determinată la 28 şi 30 zile după cosire, este slabă şi permite păşunatul de către taurine şi ovine, atât în varianta de recoltare la preburduf, cât şi în varianta de recoltare la maturitatea în lapte. La 4-5 zile după îngheţ, atât frunzele verzi, dar mai ales cele uscate pot fi folosite în hrana taurinelor fără pericol de intoxicare, concentraţia în HCN determinată fiind slabă (sub 50 mg HCN/100 g s.u.) (Antohe, 2007).

5.4. COMPOZIȚIA BIOCHIMICĂ A SORGULUI DE MĂTURI

Sorgul de mături se cultivă, în general, pentru panicule cu ramificaţii de culoare galben pai, atât pentru intern, cât şi pentru exportul în Europa, ceea ce conduce la recoltarea în faza de maturare fiziologică sau maturare completă a boabelor, obţinându-se astfel o singură coasă prin care se valorifică atât paniculele (fără boabe), destinate confecţionării de perii, mături, cât şi boabele utilizabile în hrana animalelor sau pentru obţinerea de etanol (*Antohe, 2007*).

BIBLIOGRAFIE

1. **Aba D.A., Abu E., Chindo P.S., Marle PS, Maigida D.N., Ogungbile A.O.,** 2005. *Characterization of Some Released Sorghum Varieties for Food and Industrial Utilization in Nigeria.* Agricultura Tropica Et Subtropica 38: 1-6.
2. **Abdel-Rahman I.E.,** 2000. *Microbiological and biochemical changes during fermentation of sorghum. M.Sc. thesis,* University of Khartoum, Sudan.
3. **Adimassu Z., Alem, G., Tamene L.**, 2019. *Effects of tillage and crop residue management on runoff, soil loss and crop yield in the humid highlands of Ethiopia.* Agricultural Systems 168: 11-18.
4. **Almodares A., Hadi MR., Ahmadpour H.,** 2008. *Sorghum stem yield and soluble carbohydrates under different salinity levels.* African Journal of Biotechnology, 7, 4051– 4055.

5. **Almodares A., M., Jafarinia, M.R. Hadi** , 2009. *The Effects of Nitrogen Fertilizer on Chemical Compositions in Corn and Sweet Sorghum,* American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 6 (4): 441-446.
6. **Amal Ahmed, Nabila Zaki, M.S. Hassanein,** 2007. *Response of Grain Sorghum to Different Nitrogen Sources*, Research Journal of Agriculture and Biological Sciecnes, 3(6): 1002-1008.
7. **Antohe I.**, 2007, *Realizări în ameliorarea sorgului la Fundulea*, An. I.N.C.D.A. Fundulea, Vol. LXXV, 2007, Volum jubiliar, Genetica şi Ameliorarea Plantelor, p. 137-157.
8. **Antohe I., Cosmin O., Bărbulescu Al., Vlas I., Grecu Eugenia., Scurtu Milica., Voicu Ecaterina, Coserea Victoria, Rizea A., Ilicevici S., Vladu P., Pretorian D., Constantin P., Mihalache M.**, 1982. *Rezultate obţinute în ameliorarea sorgului pentru boabe.* Analele ICCPT, XLIX: 63-74.
9. **Antohe I., Drăghici I., Naidin C.,** 2002. *Sorghum an alternative crop for south of Romania.* In: Drought mitigation and prevention of land desertification, 22-24 April, 2002, Bled, Slovenia: 112.
10. **Arun G., Kulamarva, Venkatesh Sosle, G.S. Vijaya Raghavan,** 2009. *Nutritional and rheological properties of sorghum,* International Journal of Food Properties, 12: 55–69, 2009.
11. **Bahcivanji M., Coşman S., Coşman Valentina**, 2010. *Valoficarea surselor secundare vegetale obţinute în rezultatul prelucrării Sorgului zaharat.* In: *Conservarea diversităţii plantelor.* Ediția 1, 7-9 octombrie 2010, Chișinău. Chișinău: Gradina Botanica (Institut), 2010, pp. 332-337.
12. **Bâlteanu Gh.,** 1998. *Fitotehnie, vol.1*, Ed. Ceres, Buc.
13. **Basahy A.,** 1995. *Chemical composition of sorghum grains (Sorghum bicolor (L.) Moench, Poaccae) grown in Gizan area, Saudi Arabia.* J. Sci. Res. 13, 151-161.
14. **Bean S.R., J.D. Wilson, R.A. Moreau, A. Galant, J.M. Awika, R. C. Kaufman, S.L. Adrianos, B.P. Ioerger** , 2014. *Structure and Composition of the Sorghum Grain*, Book: Sorghum: State of the Art and Future Perspectives.
15. **Bleidere M, & Sterne D**., 2008. *Genetic and environmental effect on the grain quality of spring barley.* AgronomijasVestis11:33-39.

16. **Calviño M., R. Bruggmann, J. Messing,** 2008. *Screen of genes linked to high-sugar content in stems by comparative genomics,* Rice, 1, pp. 166-176.
17. **Chavan V.D., Patil J.V., Shinde M.S.,** 2009, *Nutritional and Roti Quality of Sorghum Genotypes.* Indonesian Journal of Agricultural Science10: 80-85.
18. **Coclea D., Simona Niţă, Ioana Maria Mateaş**, 2013, *Production potential of grain sorghum (sorghum b.var. Eurosorghum) under the influence of fertilization and hybrids studied*, Research Journal Of Agricultural Science, 45 (4), p. 30.
19. **Croitoru Mihaela, Drăghici I., Drăghici Reta, Dima Milica**, 2018, *Research on the evaluation of quality characteristics in some sorghum genotypes under the conditions sandy soils from southern Oltenia,* Analele Universităţii din Craiova, seria Agricultură – Montanologie – Cadastru (Annals of the University of Craiova - Agriculture, Montanology, Cadastre Series)Vol. XLVIII 2018/1, p. 104-109.
20. **Croitoru Mihaela, Drăghici I., Drăghici Reta, Dima Milica**, 2019, *Research on the influence of fertilizations on the nutritional quality of grain sorghum in the conditions of sandy soils in southern Oltenia*, Analele Universităţii din Craiova, seria Agricultură – Montanologie – Cadastru (Annals of the University of Craiova - Agriculture, Montanology, Cadastre Series) Vol. XLIX/2019, p. 58-65.
21. **Daniel Ekefre, Ajit Mahapatra, Mark Latimore Jr., Danielle Bellmer, Umakanta Jena, Gerald Whitehead, Archie Williams,** 2017. *Evaluation of three cultivars of sweet sorghum as feedstocks for ethanol production in the Southeast United States,* Heliyon, vol. 3, p. 1-18.
22. **Diallo Sory**, 2012. *Effect of genotypes and nitrogen on grain quality of sorghum,* Department of Agronomy College of Agriculture KANSAS STATE UNIVERSITY Manhattan, Kansas.
23. **Drăghici I.,** 2007. *Cercetari privind comportarea unor genotipuri de sorg pentru boabe pe solurile nisipoase irigate*, Lucrări Ştiinţifice C.C.D.C.P.N. Dăbulenl Vol.XVI, p. 7-22.

24. **Drăghici I.,** 2016. *Evaluarea potenţialului bioenergetic al producţiei primare și secundare la cultura sorgului pentru boabe / Assessing the bioenergetically potential of primary and secondary production to the grain sorghum crop.* Sustainable exploitation of environmental resources in areas with sandy soils. Annals of the Research -Development Center for Field Crops on Sandy Soils, DABULENI, volume20th, 2016. Editura SITECH, Craiova, 2016ISSN 2360 –0829, ISSN-L 2360 –0829, pag. 82-89.

25. **Erickson J.E., K.R. Woodard, L.E. Sollenberger**, 2012, *Optimizing sweet sorghum production for biofuel in the southeastern USA through nitrogen fertilization and top removal,* Bioenergy Res., 5, pp. 86-94.

26. **Fageria N. K., Baligar C., Clark R. B.,** 2002. *Micronutrients in crop production*. Advance Agronomy, 77: 185-268.

27. **Gardner J., Maranville J., Paparozzi E**., 1994. *Nitrogen use efficiency among diverse sorghum cultivars.* Crop Science, 34, 728–732.

28. Gassem M.A.A. & Osman A.M., 2003. *Proximate composition and the content of sugars, amino acids and anti-nutritional factors of three sorghum varieties.* Agricultural Research Center, King Saud University, Research Bulletin No 125, 5-19.

29. **Gerrano A.S., M.T. Labuschagne, A. Van Biljon, N.G. Shargie,** 2015, *Quantification of Mineral Composition and Total Protein Content in Sorghum [Sorghum Bicolor (L.) Moench] Genotypes,* Cereal Research Communications, 44(2): 1-14

30. **Gnansounou E., Dauriat A., Wyman C.E.,** 2005. *Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China.* Bioresource technology, 96, 985–1002.

31. **Gopalan C., Srikantia S.G.,** 1960. *Leucine and pellagra*, Lancet 1, 954–957.

32. **Haboudane D., Miller J. R., Tremblay N., Zarco-Tejada P. J.,** 2002. *Dextraze L. Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture.* Remote Sensing of Environment. 2002; 81(2-3): 416–426.

33. **Hahn, D.H., Rooney, L.W., Earp, C.F.**, 1984. *Tannins and Phenols of Sorghum.* Cereal Foods World, 29 (12), 776–779.

34. **Hicks C., Tuinsra MR., Pederssen JF., Kofoid KD.,** 2002, *Genetic analysis of feed quality and seed weight of sorghum inbred lines and hybrids using analytical methods and NIRS.* Euphytica127: 31-40.

35. **Huang M.T.; Ferraro T.,**1992. *Phenolics compounds in food and cancer prevention. In PhenolicCompounds in Food and Their Effects on Health, II*; Huang, M.T., Ho, C.T., Lee, C.Y., Eds.;American Chemical Society, Washington D.C.: 1992.

36. **Hubbard, J.E., Hall H.H., Earle F.R.**, 1950. *Composition of the component parts of the sorghum kernel.* Cereal Chemistry 1950, 27, 415–420.

37. **Iosvany López-Sandin, Guadalupe Gutiérrez-Soto, Adriana Gutiérrez-Díez, Nancy Medina-Herrera, Edgar Gutiérrez-Castorena, Marisol Galicia-Juárez, and Francisco Zavala-García**, 2021. *Biomass and sugar production dynamics in sweet sorghum variety Roger ,* Chilean journal of agricultural research, vol. 81, n. 1, p. 92-101.

38. **Jambunathan R., Subramanian V.**, 1987. *Grain quality and utilization of sorghum and pearl millet.* In Biotechnology in tropical crop improvement. Proceedings of the International Biotechnology Workshop, ICRISAT, Patancheru, India, 12–15 January 1987.

39. **Kamath M.V., Belavady B.**,1980. *Unavailable Carbohydrates of Commonly Consumed Indian Foods*. Journal of the Science of Food and Agriculture 1980, 31 (2), 194–202.

40. **Kaufman R.C., Wilson J.D., Bean S.R., Presley D.R., Blanco-Canqui H., Mikha M.,** 2013. *Effect of nitrogen fertilization and cover cropping systems on sorghum grain characteristics*, Agric Food Chem. 2013 Jun 19; 61(24): 5715-9.

41. **Khalil J.K., W.N. Sawaya, W.J. Safi, H.M. Al-Mohammad**, 1984. *Chemical composition and nutritional quality of sorghum flour and bread,* Qual Plant Plant Foods Hum Nutr 34 (1984) 141-150.

42. **Klopfenstein C.F., Hoseney R.C.**,1995. *Nutritional properties of sorghum and millets*. In Sorghumand Millets Chemistry and

Technology; Dendy, D.A.V., Ed.; 125 St Paul, Minn.: AmericanAssociation of Cereal Chemistry: 1995.

43. **Kulamarva A.G., Sosle V.R., Raghavan G.S.V.**, 2009. *Nutritional and rheological properties of sorghum*. Int. J. Food Prop. 2009, 12, 55–69.
44. **Kulkarni D.B., Deshpande H.W., Sakhale B.K., Pawar V.S.**, 2018. *Sweet Sorghum Syrup as Natural Sweetener for Glazed Tamarind Candy*. Int J Nutr Sci. 2018; 3(2): 1023.
45. **Mabelebele M., M. Siwela, R.M. Gous, P.A. Iji,** 2015. *Chemical composition and nutritive value of South African sorghum varieties as feed for broiler chickens*, South African Journal of Animal Science 2015, 45 (No. 2).
46. **Martin J.H., Leonard W.H., Stamp D.L.,** 1976. *Principles of Field Crop Production*, New York: McMillan Publishing Co., Inc.
47. **Matei Gh.**, 2011. *Research on some technological measures for increasing the yields on grain sorghum cultivated on sandy soils from Târnbureşti,* Annales Of The University Of Craiova, Agriculture, Montanology, Cadastre Series (ISSN 1841-8317; ISSN CD-ROM 2066- 950X) - Congres ESNA 2011, vol. XLI/1 2011.
48. **Moise Owuor Oyier, James Owuoche, Maurice Oyoo, Erick Cheruiyot, Betty Mulianga, Justiţie Rono**, 2017. *Efectul etapei de recoltare asupra genotipurilor din Sorghum Sweet (*Sorghum bicolor *L.) din Kenya de Vest*, Scientific World Journal, Nr. 1, p. 1-10.
49. **Morton J.R.,** 1970, *Tentative correlations of plant usage and esophageal cancer zones.*Economic Botany 24, 217–220.
50. **Mureşan T., Cosmin O., Sarca Tr.,** 1961. *Importanta culturii sorgului şi comportarea unor hibrizi încercaţi la Baza experimentală Fundulea în anii 1958-1960.* Probleme agricole, 8: 19-26.
51. **MurrayS.C., W.L. Rooney, M.T. Hamblin, S.E. Mitchell, S. Kresovich,** 2009. *Sweet sorghum genetic diversity and association mapping for Brix and height*, Plant Gen., 2, p. 48.
52. **Narges Zand, Mohammad Reza Shakiba,** 2013. *Effect of plant density and nitrogen fertilizer on some attribute of grain sorghum*

(sorghum bicolor (l.) moench), International journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 1(12):1577-1582.

53. **Netondo G., Onyango J., Beck E.,** 2004. *Sorghum and salinity: I. Response of growth, water relations, and ion accumulation to NaCl salinity.* Crop Science, 44, 797–805.
54. **Nica V.,** 2011. *Studiul comporativ privind productivitatea, calitatea producției și rentabilitatea culturilor de porumb și sorg în condițiile pedoclimatice din județul Ialomița*, Teză de doctorat USAMV București.
55. **Njuguna V. W., Cheruiyot E. K., Mwonga S., Rono J. K.,** 2018. *Effect of genotype and environment on grain quality of sorghum (Sorghum bicolor L. Moench)lines evaluated in Kenya* , African Journal of Plant Science, ol. 12(12), pp. 324-330.
56. **Ochanda S.O., Akoth O.C., Mwasaru A.M., Kagwiria O.J., Mutiso M.F.**, 2010. *Effects of malting and fermentationtreatments on group B-vitamins of red sorghum, white sorghum and pearl millets in Kenya*.J. Appl. Biosci. 2010,34, 2128–2134.
57. **Oluwafemi Ayodeji Adebo,** 2020. *African Sorghum-Based Fermented Foods: Past, Current and Future Prospects* Nutrients,12, 1111, 2-25.
58. **Oprea C. Cristina Andreea**, 2018. *Cercetări privind cultura sorgului pentru boabe (Sorghum Bicolor var. Eusorghum) în condițiile din zona de sud-est a României,* Teza de doctorat, USAMV Bucuresti.
59. **Palél S., S. J. B. Taonda, B. Bougouma, S. C. Mason,** 2010. *Water and fertilizer influence on sorghum grain quality for traditional beer (dolo) production in Burkina Faso*, African Journal of Food Science Vol. 4(11), pp. 723 – 734.
60. **Pochişcanu, S.F., Buburuz A. A., Popa L.D.** 2016. *The chemical composition of some grain sorghum (Sorghum bicolor L. Moench.) varieties experimented in ARDS Secuieni-Neamt pedoclimatic conditions.* Analele Stiintifice ale Universitatii Alexandru Ioan Cuza din Iasi. Sectiunea II A, Biologie Vegetala. Vol. 62, nr. 1.
61. **Pochișcanu S.F., Druțu A.C.,** 2016. *Sorgul "Cămila vegetală".* Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.

62. **Rolanda Holou, Gene Steven S,** 2012. *Juice, sugar, and bagasse response of sweet sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench cv. M81E) to N fertilization and soil type,* GCB Bioenergy (2012) 4, 302–310.

63. **Rooney L.W., Serna-Saldvar, S.O.**, 2000. *Sorghum. Handbook of Cereal Science and Technology.* (2nd ed.). Eds: Kulp, K. & Ponte, J., New York, NY. pp. 149-175.

64. **Rooney L.W., Serna-Saldivar S.O.**,1991. *Sorghum;* New York, Marcel Dekker: 1991; 233–269.

65. **Saleh A.S.M., Zhang Q., Chen, J., Shen Q.,** 2013. *Millet grains: Nutritional quality, processing, and potentialhealth benefits.Compr.* Rev. Food Sci. Food Saf.2013,12, 281–295.

66. **Salunkhe D. K., S. S. Kadam, J. K. Chavan,** 1977. *Nutritional quality of proteins in grain sorghum,* Qualitas Plantarum, Volume 27 , pp. 187–205.

67. **Sanyukta Shukla, Terry J.Felderhoff, Ana Saballos, Wilfred Vermerris,** 2017. *The relationship between plant height and sugar accumulation in the stems of sweet sorghum (*Sorghum bicolor *(L.) Moench)*, Field Crops Research, Volume 203, 1, Pages 181-191.

68. **Schelling K., Born K., Weissteiner C., Kunbauch W.,** 2003. *Relationships between yield and quality parameters of barley (Hordeum vulgare L.) and phenological and meteorological data.* Journal of Agronomy and Crop Science 189: 113-122.

69. **Serna-Saldivar S.O., Espinosa-Ramirez J.**, 2019. *Grain structure and grain chemical composition. InSorghum andmillets: Chemistry, Technology and Nutritional Attributes,* 2nd ed.; Taylor, J.R.N., Duodu, K.G., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2019; pp. 85–130.

70. **Shahidi F& Naczk M.,** 1995. *Phenolics in cereals and legumes.* In Food phenolics; Shahidi, F.; Ed.; Lancaster, Pa.: Technomic Publishing Co., 1995; 9–52.

71. **Shepherd K. D., Walsh M. G.,** 2007. *Infrared spectroscopy—enabling an evidence-based diagnostic surveillance approach to agricultural and environmental management in developing countries.* Journal of Near Infrared Spectroscopy. 2007; 15(1): 1–19.

72. **Sipos B, Re´czey J, Somorai Z, Ka´da´r Z, Dienes D, Re´czey K.**, 2009. *Sweet sorghum as feedstock for ethanol production: enzymatic hydrolysis of steam-pretreated bagasse.* Applied Biochemistry and Biotechnology, 153, 151–162.

73. **Smith A.M., S.C. Zeeman,** 2006. *Quantification of starch in plant tissues,* Nat. Protoc., 1 (2006), pp. 1342-1345.

74. **Smith G. A., M. O. Bagby, R. T. Lewellan, D. L. Doney, P. H. Moore, F. J. Hills, L. G. Campbell, G. J. Hogaboam, G. E. Coe, and K. Freeman**, 1987. *Evaluation of Sweet Sorghum for Fermentable Sugar Production Potential*, Crop Science VoL 27. No.4, p. 788-793.

75. **Sree K.N., Sridhar M., Venkateswar Rao L., Pandey A.,**1999. *Ethanol production in solid substrate fermentation using thermotolerant yeast.* Process Biochemistry, 34, 115–119.

76. **Steduto P., Katerji N., Puertos-Molina H., U¨ nlu¨ M., Mastrorilli M., Rana G.,**1997. *Wateruse efficiency of sweet sorghum under water stress conditions gas-exchange investigations at leaf and canopy scales.* Field Crops Research, 54, 221–234.

77. **Tesso T., Claflin L., Tuinstra M.,** 2005. *Analysis of stalk rot resistance and genetic diversity among drought tolerant sorghum genotypes.* Crop Science, 45, 645– 652.

78. **Toomey G.**, 1988. *Sorghum as substitute. Food enterprises for Indian woman.* Int. Develop. Res. Cen-tre Reports 1988, 17 (3), 20–21.

79. **Torbatinejad N.M., M.R. Chajchee, S. Sharifi,** 2001. *The effect of different levels ofnitrogen on silage quality of three sorghum cultivars.* Agricultural Sciences and Technology.,15(2): 75-82.

80. **Varvel G.E.,** 2000. *Crop Rotation and Nitrogen Effects on Normalized Grain Yields in a Long-Term Study.* Agron. J. 92, p. 938-941.

81. **Vermerris W., A. Saballos,** 2013. *Genetic enhancement of sorghum for biomass utilization, A.H. Paterson (Ed.), Genomics of the Saccharinae,* Springer, New York (2013), pp. 391-425.

82. **Volf M.,** 2009. *Îmbunătăţirea tehnologiei de cultivare a sorgului furajer în condiţiile din Câmpia Moldovei",* Teză de doctorat, USAMV Iași.

83. **Wallwork M.A.B., Logue S.J., MacLeod L.C., Jenner C.F.,** 1998. *Effects of a period of high temperature during grain filling on the grain growth characteristics and malting quality of three Australian malting barleys.* Australian Journal of Agricultural Research 49:1287-1296.

84. **Worley J., Vaughan D., Cundiff J.**, 1992. *Energy analysis of ethanol production from sweet sorghum.* Bioresource technology, 40, 263–273.

85. **Zarco-Tejada P. J., Ustin S. L., Whiting M. L.,** 2005.*Temporal and spatial relationships between within-field yield variability in cotton and high-spatial hyperspectral remote sensing imagery.* Agronomy Journal. 2005; 97(3): 641–653.

86. **Zhumabekova Z.Zh., DarkanbaevT.B., Ostrovskaya, L.K.**, 1978. *Characteristics of the carbohydrate-amylase complex of sorghum grain flour.* Seriya Biologicheskaya 1978, 16 (1), 11–17.

87. *** - Sursă: *Sondaj pentru porumb şi sorg în Franţa* ARVALIS/FranceAgriMer (2009-2013) actualizat cu valorile din tabelele INRA-AFZ (2004).

88. *** FAO, 1994. *Components of sweet sorghum stem juice. In: Integrated energy systems in China - the cold north eastern region experience*. FAO corporate document repository.

89. *** Directiva nr. 496/1990 privind indicarea valorii nutritive pe etichetele produselor alimentare (90/496/CEE);

90. *** FAO/WHO/UNU 1985, 'Energy and protein requirements, report of the joint FAO/WHO/UNU expert consultation'. Technical report series No. 724. FAO, WHO and the United Nations University, Geneva, Switzerland.