

FIZIOLOGIA PLANTELOR

**CERCETĂRI ÎN DOMENIUL FIZIOLOGIEI  
PLANTELOR DE CÂMP LA FUNDULEA**

ELENA PETCU, MARIA ȚERBEA, CĂTĂLIN LAZĂR

Rolul cercetărilor de fiziologia plantelor este de a participa la procesul de sporire a producției vegetale prin valorificarea întregului potențial biologic de producție al plantelor. Pentru realizarea acestui deziderat au fost necesare cercetări ample de fiziologie pentru obținerea de date concludente privind procesele fundamentale ale formării recoltelor la principalele culturi de câmp prin:

- studiul proceselor fiziologice și biochimice implicate în reacția plantelor la condiții de stres;
- studii privind creșterea și dezvoltarea plantelor, nutriția minerală, productivitatea;
- studii privind calitatea recoltelor;
- utilizarea modelelor matematice în agricultură;
- estimarea prin teledetecție a eficienței măsurilor agrotehnice aplicate.

În continuare vor fi prezentate sintetic principalele rezultate obținute în domeniile amintite.

**STUDIUL PROCESELOR FIZIOLOGICE ȘI BIOCHIMICE  
IMPLICATE ÎN REACȚIA PLANTELOR LA CONDIȚII DE STRES**

În contextul în care la nivel global se estimează o creștere anuală a populației cu 1,5%, ajungându-se la 11 miliarde de locuitori în anul 2050, înlăturarea tuturor cauzelor care duc la diminuarea recoltelor de cereale și plante tehnice este de o importanță vitală. Una din principale cauze care diminuează recoltele o reprezintă factorii de stres abiotic, care pot produce scăderi ale producției ce pot atinge uneori nivelul de 70% (Săulescu și colab., 1996).

O modalitate sigură pentru diminuarea acestor pierderi o reprezintă crearea de cultivare rezistente la factori de mediu nefavorabili. Cercetările de fiziologie au fost orientate în mare măsură pe linia sprijinirii activității de ameliorare prin studiul proceselor fiziologice și biochimice implicate în reacția plantelor la condiții de stres, elaborarea de metode și criterii de selecție cu eficiență sporită în identificarea diferențelor de ordin genetic, în vederea îmbunătățirii rezistenței la temperaturi scăzute, arșiță, secetă, exces de umiditate, salinitate și aciditatea solului.

### **Rezistența la temperaturi scăzute**

Cercetările efectuate în acest domeniu au avut în vedere pe lângă elucidarea unor probleme de natură teoretică, menite să îmbogățească cunoștințele privind mecanismele de apărare a plantelor față de temperaturile scăzute negative și preocuparea de a găsi noi metode de investigare, mai puțin costisitoare, rapide și eficiente, necesare caracterizării noilor genotipuri de cereale de toamnă din punctul de vedere al rezistenței la iernare. Astfel, în concordanță cu datele experimentale obținute pe plan mondial și folosind diferite metode de cercetare (directe și indirecte), a fost pus în evidență caracterul dinamic al capacității de rezistență la ger în cursul iernii, atât la soiurile de grâu, cât și la cele de orz, maximul acesteia instalându-se în funcție de condițiile naturale și de genotip în perioade diferite ale iernii (Milică și colab., 1967). Temperatura și durata de strălucire a soarelui din perioada călirii sunt decisive în acest sens, iar menținerea (păstrarea) gradului de rezistență este determinată de evoluția temperaturilor din perioada de iernare în relație cu constituția genetică a fiecărui genotip (Petcu, 1999).

Caracterizarea liniilor noi de grâu de toamnă privind rezistența la ger s-a făcut în comparație cu potențialul de rezistență al genitorilor și a evidențiat posibilitatea apariției liniilor transgresive și a dominanței dintre genitori (Milică și colab., 1969). A fost pusă în evidență capacitatea de rezistență mai mare la ger a frunzelor tinere decât a celor mai mature (Milică și Brad, 1963) și sensibilitatea mai mare a sistemului radicular față de tulpină (Milică și colab., 1963). Prin metode histo-cito-biochimice s-a evidențiat sensibilitatea mai mare a vârfului de creștere față de țesutul embrionar fundamental din zona coletului, care indică potențialul crescut de refacere a plantelor caracteristic acestei zone (Milică și colab., 1967; Juncu și Milică, 1969).

În scopul explicării mecanismelor de rezistență la ger s-au inițiat o serie de cercetări biochimice asupra dinamicii substanțelor hidrosolubile, aminoacizilor liberi (prolină), fitohormoni (acid abscizic), a proceselor enzimactice celulare (concentrația zaharurilor, a acidului ascorbic, activitatea catalazei, a peroxidazei etc.). Rezultatele obținute au evidențiat importanța metabolismului scăzut în timpul iernii la soiurile de grâu și orz rezistente la ger, ceea ce corespunde unei stări profunde de hibernare (Brad, 1963, 1966). S-a stabilit, de asemenea, importanța și rolul acumulării, mai ales în frunze, a metaboliților specifici (prolină) și fitohormonilor și relația directă cu gradul de rezistență la ger (Petcu și colab., 1993; Petcu, 1999). Genotipurile de grâu și orz rezistente la ger sintetizează mai rapid și în cantități mai mari prolină în timpul procesului de călire comparativ cu genotipurile sensibile, iar acidul abscizic are rolul de mediator în declanșarea proceselor metabolice care conduc la creșterea gradului de rezistență la ger a plantelor de grâu (Petcu și colab., 1996; Petcu, 1999). Studiul relațiilor dintre potențialul osmotic și conținutul în prolină, pe de o parte, și acumularea de substanță uscată în timpul procesului de călire a plantelor de grâu, pe de altă parte, a scos în evidență existența relațiilor negative dintre acești parametri: scăderea potențialului osmotic fiind benefică pentru creșterea rezistenței la ger a plantelor de grâu (Petcu, 1999).

Se crede că o altă cauză importantă a vătămărilor produse de ger este formarea radicalilor liberi de oxigen (ROS).

Plantele au enzime specifice, cunoscute ca enzime antioxidante, pentru anihilarea efectului negativ al ROS. Enzimele antioxidante din plante sunt catalaza (CAT), superoxiddismutaza (SOD), peroxidaza (POX), ascorbat peroxidaza (APX) glutatation S transferaza (GCT). Alături de efectul distructiv pe care îl produc radicalii liberi de oxigen în plante, se pare că aceștia au un rol critic și în semnalele de transducție. Având în vedere aceste considerente, este de o mare importanță menținerea unui echilibru între radicalii liberi formați (ROS) și cei înlăturați/anihilați.

Se consideră că plantele rezistente la stresul oxidativ, generat de radicalii liberi de oxigen, sunt rezistente și la ger, secetă și salinitate. În acest sens, pentru stabilirea răspunsului la stresul oxidativ s-au analizat atât soiuri și linii avansate de grâu, cât și de triticale de toamnă. Stresul oxidativ a fost indus prin tratamente la plantule în vârstă de 10 zile la nivelul frunzei primare, cu Paraquat (Gramoxone) în concentrație de  $4 \times 10^{-4}$  M. Prealabil tratamentul cu Paraquat plantele au fost călite natural în condiții de casă de vegetație. Rezultatele obținute au arătat că vătămările produse de tratamentul cu Paraquat au fost similare cu cele produse de expunerea plantelor la ger, iar genotipurile rezistente la ger au fost rezistente și la stresul oxidativ.

Studii efectuate pe genotipuri de grâu izogene pentru genele de vernalizare au arătat o activitate mai intensă a enzimei peroxidaza la genotipurile rezistente la ger, ceea ce sugerează că genele de vernalizare (*Vrn*) dominante sunt implicate mai puțin în acest proces datorită relației semnificative dintre necesarul de vernalizare și rezistența la ger a genotipurilor studiate, iar alela *vrn3* are efect pozitiv în conferirea rezistenței la ger. Genotipurile posesoare de *vrn3* sunt mai rezistente la ger comparativ cu genotipurile posesoare de *vrn1* recesive, ceea ce sugerează că gena *vrn1* poate avea o acțiune pleiotropică afectând atât asupra tipului de creștere, cât și a toleranței la temperaturi scăzute la grâu (P e t c u și colab., 1997 a).

Scăderea temperaturilor sub 0°C conduce în cele mai multe cazuri la înghețarea extracelulară. Membrana plasmatică formează o barieră împotriva cristalelor crescânde de gheață, determinând mișcarea apei în afara celulei, datorită potențialului chimic mai scăzut al gheții în comparație cu cel al apei. Stresul generat de această deshidratare celulară indusă de îngheț este foarte sever și celulele plantelor vor pierde cea mai mare parte a apei active din punct de vedere osmotic. Prin urmare, toleranța la îngheț trebuie să includă toletanța la deshidratarea severă indusă de îngheț. Membrana plasmatică este recunoscută ca situl primar al vătămărilor prin îngheț, astfel încât metoda de măsurare a vătămării acesteia a fost perfecționată în vederea identificării rapide a genotipurilor de grâu cu stabilitate ridicată a membranelor plasmactice la temperaturi scăzute (P e t c u, 1999; P e t c u și colab., 1997 b).

Se poate afirma că la ora actuală potențialul de rezistență la ger a liniilor și soiurilor de grâu și triticale nou-create se încadrează în limitele de rezistență admise pentru condițiile din țara noastră, cu atât mai mult cu cât datorită schimbărilor climatice s-a impus o abordare mai complexă legată de rezistența la temperaturi scăzute, respectiv, studierea efectul temperaturilor scăzute survenite în

timpul meiozei asupra genotipurilor de grâu în vederea eliminării formelor sensibile la înghețurile târzii de primăvară. Astfel, s-a evidențiat efectului negativ al temperaturilor scăzute asupra viabilității polenului și a reducerii numărului de boabe în spic și s-au elaborat metode de screening pentru identificarea rapidă a genotipurilor cu stabilitate ridicată la temperaturi scăzute în această fază (Petcu, date nepublicate, proiect RELANSIN 1074, raport tehnic - faza 7/2003).

În colaborare cu Laboratorul de Ameliorarea și agrotehnica plantelor furajere s-au efectuat studii privind rezistența la temperaturi scăzute a lucernei și a raigrasului aristat. Astfel, experiențele executate în fitotron, în camere cu temperaturi joase (-18, -24°C), s-a stabilit că raigrasul aristat și lucerna semănate la sfârșitul verii – începutul toamnei (în tehnologia clasică aceste specii se seamănă primăvara) au avut o bună rezistență la ger. Rezultatele acestor experiențe au sprijinit promovarea noii tehnologii de cultivare a raigrasului aristat și a lucernei (Moga și colab., 1980).

În domeniul tehnicii de determinare a rezistenței la temperaturi scăzute a raigrasului aristat s-a stabilit în condiții de câmp și fitotron că diferențierea soiurilor se face cel mai bine când plantele sunt în vârstă de 2-4 săptămâni (Șerbănescu și colab., 1978).

Temperaturile scăzute care survin în zonele de cultivare a inului de fibră au impus punerea la punct a unei metode de caracterizare a materialului de ameliorare a inului din punctul de vedere al rezistenței la înghețul de primăvară (Velicoglu și colab., 1984; Doucet și colab., 1985).

Unele plante de cultură nu sunt tolerante la temperaturi scăzute pozitive care survin primăvara, în anumite zone, sau chiar în timpul verii. Legat de aceste considerente s-a studiat comportarea plantelor de porumb la temperaturi scăzute, urmărindu-se ritmul de absorbție a apei în procesul de inhibare a semințelor, stabilirea pragului minim de germinație, rezistența la putrezire a boabelor, ritmul de creștere, perioada de maximă sensibilitate (Milică și Juncu, 1966, 1969).

Cercetări recente privind capacitatea de germinare la temperaturile scăzute de până la 3°C evidențiază, din acest punct de vedere, o serie de hibridi de porumb rezistenți, printre care: F 308, F 315, F 320, F 378, F 380, F 412, F 420.

Manifestarea fenomenului de șistăvire a porumbului, fenomen întâlnit frecvent în unele zone din țara noastră, a impus abordarea unor studii ample în scopul stabilirii cauzelor declanșării fenomenului și a măsurilor corespunzătoare de prevenire și combatere. Rezultatele acestor studii (Mureșan și colab., 1967; Juncu, 1970) au evidențiat faptul că oscilațiile termice mari de la zi la noapte determină importante dereglări în creșterea și dezvoltarea plantelor, având îndeosebi o acțiune negativă asupra organelor generative bărbătești – atunci când survin înaintea fecundării și declanșează fenomenul de șistăvire, dereglând procesele de formare și umplere a bobului, atunci când acțiunea oscilațiilor de temperatură se manifestă după fecundare. Cunoașterea acestor efecte este importantă pentru luarea unor măsuri de prevenire.

### **Rezistența la arșiță (stres termic) și secetă (stres hidric)**

Deși climatul României este caracterizat în general ca fiind „moderat continental”, în ultimii ani au avut loc variații extrem de mari, atât ale cantității totale

a precipitațiilor de la un an la altul, cât și ale distribuției acestora pe parcursul anului, ceea ce determină deficite hidrice (asociate cu arșiță), frecvente în timpul vegetației culturilor agricole, în aproape toate zonele țării.

Cercetările efectuate la cerealele păioase au relevat că lipsa apei în sol își manifestă deosebit de puternic acțiunea stresantă asupra plantelor aflate în faza de formare a paiului. Efectele negative ale secetei în această perioadă sunt ireversibile și se manifestă atât asupra fotosintezei și proceselor de creștere, cât și asupra diferențierii și formării organelor generative, ducând la reducerea semnificativă a producției de boabe și paie (Miliică și Juncu, 1968, 1969; Miliică și colab., 1970; Balotă, 1997). S-a stabilit că formele cu o mai bună rezistență la secetă se caracterizează printr-o viteză de deshidratare a frunzelor mai mică, printr-un procent ridicat de clorofilă, acid ascorbic, zahăr total și reducător, substanță uscată, apă legată (Pârjol și colab., 1970; Hurduc și colab., 1978), deteriorare redusă a aparatului fotosintetic și a membranei tilacoidale (Balotă și colab., 1997; Balotă, 1999), transpirație cuticulară redusă (Petcu, 2005).

În studiile efectuate de Balotă (1997) se arată că:

► În faze timpurii de vegetație, aparatul fotosintetic la grâu este puțin afectat de condițiile moderate de secetă, atunci când rezervele de apă din sol, deși reduse, permit declanșarea mecanismelor de adaptare și evitare a deshidratării țesuturilor. În aceste condiții atât soiurile rezistente, cât și cele sensibile se pot adapta prin reglarea mărimii sink-ului în funcție de mărimea sursei.

► În condiții severe de secetă însă funcția fotosintetică se diminuează semnificativ, în cea mai mare măsură prin deteriorarea aparatului fotosintetic și a membranei tilacoidale. S-a apreciat, de asemenea, faptul că doar în condiții accentuate de deshidratare a solului și plantei se pot evidenția reacții diferențiate ale soiurilor de grâu, rezistente și nerezistente la secetă prin adaptarea funcției fotosintetice la aceste condiții.

► În faze timpurii de vegetație, temperatura ridicată constituie un factor de stres mai puternic decât lipsa apei, cu efect direct și imediat asupra aparatului fotosintetic. Arșița acționează prin degradarea clorofilelor din antena de clorofilă, în special a clorofilei „a” și fotoinhibarea aparatului asimilator. Reacția diferențiată a genotipurilor poate fi evidențiată în 24-48 de ore de expunere la 35°C.

► Toate modificările din membrana internă a cloroplastului, atât sub acțiunea secetei, cât și a temperaturilor ridicate pot fi evidențiate prin analize ale fluorescenței clorofilei în frunza primară.

► Indicatorii de fluorescență ai clorofilei, indicele de călire (Ap) calculat pe baza raportului Rfd 690/Rfd 735, cât și cel calculat pe baza raportului de fluorescență clorofilei Fv/Fm, determinați la plantule, s-au corelat cu reacția soiurilor în câmp în condiții naturale de secetă și arșiță, precum gradul de uscarea a aparatului foliar, biomasa la recoltare și producția de boabe. Pentru acest fapt autoarea recomandă folosirea celor doi indicatori de fluorescență ai clorofilei pentru selecția formelor rezistente în vederea ameliorării grâului comun la secetă și arșiță.

► Temperatura ridicată și stresul osmotic sunt factori de mediu nefavorabili ce produc leziuni majore ale plasmamembranei, efluxul ionilor din celule și moartea țesuturilor.

► Testul conductometric aplicat la plantule și plante mature a scos în evidență rolul stabilității plasmamembranei pentru creșterea plantei, formarea frăților fertili, umplerea boabelor pentru realizarea unei producții de boabe ridicate în condiții de stres hidric și termic. De aceea, se recomandă folosirea testului conductometric și stabilității membranei celulare pentru selecția liniilor de grâu rezistente la acest tip de stres.

Ca și în cazul stresului de îngheț, și în condiții de secetă, la nivel celular apar produsele de degradare oxidativă, care conduc la „stres oxidativ”. Stresul hidric și termic măresc producerea de  $H_2O_2$ . Experiențe privind studiul rezistenței la secetă a grâului arată inducerea la nivel celular a sistemelor enzimatiche de protecție împotriva stresului oxidativ.

Astfel, stresul oxidativ indus cu Paraquat a avut ca efect imediat, ușor cuantificabil, deshidratarea țesutului vegetal, ceea ce a permis exprimarea rezistenței la stresul oxidativ prin cuantificarea cantității de apă/gram de substanță uscată și prin pierderea de apă/gram de substanță uscată. Cei doi indici s-au corelat negativ, foarte semnificativ ( $r = 0,95^{***}$ ). Concentrația de polietilen glicol (PEG) de 15% și durata de două zile au fost considerate optime pentru inducerea proceselor adaptative.

Genotipurile studiate au răspuns diferențiat la tratamentul cu Paraquat. Dintre genotipurile de grâu de toamnă rezistente la stresul oxidativ și cu capacitate mare de adaptare se pot enumera soiurile: Dropped, Rapid, Admis, Bucur și Delabrad. Soiul de triticale Credit a fost mai rezistent decât soiurile Plai, Colina și Titan. Liniile de grâu durum DDD1-7 și DDD1-17, precum și soiurile Amadur și Alidur au arătat toleranță mai mare la stresul oxidativ indus cu Paraquat, comparativ cu soiurile mai vechi, Rodur și Pandur.

Ținând seama de ponderea mare pe care o are porumbul în ansamblul culturilor agricole din țara noastră și de pagubele înregistrate frecvent ca urmare a acțiunii secetei, numeroase cercetări au fost consacrate influenței secetei asupra acestei plante de cultură. Rezultatele experimentărilor au arătat că porumbul prezintă o sensibilitate maximă față de secetă începând cu faza de formare a organelor de reproducere și până după fecundare, în mod deosebit la formarea ovulului, a sacului embrionar și în macrosporogeneză (Mureșan și colab., 1971; Cosmin și colab., 1978). În funcție de rezistența lor la secetă, diferite genotipuri de porumb cultivate fie în câmp, fie în condiții controlate în casa de vegetație și fitotron se diferențiază între ele prin capacitatea de sinteză a glucidelor, prin intensitatea transpirației, valorile presiunii osmotice ale sucului celular, forța de suțiu (Cosmin și colab., 1978; Fabian și colab., 1981; Terbea și colab., 1996 a,b), acumulare de aminoacizi (Petcu și colab., 1996; Terbea și colab., 1996).

În funcție de natura hibridului, influența secetei se manifestă printr-o serie de modificări calitative la nivelul bobului, cum sunt modificările conținutului în azot total și în anumite fracții proteice (Hurd și colab., 1964, 1965).

De asemenea, s-au studiat diferențele genotipice existente în cadrul unui sortiment de hibridii și linii de porumb la efectul combinat al secetei și arșiței asupra unor însușiri fiziologice, prin utilizarea unui sistem experimental care a permis punerea în evidență a efectelor acestor factori la nivel de plantulă. Rezultatele obținute au arătat că reducerea suprafeței foliare și înălțimii a fost

mai evidentă atunci când seceta și arșița au acționat concomitent asupra plantelor de porumb, în timp ce conținutul în clorofilă s-a redus progresiv odată cu creșterea duratei de acțiune a stresului termic (P e t c u și colab., 2001).

La fasole, soia și lucernă, s-au studiat efectele secetei asupra caracteristicilor morfofiziologice (P â r j o l și colab., 1968; P â r j o l, 1976), metabolismului aminoacizilor liberi (P e t c u și colab., 1996), eficienței transpirației (P e t c u și colab., 2005). De asemenea, s-au avut în vedere modificările calitative apărute în bobul de fasole, ca urmare a secetei manifestate în faza de înflorire și formare a păstăilor (P â r j o l, 1979).

La floarea-soarelui, experimentările privind modificările morfofiziologice ca urmare a stresului hidric (P â r j o l și colab., 1968, 1974) au arătat că reducerea accentuată a suprafeței asimilatoare însoțită de frânarea creșterii sistemului radicular determină scăderea substanțială a producției de semințe. Hibrizii Felix și Select au prezentat o mai bună rezistență la secetă în comparație cu alți hibridi aflați în cultură (Ț e r b e a, 1976). Concomitent cu reducerea suprafeței foliare a scăzut și numărul de frunze. Acest răspuns poate fi considerat ca o reacție obișnuită a plantelor de floarea-soarelui în vederea limitării consumului de apă în condiții de secetă (P e t c u și colab., 2001). Limitarea consumului de apă se poate face și prin reducerea transpirației frunzelor. Astfel, în condiții de stres, transpirația cuticulară a frunzelor detașate a fost în funcție de genotip, dar și de vârsta plantelor. Hibridul Favorit a avut o transpirație cuticulară sub 0,5 g de apă/g s.u. la cinci ore de la excizare, comparativ cu hibridul Splendor care a pierdut o cantitate dublă de apă în aceleași condiții (P e t c u și colab., 2001).

Cunoscându-se rolul esențial al rădăcinii în perceperea secetei, studiile efectuate la floarea-soarelui au arătat că reducerea conținutului solului în apă de la 70% la 40% a avut ca efect scăderea volumului sistemului radicular. Astfel, cu excepția hibridului Alex, toți ceilalți hibridi studiați au înregistrat scăderi semnificative ale volumului sistemului radicular. Aceasta poate fi în legătură cu activitatea fotosintetică ridicată a hibridului Alex atât în condiții normale, cât și de secetă (P e t c u și colab., 2001; A r s i n t e s c u și colab., 2001).

La floarea-soarelui, în experiențele efectuate de Ț e r b e a și colaboratorii (1994) la plantele stresate în soluție de 30% PEG 8000, după o călire prealabilă cu 15% PEG 8000, s-a evidențiat o variație genetică însemnată a conținutului de prolină. Comparativ cu media experienței, hibrizii Favorit, Ro-1842 și Select au avut un conținut de prolină mai mare, cuprins între 165 și 105  $\mu\text{M/g}$  s.p, pe când hibrizii Decor, Ro 2160 și Ro 2158 au avut valori semnificativ mai mici, de 62-78  $\mu\text{M/g}$  s.p. Conținutul de prolină s-a corelat foarte semnificativ negativ cu stabilitatea membranelor plasmactice, semnificativ negativ cu indicele de susceptibilitate la secetă și pozitiv (dar neasigurat statistic) cu producția (Ț e r b e a și colab., 1994; P e t c u și colab., 1997), ceea ce sugerează că corelația între acumularea de prolină și rezistența la secetă, estimată pe baza producției în condiții de stres, este dificil de stabilit, datorită unui număr de trepte de intervenție biochimice, fiziologice și de diferențiere. Acumularea de prolină poate avea un avantaj pe termen scurt la nivel celular, dar pare să nu fie un criteriu unic de selecție, utilizabil practic.

De altfel, referitor la caracterele fiziologice cele mai eficiente/pretabile pentru screening-ul rezistenței la secetă, Ț e r b e a și colab. (1996) arată că rezisten-

ța la secetă este un fenomen complex și necesită investigații pe multiple planuri, propunând în acest sens patru indicatori fiziologici (transpirație cuticulară, conținut în prolină, rezistența electrică a frunzelor și stabilitatea membranei plasmatică) care se completează reciproc și evidențiază mecanisme de rezistență diferite.

Studiile legate de toleranța la temperaturi ridicate (arșiță) au arătat asocierea cu componenții celulari care, la rândul lor, sunt intim legați de membranele celulare. Vătămarea membranei plasmatică de către arșiță poate fi estimată prin măsurarea conductometrică a scurgerii electroliților din celule. Efectul genotipului asupra termostabilității membranelor la tratament termic (51°C) la unele genotipuri de floarea-soarelui a fost pus în evidență de Balotă (1994), iar Terbea și colaboratorii (1995) au arătat că, în anul 1993, unul din cei mai secetoși ani din ultima decadă, vătămarea relativă a membranei a fost corelată negativ cu producția de semințe, în cultură neirigată ( $r = -0,80^*$ ).

În contextul în care pe plan mondial un obiectiv major în ameliorarea florii-soarelui îl constituie stabilitatea în condiții de stres a conținutului și compoziției de acizi s-au efectuat analize privind modificările induse de secetă asupra compoziției acizilor grași din semințele de floarea-soarelui (Petcu și colab., 2001). Este de remarcat, de asemenea, contribuția fiziologiei în evidențierea de genotipuri de floarea-soarelui cu conținut ridicat de acid oleic, care au fost folosite ulterior în obținerea de hibrizi cu conținut ridicat de acid oleic („high oleic”) (G. Zglimbea, dare de seamă, 1997, date nepublicate).

Studii privind implicațiile acidului abscisic (ABA) și glutatonei reductazei asupra rezistenței la secetă a plantelor au fost efectuate de Zglimbea (1996-1997) în colaborare cu Institutul de Nutriția Plantelor și Știința Solului din Braunschweig, Germania. Cercetările au fost făcute pe suspensii celulare de morcov și soia, pentru a se înlătura influența numărului mare de factori (densitatea plantelor, poziția frunzelor, lumina etc.) care influențează conținutul ABA și glutatonei reductazei. Rezultatele au arătat că în ciuda diferențelor dintre specii privind conținutul în ABA în condiții normale, nu există corelație între nivelul ABA și toleranța la secetă a acestora. Activitatea glutatonei reductazei (GR) crește în celulele de soia adaptate la secetă de aproape două ori comparativ cu activitatea celulelor din condiții normale. Conținutul total de glutatonei din diferitele plante în cele crescute în condiții de secetă și optime, dar nu a îmbunătățit adaptabilitatea la stres (Zglimbea și Harms, 1997).

În cadrul Colectivului de fiziologie s-au desfășurat cercetări privind efectele stresului hidric manifestat sub forma excesului de umiditate din sol la plante de grâu și orz de toamnă.

Începută prin punerea la punct a unei tehnici originale de experimentare, cercetarea s-a concretizat printr-o serie de rezultate cu valoare teoretică și practică (Juncu, 1983, 1985). Astfel, s-a evidențiat rolul negativ al unor factori care se suprapun excesului de umiditate, cum sunt: temperatura ridicată a aerului și a apei care stagnează la suprafața solului, oscilațiile de temperatură, luminozitatea scăzută, gradul necorespunzător de călire a plantelor în toamnă.

### **Rezistența la salinitate, aciditate, cădere și boli**

Multe zone ale globului sunt afectate de salinitate, estimându-se totodată că o treime din terenurile irigate sunt în prezent afectate de salinitate. La aceasta se



adaugă zonele aride sau de deșert (care reprezintă 25% din suprafața terestră a planetei).

Lucerna fiind o plantă sensibilă la salinitate, necesitatea producerii de genotipuri de lucernă tolerante este o provocare pentru orice ameliorator. Aceasta cu atât mai mult cu cât eforturile făcute în vederea îmbunătățirii performanțelor în condiții de stres salin nu au fost prea mult fructificate. Unul din principalele motive fiind acela că mecanismele fundamentale ale toleranței la acest stres nu sunt complet înțelese. Înțelegerea mecanismelor de rezistență/toleranță la salinitate prezintă importanță, atât în cazul plantelor ameliorate, cât și al celor sălbatice, care cel mai adesea oferă o mai mare amplitudine a toleranței la acest tip de stres.

Rezultatele obținute de P e t c u și colaboratorii (2006) au evidențiat efectul pozitiv al diferitelor concentrații de sare asupra creșterii în lungime atât la genotipurile de lucernă studiate, cât și la populația A 17 de *Medicago truncatula*, în funcție de gradul de rezistență. La *Medicago truncatula* diferențele față de martor au fost de 159%, în timp ce la linia L 72071 de *Medicago sativa* (rezistență la salinitate) diferența față de martor a fost de numai 13% atât la tratamentul de 300 mM NaCl/l, cât și la 150 mM NaCl /l.

Salinitatea interferă cu sinteza proteinelor, fenomen evidențiat de inhibarea încorporării aminoacizilor în proteine. Această inhibiție este marcată de o creștere a concentrației aminoacizilor liberi, în special prolină, fenomen evidențiat și prin rezultatele obținute de noi. Conținutul în prolină a fost relativ redus la toate genotipurile studiate în condiții optime de creștere (1,7-5,4 mg prolină/g s.p.) și foarte ridicat la concentrația maximă de sare (156-441 mg prolină/g s.p.) (P e t c u și colab., 2006).

Dintre problemele cultivatorilor de floarea-soarelui și lucernă, un loc important îl ocupă și cele legate de efectele negative ale ionilor de aluminiu din sol, deoarece suprafețe mari cu soluri acide sunt răspândite pe fiecare continent, iar cele două plante sunt sensibile la aceste condiții. În țara noastră solurile acide au o pondere destul de mare, respectiv 3.700.000 ha (D a v i d e s c u, 1969, citat după S a n d u, 1994). Cercetările de fiziologie întreprinse în acest domeniu au vizat determinarea gradului de toleranță a genotipurilor românești de floarea-soarelui (S a n d u, 1994; A r s i n t e s c u și colab., 2001), de porumb (P e t c u și colab., 2002) și lucerna (P e t c u și colab., 2004) la toxicitatea indusă de ionii de aluminiu, stabilirea protocolului de lucru și a criteriilor de selecție a genotipurilor, pe de o parte, dar și elucidarea unor mecanisme de rezistență la acest factor, pe de altă parte.

Pentru aprecierea nivelului de toleranță a hibrizilor și liniilor de floarea-soarelui, S a n d u (1994) a aplicat metoda de testare în fază de plantulă prin aprecierea creșterii rădăcinii la plântuțe cultivate pe soluții nutritive cu concentrații diferite de  $Al^{3+}$ . Mai mult de 50% din genotipurile studiate au fost extrem de sensibile, unele realizând creșteri mari (între 1,5-4 cm), numai la concentrația de 2 ppm  $Al^{3+}$ , peste acest nivel lungimea rădăcinii nedepășind 1 cm. Dintre genotipurile testate, nivelul de toleranță cel mai ridicat l-au avut hibridul Turbo și linia CA-90-393B (S a n d u, 1994).

Experiențele efectuate de S a n d u și colaboratori (1994), în vederea evidențierii unor aspecte ale fiziologiei florii-soarelui, cultivată pe două tipuri de sol, în care stresul hidric și de aluminiu au acționat separat sau combinat, au stabilit că:

► genotipurile de floarea-soarelui posedă un spectru larg în privința rezistenței la secetă, dar sunt relativ asemănătoare privind toleranța la conținut ridicat de ioni de aluminiu;

► stresul hidric a redus acumularea de biomasă cu 42%, stresul de Al cu 60% și cu 75% când cei doi factori au acționat împreună;

► conținutul ridicat de Al din sol acid a afectat într-o proporție mai mare sistemul radicular decât cel aerian, determinând micșorarea greutateii și volumului rădăcinilor, dar și o înrădăcinare superficială și o creștere a susceptibilității la secetă a florii-soarelui.

La porumb, reducerea evidentă a acumulării de biomasă a sistemului radicular comparativ cu partea aeriană sugerează că și la această plantă prima reacție de răspuns la aciditatea solului este inhibarea creșterii rădăcinilor. Reducerea suprafeței foliare și a conținutului de clorofilă manifestându-se progresiv odată cu vârsta plantelor și apariția perturbărilor de nutriție (simptome similare celor produse de carența de fosfor indicând tocmai inhibarea absorbției și utilizării fosforului în prezența aluminiului). Din rezultatele obținute s-a putut estima că efectul benefic al aplicării amendamentelor se poate datora nu unei mai bune dezvoltării a sistemului radicular, ci creșterii concentrației de fosfor mobil, ca urmare a neutralizării acidității solului (Petcu și colab., 2002).

Creșterea concentrației de aluminiu concomitent cu creșterea timpului de acțiune a acestui factor de stres a determinat o scădere a ratei relative de creștere a sistemului radicular la hibridii de floarea-soarelui studiați (Arsintescu și colab., 2001). Exudarea de acid citric este un răspuns specific al plantelor de floarea-soarelui la stresul acid (Arsintescu și colab., 2001)

Răspunsul plantelor de lucernă la aciditatea solului a fost inhibarea creșterii rădăcinii principale, ceea ce a condus la modificări evidente ale fotosintezei, dar și la intensificarea activității enzimei peroxidaza. Rezultatele preliminare obținute arată că există variabilitate genetică în privința toleranței genotipurilor de lucernă la aciditatea solului, ceea ce oferă posibilitatea realizării de progrese în ameliorarea pentru acest caracter, iar dintre mecanismele de toleranță la aluminiu s-a estimat că lucerna posedă mecanisme de detoxifiere internă concretizate prin creșterea activității peroxidazei, enzimă care îndeplinește rolul de gunoier al celulelor (Petcu și colab., 2004).

Au existat și unele preocupări legate de rezistența la cădere a cerealelor de toamnă, cercetările efectuate în această direcție urmărind înainte de toate găsirea unei modalități de caracterizare a diferitelor grade de rezistență. Prin monitorizarea diferitelor caractere morfoanatomice s-a elaborat un sistem de calcul care permite caracterizarea însușirii de rezistență la cădere a diferitelor specii de cereale de toamnă (Milică, 1967; Milică și colab., 1967; 1970). Autorii acestei metode au folosit-o apoi cu succes pentru caracterizarea rezistenței la cădere a numeroaselor soiuri și linii de grâu și orz (Milică și colab., 1965, 1966). Introducerea în cultură a soiurilor cu talie scurtă, indusă de prezența genelor *Rht1* sau *Rht8*, a făcut ca această problemă să nu mai fie de actualitate.

A mai fost abordat, în sfârșit, și un domeniu mai puțin cunoscut din punct de vedere fiziologic, și anume, rezistența la boli. Prin cercetările efectuate la porumb (Terbea, 1971, 1972; Brad și colab., 1974; Mureșan și colab., 1975), s-a constatat că formele rezistente la fuzarioză sunt capabile să sintetize-

ze și să acumuleze în țesuturile lor DIMBOA și s-a admis că această substanță este de fapt responsabilă pentru rezistența la fuzarioză; formele rezistente la această boală s-au dovedit totodată rezistente și la atacul sfredelitorului porumbului (*Ostrinia nubilalis*). Liniile de porumb capabile să sintetizeze acid benzohidroxamic (DIMBOA) au fost utilizate și în lucrările de ameliorare a porumbului (Căbulea și colab., 1977).

Ulterior, în colaborare cu specialiști din Braunschweig, Germania, s-a căutat să se identifice produșii metabolici care asigură unor forme de grâu rezistență la rugini. S-a constatat că în această privință un rol important au unii produși fenolici ca acidul ferulic și cel cumaric (Țerbea și colab., 1981).

Cercetările actuale în acest domeniu (desfășurate în cadrul proiectului CEEEX 74/2005) vizează stabilirea relațiilor dintre rezistența la fuzarioză și activitatea unor enzime oxidative (Elena Petcu, date nepublicate).

Se preconizează intensificarea studiilor privind rezistența florii-soarelui la stresul hidric, termic și la infestarea cu lupoaie (*Orobanche cumana*) datorită datelor climatice care relevă o încălzire a atmosferei și o reducere a cantității de precipitații.

#### STUDII PRIVIND CREȘTEREA ȘI DEZVOLTAREA PLANTELOR, NUTRIȚIA MINERALĂ, PRODUCTIVITATEA

##### Creștere și dezvoltare

Dezvoltarea impetuoasă a culturilor irigate din țara noastră a impus cercetarea prealabilă a reacțiilor specifice ale soiurilor, hibrizilor și liniilor de perspectivă față de regimul de apă și de procedeele agrotehnice corespunzătoare. Studiul particularităților fiziologice în dinamică, legate de caracterele plantelor și de evoluția condițiilor naturale sau de cultivare, s-a efectuat la grâu, orz, floarea-soarelui, fasole, soia, porumb, lucernă și plante furajere perene.

Cercetările efectuate în cadrul Colectivului de Fiziologie vegetală au urmărit stabilirea efectului măsurilor agrotehnice asupra însușirii morfologice, fiziologice și biochimice în decursul vegetației la diferite soiuri de grâu de toamnă în condiții de irigare (Pârjol și colab., 1969, 1971). Prin studiile efectuate în dinamică la grâul irigat și neirigat asupra modificărilor morfologice a ritmului de creștere și dezvoltare și asupra unor indici fiziologici și biochimici care caracterizează mersul proceselor metabolice, s-au adus noi contribuții privind cunoașterea în ontogenie a mersului activității vitale la grâu și s-au explicat deosebiri specifice dintre soiuri în ceea ce privește potențialul biologic (Pârjol și colab., 1968, 1969, 1970).

Rezultatele au arătat că ritmul de creștere a plantelor, capacitatea de înfrățire și etapele de organogeneză sunt indicii care sunt în strânsă dependență de factorii de mediu, îndeosebi de temperatură și umiditate. Fiecare soi are însă o durată de organogeneză specifică biologiei sale.

Fiecare dintre indicii fiziologici și biochimici (conținutul în pigmenți clorofilieni, activitatea catalazei, conținutul în acid ascorbic, intensitatea fotosintezei, respirației, numărul și gradul de deschidere al stomatelor, concentrația și aciditatea sucului celular, procentul de apă totală, liberă și legată și procentul de sub-

stanță uscată) are un mers specific în cursul perioadei de vegetație în funcție de caracteristicile activității vitale și de evoluția condițiilor meteorologice.

Rezultatele au arătat că soiurile rezistente la ger și productive sunt acelea care se evidențiază printr-un ritm intens de creștere și dezvoltare în tot cursul vegetației, fapte ce au pledat pentru promovarea și extinderea în producție a soiurilor de grâu care au avut însușirile amintite.

Una dintre preocupările importante a fost aceea de a constata acțiunea condițiilor termice naturale asupra proceselor de creștere și dezvoltare a hibrizilor începând cu răsărirea până la faza de coacere (Juncu, 1969; Milică, 1965, 1969; 1975).

În vederea caracterizării particularităților soiurilor și liniilor de fasole, omologate și de perspectivă, în țara noastră, s-a efectuat un studiu complex anatomic-morfologic, fiziologic și biochimic al materialului cultivat în condiții experimentale de câmp (Pârjoi, 1967, 1969). S-au efectuat observații asupra formării organelor vegetative și generative, analiza recoltei și determinări asupra conținutului de clorofilă și acid ascorbic, asupra activității catalazei, intensității transpirației, numărului de stomate și a deschiderii acestora, concentrației sucului celular, procentului de substanță uscată și rezistenței la arșiță. Indicii morfologici, fiziologici și biochimici studiați au permis explicarea complexității proceselor metabolice care au loc în plantă în funcție de specificul de soi, de mersul factorilor climatici și de umiditatea din sol (Pârjoi, 1973).

La lucernă s-au întreprins cercetări pentru stabilirea proceselor metabolice din diferitele organe ale plantei în funcție de evoluția condițiilor meteorologice cu scopul utilizării acestora în lucrările de ameliorare (Pârjoi și colab., 1967). S-au adus contribuții noi privind metabolismul lucernei în perioada de vară în vederea cunoașterii fenomenului diminuării producției cu fiecare coasă, ca și o caracterizare morfofiziologică a materialului pentru crearea de soiuri sintetice (Pârjoi și colab., 1969), precum și date noi în privința producerii de masă verde și uscată la lucernă (Pârjoi și colab., 1970).

În vederea unei eventuale măriti a masei vegetative și a îmbunătățirii calității acesteia s-a urmărit acțiunea giberelei asupra morfologiei, fiziologiei și biochimiei plantelor de porumb pentru siloz. Rezultatele au arătat că eficacitatea tratamentului cu giberelelină depinde de durata de administrare și de faza de vegetație în care se află planta în perioada tratamentului (Hurduc și colab., 1964, 1966, 1967, 1969, 1970). După întreruperea tratamentului, efectul giberelei scade treptat în cazul când a fost de scurtă durată și se menține până la recoltă în cazul tratamentului prelungit. Cu scopul creșterii conținutului de triptofan în semințele plantelor de porumb s-au efectuat tratamente cu indol și CCC – care au provocat unele modificări în metabolismul plantelor și au adus îmbunătățiri în calitatea producției (Brad și colab., 1970).

În perioada 1977-1981, dar și în perioada 1995-1999, s-a urmărit influența unor substanțe reglatoare de creștere, la fasole, soia, floarea-soarelui, porumb și bumbac. Aplicarea substanțelor s-a efectuat în doze și momente diferite în cursul perioadei de vegetație. Rezultatele au arătat că substanțele testate au influențat pozitiv procesele de germinare a semințelor, de creștere și dezvoltare și productivitatea plantelor (Hurduc și colab., 1982). Efectul unor fitohormoni (Krossing și Paiax) asupra creșterii plantelor s-a realizat prin reducerea efectului

stresului hidric și stimulare a metabolismului plantelor (Țerbea și Petcu, 1995, 1996; Petcu și Țerbea, 1998, 1999, rezultate nepublicate).

Deși floarea-soarelui a fost inclusă în grupa plantelor neutre, au fost găsite și forme de zi lungă sau scurtă. A fost studiat efectul fotoperioadei de 9, 12 și 15 ore asupra inducției florale prin examinarea meristemului apical la două linii ameliorate de floarea-soarelui (S andu, 1994; S andu și colab., 1994). Rezultatele au evidențiat răspunsul diferit la lungimea zilei, linia LC-1400 fiind de zi lungă, în timp ce linia LC-1004 având un răspuns de zi scurtă. Lungimea zilei a influențat înflorirea prin timpul de inițiere a primordiilor inflorescenței și mai puțin prin dezvoltarea acesteia. Aceste rezultate arată că prin autofecundare și selecție se pot obține linii homogene, cu reacție la lungimea zilei diferită, astfel încât se pot crea hibridi F1 cu fotoperioade diferite, inclusiv hibridi cu reacție neutră, care se pot adapta ușor la condiții ecologice foarte diferite.

### Nutriția minerală

Cercetările de fiziologie în domeniul nutriției minerale la plantele de cultură reflectă în dinamică o întrepătrundere cu preocupările și strădaniile agrofitehnicienilor și amelioratorilor pentru obținerea unor producții cantitativ și calitativ superioare.

Prin cercetările efectuate a fost pusă la punct o metodă „expres” de analiza sucului celular, care a fost apoi utilizată la stabilirea diagnosticului nutriției plantelor (Petrescu și colab., 1966).

De asemenea, au fost stabilite corelații între compoziția chimică, unele procese fiziologice (activitatea catalazei și a fosfatazei, intensitatea respirației) și recoltă (Horovitz și colab., 1962).

Din cercetările efectuate a reieșit că nutriția minerală a plantelor nu poate fi diagnosticată după un singur indice. Stabilirea gradului optim de aprovizionare a plantelor cu elemente nutritive trebuia făcută în condițiile unui raport, de asemenea, optim dintre concentrația elementelor minerale necesare plantelor (Petrescu și colab., 1964, 1966). S-a indicat determinarea raportului cantitativ dintre elementele din plante și corelarea lui cu producția finală (Petrescu și colab., 1969). Pe baza particularităților biologice ale principalelor plante de cultură au fost, de asemenea, stabilite soluțiile nutritive adecvate (Horovitz, 1962).

Cercetările efectuate în regim irigat, privind relațiile dintre indicii fiziologici ai regimului de apă al plantelor, recoltă și umiditatea solului au scos în evidență oportunitatea folosirii cu precădere a concentrației sucului celular și a activității stomatelor în stabilirea unui regim de irigare dirijat (Păduraru și colab., 1967, 1969).

Pe baza cercetărilor stabilite între regimul de apă al plantelor și indicii fiziologici studiați a fost construit un porometru care s-a utilizat în cercetările privind fiziologia regimului de apă la porumb, sfeclă și alte plante de cultură (Păduraru și colab., 1969).

Determinarea variației indicilor fiziologici, ca efect al aplicării diferitelor sisteme de fertilizare sau de regim hidric, a scos în evidență caracterul dinamic al acestor indici, corespunzători fazelor de creștere și dezvoltare. S-a remarcat, la toate plantele studiate, o tendință generală de creștere a activității indicilor fi-

ziologici, pe măsura parcurgerii diferitelor faze de vegetație, ca o consecință a creșterii și dezvoltării plantelor, a absorbției apei și sărurilor minerale, a proceselor biochimice de sinteză și hidroliză a substanțelor organice (Milică și colab., 1968; Hurduc și colab., 1969; Pârjol și colab., 1980). Pe acest fond se profilează influența specifică exercitată de dirijarea regimului hidric și de nutriție, precum și reacția specifică a diferitelor plante de cultură și a soiurilor create.

S-au remarcat astfel deosebiri esențiale din punctul de vedere al regimului hidric și de nutriție, determinat de însușirile biologice de specie (Păduraru și colab., 1969).

Analiza indicilor fiziologici în funcție de regimul de fertilizare a arătat că îngrășămintele minerale, în funcție de elementele aplicate și a raportului dintre ele, exercită o puternică influență asupra indicilor fiziologici.

Conținutul de clorofilă crește odată cu mărirea dozelor de azot, diferențele față de martor fiind foarte semnificative (Milică și colab., 1963).

Suprafața foliară și acumularea substanței uscate sunt favorizate de aplicarea îngrășămintelor în raporturi echilibrate și în special de îngrășămintele cu azot. S-a evidențiat o creștere a suprafeței foliare față de martor la porumb (Hurduc și colab., 1966), la fasolea irigată și floarea-soarelui (Pârjol și colab., 1980).

La porumb s-a constatat o proporționalitate evidentă între recoltă și mărirea suprafeței foliare în fazele de înflorire și de formare a bobului (Hurduc și colab., 1966).

Modificări esențiale în procesele de creștere și dezvoltare, care au dus la o bună acumulare de fitomasă și la o recoltă de boabe apreciată s-a obținut sub influența îngrășămintelor minerale, în doze optime la grâul de toamnă (Pârjol și colab., 1968; 1969; 1971; 1973; 1976; 1979; 1982). La *Dactylis glomerata* și la *Lolium multiflorum*, sub influența îngrășămintelor, pe lângă o acumulare de fitomasă s-a înregistrat și o creștere a conținutului de proteină și de vitamină C (Pârjol și colab., 1976).

Aplicarea unilaterală a N și P a determinat o creștere a intensității respirației frunzelor la floarea-soarelui în perioada umplerii semințelor. Astfel, doza de 120 kg N/ha în condiții de irigare a dus la o dezvoltare luxuriantă a masei vegetative, care, asociată cu o fotorespirație intensă, a fost nefavorabilă pentru umplerea semințelor și, ca atare, pentru realizarea sporurilor de producție scontate (Alexandrina Voinescu și Maria Țerbea – date nepublicate).

Studiul sistemului radicular a evidențiat o influență pozitivă a azotului asupra suprafeței totale, dar mai ales a celei active la soiurile de grâu analizate (Horovitz și colab., 1969; Hurduc și colab., 1969). O stimulare a dezvoltării suprafeței radiculare totale și active s-a constatat și în cazul plantelor de floarea-soarelui la aplicarea dozelor de azot (Țerbea și colab., 1976, 1979).

În cazul unei carențe sau a unui exces într-un element mineral apar modificări fiziologice însemnate. Astfel, la floarea-soarelui carența fosforului a provocat o activitate fosfatazică simțitor mărită față de cea a plantelor de control (Horovitz, 1962). Sub influența carenței magneziului s-a constatat tot la floarea-soarelui o micșorare accentuată a conținutului de pigmenți clorofilieni, a intensității fotosintezei și a producției de sămânță (Alexandrina Voinescu, date nepublicate).

La porumb, insuficiența potasiului a frânat creșterea și dezvoltarea, iar insuficiența azotului și fosforului în perioada de înflorire a frânat procesul de formare și umplere a boabelor (Hurd, 1973).

În cazul unui exces de azot apare frecvent pericolul de cădere a cerealelor păioase (Milić și colab., 1969).

S-au recomandat dozele optime de îngrășare, diferențiate pe genotipuri. La sfecla de zahăr, supraîngrășarea unilaterală cu azot a determinat creșterea conținutului de azot dăunător din rădăcini (Milić și colab., 1963), iar în cazul unui exces de potasiu la aceeași specie, s-a constatat un efect toxic asupra cloroplastelor (Milić și colab., 1963).

Pe măsura evoluției cercetărilor din agricultură Colectivul de fiziologie a abordat și unele aspecte legate de interacțiunile: fertilizare – erbicide, fertilizare – densitate – regim de apă, fertilizare – bacterizare și microelemente.

Experiențele cu soia în condiții de irigare, aplicare de îngrășăminte și bacterizare au arătat că cernoziomurile din țara noastră au o bună aprovizionare cu formele mobile de fosfor și potasiu (Lepădat și colab., 1981; Pârjol și colab., 1979).

Administrarea unor microelemente ca Mo, la soia (Pârjol și colab., 1979) și de Mo și Bo, la fasole (Pârjol, 1973) a avut ca rezultat intensificarea unor procese fiziologice și mărirea producției la plantele studiate.

La floarea-soarelui administrarea de Co și Cu a dus la o sporire a recoltelor de semințe și la ridicarea conținutului în ulei (Pârjol și colab., 1976).

Cultivând soiul de grâu Dacia în condițiile unor densități și plafoane de îngrășare diferite (Pârjol, 1981), se constată o influență pozitivă a azotului asupra creșterii și dezvoltării plantelor. Suplimentarea cu 30 kg N/ha primăvara, la doza de N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> aplicată toamna, menține activitatea fotosintetică a frunzelor o perioadă mai îndelungată, fapt ce sporește recolta de boabe la densitate optimă.

În contextul condițiilor de fertilizare și erbicidare diferite, soia nu-și modifică mersul indicilor morfofiziologici determinați (Pârjol și colab., 1980). Aplicarea dozei N<sub>40</sub> la înflorire a dat rezultate superioare față de aplicarea aceluiași doze la semănat, în condițiile unei bacterizări reușite.

Cercetările privind relația fertilizare cu azot – bacterizare au evidențiat că prin simbioză cu bacterii de *Rhizobium* plantele leguminoase nu se pot aproviziona decât cu maximum ½ din azotul necesar pentru deplina valorificare a potențialului lor productiv (Fabián, 1980). De asemenea, ele preferă azotul mineral celui simbiotic, simbioza cu *Rhizobium* reprezentând o sursă secundară de azot, o rezervă biologică la care leguminoasele recurg în momentele în care aprovizionarea cu azot mineral devine critică. Din acest motiv prezența nodozităților denotă o insuficientă satisfacere a cerințelor pentru azot a leguminoaselor și în astfel de cazuri fertilizarea cu azot este necesară și poate asigura sporuri de recoltă (Fabián, 1980).

S-a studiat influența dozelor de îngrășăminte asupra fosfatazei acide, una din cele mai studiate enzime vegetale în procesele fiziologice și în condiții de deficiențe nutriționale, poluare, condiții nefavorabile, la porumb (Zglímbea și Mihăilă, 1997). S-a stabilit că azotul total în frunze a crescut odată cu creșterea dozelor de azot până la doza maximă (200 kg N/ha), unde s-a observat o plafonare a acestuia și scade odată cu avansarea în vegetație. Variația conținutului

de fosfor în plantele de porumb crește odată cu creșterea dozei de fosfor și scade pe măsura avansării în vegetație, remarcându-se, de asemenea, creșterea concentrației de fosfor odată cu creșterea dozei de azot - binecunoscutul sinergism azot-fosfor. Activitatea fosfatazei acide a crescut odată cu creșterea dozei de azot pe agrofondul  $P_0$ , până la doza de  $N_{100}$ , urmată de o ușoară scădere pe agrofondul  $P_{40}$ . Mărirea dozei de fosfor produce o creștere a acesteia numai în variantele  $N_0$  și  $N_{50}$ , activitatea fiind aproape constantă la varianta  $N_{100}$ .

### Productivitatea

Fiziologia vegetală aplicativă încearcă să aducă o contribuție cât mai constantă la lămurirea multiplelor aspecte ale problemei formării recoltelor plantelor cultivate, problemă căreia Colectivul de Fiziologie vegetală i-a acordat o atenție deosebită.

Primele cercetări efectuate au vizat studierea unor aspecte ale metabolismului vegetal, și anume, descrierea celor două tipuri de fixare fotosintetică a bioxidului de carbon, pe de o parte, și a relației sursă-sink, pe de altă parte. Ca urmare, cercetările întreprinse au fost orientate în vederea studierii acestor două laturi ale productivității principalelor plante de cultură, fenomene ce determină în ultimă instanță capacitatea de producție a acestora (Burcea și colab., 1981; Hurduc și colab., 1980; Fabian și colab., 1981). Ulterior, cercetările întreprinse au vizat utilizarea indicilor fiziologici ai productivității în prognoza recoltelor (C. Lazăr, date nepublicate; Petcu și colab., 2005).

S-a avut în vedere studierea diferiților indici implicați în procesul de fotosinteză cum sunt: mărirea suprafeței foliare, potențialul fotosintetic, intensitatea fotosintezei și a respirației, rata asimilației nete, efectul ionilor nitric și amoniacal asupra formării clorofilei, dinamica conținutului în pigmenți foliari etc., cu scopul cunoașterii și dirijării acestor factori în procesul de ameliorare. Trebuie amintit că o preocupare a fiziologilor a fost și studierea relațiilor dintre acești indici și condițiile de nutriție minerală, regim de apă, bacterizare și erbicidare, la grâu, fasole, floarea-soarelui și soia (Pârjol și colab., 1972; 1977; 1979; 1980; 1981; 1982). Mărirea suprafeței foliare este un factor cu rol important în rata asimilației nete, acest factor variază de la o cultură la alta în funcție de condițiile nutriției minerale, de densitatea plantelor, de regimul hidric etc. (Hurduc și colab., 1960; Mureșan și colab., 1969; Georgescu, 1971; Fabian și colab., 1981; Terbea, 1981).

Indicele ridicat al suprafeței foliare (ISF) în cazul grâului, mai mare de 8 sau în cazul florii-soarelui mai mare de 4, face ca intensitatea asimilației nete (IAN) să fie mai scăzută în comparație cu plantele la care acest indice are valori mai reduse (Hurduc și colab., 1980; Terbea și colab., 1981). Variația acestor indici la grâu este în funcție de tipul de sol, fertilizare, plantă premergătoare și genotip. Astfel, în condițiile anului 2001 de la Fundulea, valoarea maximă a ISF a fost realizată de genotipul Dropia (6,34) pe sol cernoziom argilo-iluvial, în condiții de fertilizare și având ca plantă premergătoare porumbul, în timp ce pe sol cernoziom cambic, valoarea maximă a ISF pentru același genotip a fost de 2,34 (Petcu și colab., 2005).

În cazul tuturor plantelor de cultură studiate s-a găsit o relație inversă între IAN și ISF. Este cunoscut faptul că în cazul suprafețelor foliare mari umbrirea



frunzelor din etajele inferioare poate duce uneori la scăderea intensității fotosintezei acestor plante sub punctul de compensație, oprind astfel activitatea lor asimilatoare (Burcea și colab., 1981; Fabian și colab., 1981; Georgescu și colab., 1971).

Rezultate recente (Petcu și colab., 2005) au evidențiat o strânsă legătură între ISF și biomasă și, respectiv, între biomasă și recoltă la plantele de grâu. Astfel, în condiții diferite de cultură (sol, plantă premergătoare, fertilizare), s-au obținut coeficienți de corelație asigurați statistic (de la  $r = 0,66^*$  la  $r = 0,84^{***}$ ) între indicele suprafeței foliare și biomasă realizată de plantele de grâu la începutul creșterii (punct de inflexiune) până la anteză (punctul de maxim al fotosintezei). Biomasă a fost corelată cu producția, numărul de semințe și de spice/m<sup>2</sup> ( $r = 0,65^*$ ;  $r = 0,72^{**}$ ).

Analizând dinamica suprafeței foliare a soiurilor de orz Miraj (Hurduc și colab., 1978), s-a constatat că cea mai mare contribuție au avut-o frații, de 61.000 m<sup>2</sup>/ha, în timp ce tulpinile principale au avut o suprafață foliară de numai 18.000 m<sup>2</sup>/ha. Aceste valori sunt net superioare soiului Intensiv 1 (Burcea și colab., 1981).

Cercetările efectuate pe un număr mare de genotipuri de floarea-soarelui (Țerbea, 1981) au arătat că în cazul unui indice al suprafeței foliare de până la 3, acumularea de biomasă se află în relație directă cu potențialul fotosintetic, iar în cazul unui indice al suprafeței foliare mai mare de 3, aceste două elemente sunt în relație inversă. În cel de-al doilea caz este nevoie de selecționarea de forme de floarea-soarelui cu frunzele superioare sub un unghi mic față de tulpină (Țerbea, 1981) capabile să valorifice superior energia luminoasă.

Aceeași relație inversă între ISF și IAN s-a constatat și în cazul măririi densității plantelor de floarea-soarelui (Țerbea, 1980).

A reieșit cert din cercetările efectuate că, deși ISF optim recomandat de către Niciporovici pentru culturile din zonele temperate ca fiind între 3 și 5, există valori optime pentru fiecare cultură. Problema care s-a pus este ca plantele să ajungă foarte repede la începutul perioadei de vegetație la suprafața foliară optimă (cu un indice al asimilației nete ridicat) și care să fie menținută la acest nivel un timp cât mai lung, lucru realizat în cea mai mare parte la soiurile și hibridii existenți în cultură (Mureșan și colab., 1972; Hurduc și colab., 1970, 1978).

Analiza evoluției ISF și acumularea de biomasă și stabilirea relațiilor cu producția obținută în diferite sisteme de cultură este de importanță deosebită și în contextul recent pentru folosirea indicelui suprafeței foliare sau a altor indici fiziologici de vegetație în modelare pentru estimarea producției de materie uscată (biomasă), necesară în predicția recoltelor (Lazar și colab., proiect Relansin 754, raport de fază 2003; Petcu și colab., 2005).

S-au efectuat experiențe pentru determinarea capacității de asimilare fotosintetică și translocării asimilatelor în bob la cereale în vederea:

- estimării interacțiunii genotip-densitate asupra acumulării de substanță uscată în spicele tulpinilor principale și a fraților;
- schițarea evoluției coeficienților de partiție între spicele fraților;
- evaluarea utilizării caracterului de înmagazinare în bob la 19 genotipuri de grâu de toamnă.

Rezultatele obținute au arătat că o creștere a densității de plante reduce semnificativ cantitatea de substanță uscată din spicele fraților primari, iar ultimii frați formați sunt primii care sunt eliminați din competiție. Capacitatea de stocare în bob rămasă neutilizată nu a fost influențată de densitățile folosite (mai puțin densitatea de 200 pl./m<sup>2</sup> pentru Flamura 80). Genotipurile de grâu studiate au prezentat o capacitate de stocare în bob rămasă neutilizată până la recoltare, echivalentă cu aproximativ 11% din s.u. acumulată în martor. Genotipurile cu valori mari pentru acest parametru sunt susceptibile de progres genetic prin ameliorarea coeficientului de repartiție a biomasei aeriene între organele vegetative și cele reproductive și prin eliminarea pierderilor datorate competiției între frați (C. Lazăr, dare de seamă, 1996).

Tipul îngrășămintelor minerale influențează formarea clorofilei la porumbul cultivat la întuneric și expus luminii; astfel, în primele 30 minute este utilizat cu precădere ionul amoniacal, iar ulterior cel nitric (Hurd u c, 1964).

S-a acordat o deosebită atenție efectului erbicidelor triazinice asupra aparatului fotosintetic (Hurd u c, 1965; Hurd u c și colab., 1966, 1967) al unor plante de cultură, evidențiindu-se modul de acțiune al simazinei asupra reacției Hill a cloroplastelor. Plantele rezistente tratamentului cu simazină, cum este porumbul, își intensifică reacția Hill în prezența acestuia, în timp ce la grâu activitatea cloroplastelor este puternic inhibată (Hurd u c și colab., 1967).

De o deosebită importanță în ameliorarea porumbului pentru conținutul ridicat în lizină și triptofan au fost cercetările legate de conținutul în aminoacizi al diferitelor genotipuri de porumb (Hurd u c și colab., 1969) ca și studiul activității unor izoenzime peroxidazice și catalazice din endospermul de porumb și alte părți ale plantulelor (Mureșan și colab., 1967; Brad și colab., 1968; Covor și colab., 1969).

În cadrul cercetărilor, o deosebită atenție s-a dat relației dintre intensitatea luminii și capacitatea de sinteză a frunzelor, evidențiindu-se contribuția frunzelor din etajele superioare în sinteza glucidelor în comparație cu cele din partea inferioară a plantelor (Fabi an și colab., 1981).

Desigur că dimensiunile aparatului fotosintetic constituie un element foarte important pentru sinteza substanțelor organice în plante, dar tot atât de importantă este capacitatea acesteia de funcționare, capacitate care poate fi apreciată prin analiza dinamicii substanței uscate în întreaga plantă, problemă care a stat în atenția cercetătorilor colectivului de fiziologie vegetală.

În general, la toate plantele de cultură studiate s-a constatat că există o relație directă între acumularea totală de fitomasă și producția agricolă (Mureșan și colab., 1975; Burcea și colab., 1981; Terbea, 1981). Cantitatea de biomasă acumulată până la anteză are o influență hotărâtoare asupra producției de boabe (Mureșan și colab., 1975; Burcea și colab., 1981; Terbea, 1981).

În cazul soiului de orz Miraj, elementul hotărâtor care a determinat producții ridicate îl constituie marea capacitate de înfrățire și de menținere a unui mare număr de frați fertili până la recoltare.

La hibridii productivi de floarea-soarelui o influență hotărâtoare asupra acumulării totale de biomasă și mai ales asupra creșterii de recoltă în comparație cu soiurile cultivate anterior o are linia maternă (Terbea și colab., 1981).

Prin selecționarea de linii consangvinizate cu însușiri superioare de producție și prin utilizarea lor ca linii mamă în obținerea de hibrizi, s-a reușit să se mărească indicele de recoltă de la aproximativ 30% la valori superioare de 40% (Ț e r b e a și colab., 1981).

Experiențele efectuate la lucernă (Ț e r b e a și colab., 1994) au evidențiat că:

- epoca de recoltare și durata intervalului dintre coase influențează mărimea masei vegetale;
- aplicarea coaselor la intervale mai mici, de 22 zile, determină la lucerna din anul I reducerea acumulării de biomasă din întreaga plantă și în mod deosebit aceea a rădăcinilor;
- mărimea sistemului radicular din anul întâi, a influențat puternic viabilitatea și masa vegetală a lucernei din anul următor;
- iar procentul de substanță uscată din rădăcini crește o dată cu creșterea intervalului dintre coase atât la lucerna din anul întâi, cât și la cea din anul al doilea.

În colaborare cu Facultatea de Biologie a fost studiată influența unor erbicide asupra dinamicii densității populației și a conținutului în pigmenți asimilatori la algele *Chlorella vulgaris* și *Botryococcus brauni* (L a z ă r și L a z ă r, 2001).

#### STUDII PRIVIND CALITATEA RECOLTELOR

În Laboratorul de Biochimie s-au analizat, ani la rând, conținutul și calitatea proteinei, specificitatea biochimică la nivel de organ și la nivel de grupare taxonomică și un număr foarte mare de genotipuri de grâu, pentru structura gliadinelor și gluteninelor (H a g i m a, 1998).

Din analiza a 170 de soiuri de grâu a reieșit că conținutul de proteină al bobului are o variabilitate considerabilă (11,47-18,95%). O serie de linii și soiuri, cum ar fi Atlas 66, Favorit, F48-69 și F 26-70 au înregistrat, în toți anii experimentali, valori ridicate ale acestui conținut, ceea ce le desemnează ca buni genitori pentru acest caracter. Conținutul de lizină, exprimat fie ca lizină din proteină sau lizină din substanța uscată, nu a departajat însă semnificativ soiurile între ele; cu toate că în unii ani au existat valori individuale ridicate, acestea nu s-au menținut în anul următor (B r a d și colab., 1975).

S-a urmarit, de asemenea, la două grupe de soiuri, dinamica de acumulare a azotului, sub diferite forme, din momentul formării semințelor de grâu și până la maturarea lor deplină. Un prim grup era caracterizat printr-un mare potențial de acumulare a proteinelor, pe când la al doilea grup acest potențial era mediu. La soiurile cu conținut mare de proteină, ritmul biosintezei proteinei în perioada de acumulare a amidonului în bob este mare, fapt ce le deosebește de soiurile cu conținut mediu de proteină. Capacitatea bobului de a acumula proteine poate fi corelată cu dinamica azotului total, proteic și cu conținutul de lizină și alanină liberă din glumele, palee, ariste și din paie. Spectrul gliadinelor, a căror apariție în boabe începe între a 7-a și a 9-a zi de la înflorire, este complet de la început și caracteristic soiului (A l e x a n d r e s c u și colab., 1978).

La porumb, sporirea conținutului de proteină al endospermului boabelor este condiționată de mai multe gene și se manifestă ca o însușire cantitativă complexă. Calitatea proteinelor din endosperm, apreciată după conținutul în aminoa-

cizi esențiali (lizină și triptofanul), este condiționată însă de gena *opaque-2*, respectiv, *floury-2*. La hibridii simpli de porumb obținuți în țara noastră prin încorporarea genei *opaque-2*, conținutul în proteină brută nu s-a modificat semnificativ. La hibridii bogați în lizină, conținutul în zeină a fost semnificativ inferior analogilor normali. Hibridii în care este încorporată gena *opaque-2* prezintă și un conținut net superior de triptofan. Dintre hibridii bogați în aminoacizi esențiali s-au evidențiat HS-330, 633/72 și 627/72 (Mureșan și colab., 1973; Cosmin și colab., 1974).

S-a studiat și efectul genei *opaque-2* asupra biosintezei lizinei în primele 11 zile ale germinării porumbului, timp în care cantitatea de lizină totală și liberă crește în plantulele de porumb normal, pe când în plantulele *opaque-2*, cantitatea totală a lizinei scade după o perioadă de 11 zile, acompaniată de o creștere a lizinei libere. În ambele cazuri, N total rămâne constant. Activitatea aspartokinazei se menține la același nivel la ambele variante, este maximă după 10 zile de germinare și pare a fi supusă inhibiției feedback cu lizină (Chibber și colab., 1977).

Studiul enzimelor, ca izoenzime, a fost întreprins în stransă corelație cu anumite manifestări fenotipice (morfologice) și genotipice. Astfel, cercetarea semințelor, polenului și ovarului unor genotipuri de porumb a arătat că numărul de fracțiuni izoperoxidazice din ovarele hibridilor este intermediar sau egal cu cel mai mare număr de fracțiuni al unuia din părinți, exceptând un singur caz. La polen s-a constatat chiar creșterea numărului de fracțiuni izoperoxidazice față de părintele cu cel mai mare număr de fracțiuni. Autorii leagă acest fapt de fenomenul heterozis (Mureșan și colab., 1972).

A fost cercetată și perioada de repaus germinativ al semințelor de grâu. Studiul formelor moleculare multiple ale peroxidazei și catalazei din semințele de grâu în repaus, apte de germinare sau germinate, precum și din semințele prăcitate sau tratate cu giberelină (pentru întreruperea repausului), a relevat următoarele: enzimogramele obținute la două soiuri cu perioade de repaus diferite (Iulia și F 26-70) sunt aceleași la sfârșitul repausului. Germinarea este însoțită de apariția unor noi fracțiuni enzimatică. De asemenea, enzimogramele peroxidazei și catalazei reflectă schimbările ce însoțesc etapele diferite parcurse în perioada de dezvoltare și de umplere a bobului (Hagma și colab., 1978).

O atenție deosebită s-a dat caracterizării variabilității genetice a porumbului. Au fost cercetate 51 populații de porumb, depistându-se 7 tipuri de enzimograme pentru peroxidaza (Covor și colab., 1970), precum și 57 linii și hibridi de porumb, revelându-se 6 tipuri de enzimograme (Mureșan și colab., 1970).

Cercetările de acest gen au fost extinse și pe semințe din seria poliploidă a genului *Triticum*, incluzând 40 forme aparținând la 10 specii și subspecii. A reieșit că numărul fracțiunilor izoperoxidazice poate varia între 7 și 9 la cei 3 donori ai genoamelor A, B și D. La speciile tetraploide s-au evidențiat 4-9 fracțiuni, iar la cele hexaploide, 9-12 fracțiuni (Pirvu și colab., 1971). Analiza spectrului peroxidazic la 32 hibridi de grâu interspecifici F1 și intraspecifici a arătat că la hibridi se regăsesc în general spectrele ambilor părinți, dar că, în același timp, hibridii diferă de formele parentale prin prezența unor fracțiuni în plus (ca rezultat al hibridării proteinelor din genitori sau al unor noi recomandări genetice sau prin absența altor fracțiuni (Brad și colab., 1972).

Cercetările au cuprins în continuare și genul *Aegilops*, cu 7 specii, comparativ cu seria poliploidă de *Triticum*, demonstrând o variație largă de la specie la specie, în funcție de gradul de ploidie al celor două genuri studiate (M a r c u și colab., 1973).

Aceste cercetări au fost continuate pentru a stabili eventualii precursori ai grâului hexaploid. S-au analizat 5 specii de *Aegilops*, 10 varietăți din grâul diploid (*T. monococcum*), 16 varietăți care fac parte din 4 specii de grâu tetraploid și 3 specii de grâu hexaploid. Rezultatele arată că o formă de *Ae. squarrosa* poate fi donorul genomului D, iar *Ae. speltoides* poate fi donorul unui genom la grâul hexaploid. La speciile diploide ale genului *Triticum* s-au găsit cinci tipuri de enzime. *T. urartu* poate fi donorul unui genom. Speciile de grâu tetraploide pot fi împărțite în trei subgrupe după caracteristicile enzimogramelor peroxidazice. Ca precursori ai grâurilor hexaploide ar putea fi considerate, după spectrele peroxidazice, diferite varietăți din specia *T. turgidum*, și anume, ssp. *dicoccum* var. *pseudomacranari* și var. *hordeiforme* și ssp. *carthlicum* (A l e x a n d r e s c u și N i c o l a e, 1979).

S-au analizat și izofosfatazele din semințele câtorva specii și varietăți de *Triticum* și *Aegilops* cu diferite grade de ploidie. După aspectul electroforetic, s-a constatat că *Aegilops squarrosa* poate fi donorul genomului D din *T. aestivum*. Dintre formele diploide analizate, *T. monococcum* ssp. *monococcum* var. *hornemani* prezintă enzimograma cea mai simplă. Pe măsura creșterii gradului de ploidie se complexează și spectrul electroforetic al fosfatazei acide. La embrion, acest spectru este asemănător celui din endosperm, dar de intensitate mai redusă (H a g i m a și N i c o l a e, 1981).

S-a studiat variabilitatea genetică a noilor genotipuri românești de grâu privind calitatea glutenului, prin analiza calitativă a proteinelor de rezervă la 24 de genotipuri românești de grâu de toamnă. S-a determinat compoziția în subunități gluteninice cu greutate moleculară mare (HMW-GS) (E. Petcu - dare de seamă, 2000).

Concomitent, pentru aceleași genotipuri, s-a stabilit nota de calitate Glu-1. Proteinele totale au fost extrase din semințe de grâu (jumătate de bob). După reducerea cu mercaptoetanol, gluteninele au fost separate prin electroforeză în gel de poliacrilamidă cu adaos de dodecilsulfat de sodiu (SDS-PAGE) după metoda P a y n e și colab. (1979). Rezultatele obținute au arătat existența mai multor alele HMW-GS. Astfel, cele mai frecvente combinații proteice găsite au fost: subunitățile 7 + 9 și 7 + 8 situate pe alelele *Glu-B1* și subunitățile 5+10 situate pe alelele *Glu-D1*. Genotipurile Expres și Estet au prezentat subunitatea 2\* (*Glu-A1*), nota de calitate pentru aceste genotipuri fiind 9, ceea ce demonstrează o calitate de panificație superioară la aceste genotipuri.

De asemenea, studiul izoenzimatic a mai fost utilizat în caracterizarea unor hibridi interspecifici între raigrasul aristat și cel peren, precum și a genitorilor acestora (H a g i m a și colab., 1996).

În ultimii ani s-au descris asocieri între anumite caractere și markeri, asocieri folosite pentru a localiza locii sau regiuni de cromozomi care influențează caracterele cantitative. Astfel, H a g i m a și D o l o g a (1997) au analizat 18 genotipuri reprezentând specii și populații di- și tetraploide de *Lolium perenne* din punctul de vedere al polimorfismului izoenzimatic pentru peroxidază, esterază și beta amilază.

## UTILIZAREA MODELELOR MATEMATICE ÎN AGRICULTURĂ

S-a realizat analiza comportamentală și adaptarea pentru condițiile climatice din țara noastră a unor modele de simulare, s-au calculat „coeficienți genetici” pentru soiurile românești de grâu, coeficienți pe baza cărora modelele își diferențiază răspunsul în funcție de genotip și s-au creat fișiere în care să fie descrise experiențe reale ale utilizatorilor potențiali (Lazăr, 1998). Totodată s-au creat fișiere de intrare (date meteorologice, descrierea profilului de sol și a tehnologiei aplicate) în vederea adaptării la condițiile pedoclimatice din Câmpia Română a unor modele din platforma DSSAT v3; s-a studiat prin simulare răspunsul proceselor de creștere și dezvoltare la variația condițiilor de mediu concomitent cu studierea unor procese fiziologice (filocron, partiția asimilatelor și umplerea bobului la grâu de toamnă), în vederea sugerării unor subrutine alternative, utilizabile pentru folosirea modelului în scopuri de cercetare (Lazăr, 1998).

În cadrul proiectului de cercetare (programul RELANSIN) „Model perfecționat de formare a recoltei de grâu cuplat cu baze de date pedoagrotehnice referite geografic, cu facilități de validate cu ajutorul sistemelor terestre de monitorizare a producției”, echipa de la I.N.C.D.A. Fundulea a asigurat colectarea datelor de teren referitoare la condițiile meteorologice, tehnologia aplicată, urmărirea în dinamica a creșterii plantelor, realizarea hărților de recoltă și a realizat modulele perfecționate ale modelului (Petcu și colab., 2002; Vintilă și colab., 2001).

Sintetizând rezultatele obținute pe parcursul derulării proiectului, se poate afirma că:

- A fost creată o bază de date referită GIS (date meteorologice zilnice și oare, date de sol - aproximativ 40 de puncte din vestul Câmpiei Bărăganului, hărți de producție, măsuri agrotehnice aplicate, date de satelit în vizibil, infraroșu și radar, determinări biometrice în dinamică, care au permis validarea și calibrarea modelului cu succes a diferitelor modele de simulare, precum și a programului perfecționat. Această bază de date va putea fi folosită pentru analizele spațiale ulterioare (de ex., în Arcview) pentru alte sezoane de vegetație.

- Rezultatele dovedesc un progres semnificativ comparativ cu modelele de referință (CERES din DSSAT v 3.0 și Stics 4) sub aspectul simulării suprafeței foliare și biomasei conținute în organele aeriene, fapt care s-a repercutat pozitiv și asupra calității simulării producției de boabe.

- A fost semnificativ perfecționată procedura pentru simularea grosimii stratului de zăpadă și a temperaturii la nivelul nodului de înfrățire (de la  $R^2 = 0,64$  la  $R^2 = 0,93$ ).

- Modelul perfecționat poate folosi avantajul major al utilizării valorilor măsurate ale radiației active în fotosinteză (directă și indirectă). Pentru a manevra bazele de date provenite de la cele două stații meteorologice a fost scris un utilitar specializat.

- Modelul este calibrat pentru genotipurile românești Flamura 85 și Dropia, care în prezent au ponderea cea mai mare în producție.

- Pentru a ușura controlul modelului și întreținerea bazei de date a fost creată o interfață prietenoasă, în limba română, dar există posibilitatea traducerii ei în alte limbi de interes în funcție de solicitările ulterioare.

► Modelul perfecționat poate furniza asistență în fundamentarea măsurilor agrotehnice în condițiile specifice ale agriculturii românești.

#### ESTIMAREA PRIN TELEDETECTIE A EFICIENȚEI MĂSURILOR AGROTEHNICE APLICATE LA CULTURA GRĂULUI

Teledetectia este un domeniu relativ nou de investigare, cunoscut de aproape 20 de ani, care permite accesul la informația validată spațio-temporal de sisteme specializate de stocare, prelucrare și analiza statistică a datelor.

Dezvoltarea rapidă a tehnologiilor din industria spațiului a deschis perspective interesante de achiziție a datelor privind evoluția resurselor vegetale și impactul practicilor agricole asupra conservării mediului (P e t c u și colab., 2004).

S-a monitorizat distribuția spațio-temporală a stratului de zăpadă în vederea aprecierii pierderilor prin iernare la grâul de toamnă.

Cercetările efectuate de Cătălin Lazăr au stabilit că pe baza analizei imaginilor de teledetectie se poate preciza variația spațială și temporală a zonelor acoperite cu zăpadă, dar nu poate fi estimată direct grosimea stratului de zăpadă. Pentru rezolvarea acestei probleme a preluat unul din algoritmi de calcul existenți în sursele modelelor de simulare a creșterii și dezvoltării grâului de toamnă, cu precizarea că în scopul corelării cu diferențele dintre două imagini de teledetectie succesive s-a impus o exactitate mai mare a predicțiilor zilnice, deoarece nu s-a putut beneficia de eventualele compensări care survin de obicei la simulările efectuate pe întreaga durată a sezonului rece.

În cadrul studiilor efectuate în cadrul acestei teme a fost utilizat inițial algoritmul de calcul existent în modelul CeresWheat care pentru zilele cu temperaturi maxime (TEMPMX) mai mici sau egale cu 1°C va considera că fiecare milimetru de precipitații adaugă un 1 cm la grosimea stratului de zăpadă (SNOW) care eventual există deja, iar pentru fiecare zi în care TEMPMX depășește acest prag se va diminua grosimea stratului cu 1 centimetru pentru fiecare grad, dacă există și precipitații, variabila SNOW se va reduce cu produsul (exprimat în cm) dintre valoarea în mm a precipitațiilor și un coeficient de 0,4. În practică, pentru un set de culturi de grâu întinse pe o suprafață mare, stratul de zăpadă are o grosime care poate varia în diferite puncte în special datorită interacțiunii dintre viteza + direcția vântului și formele de microrelief (inclusiv cel indus de lucrările solului). În acest caz, se pune problema inversă a aflării grosimii inițiale a stratului de zăpadă. Știind din analiza imaginilor de teledetectie succesive, când a apărut și când a dispărut stratul de zăpadă dintr-o anumită zonă, se poate utiliza algoritmul modificat pentru aflarea, prin aproximații succesive, a grosimii stratului de zăpadă din punctul respectiv. Pe lângă implicațiile legate de supraviețuirea plantelor pe timpul sezonului rece această abordare poate furniza o indicație asupra distribuției rezervei de apă în stratul superficial al solului la desprimăvărare.

În perioada 2001-2003, la Fundulea, s-a efectuat un set complex de activități care au vizat monitorizarea creșterii și dezvoltării plantelor de grâu din momentul răsării până la formarea producției, respectiv coacerii depline a boabelor, în 45 puncte de validare amplasate pe parcelele cu grâu din cele 6 ferme de producție ale Institutului. În paralel s-au înregistrat datele meteorologice cu 2

stații automate care au măsurat parametrii climatici ai aerului și solului în zonele de referință (Fundulea și Ileana) pentru a fi comparate cu datele stației meteorologice clasice de la Fundulea. Protocolul de analize de sol și plantă a fost astfel stabilit încât să cuprindă toate fenofazele de vegetație ale grâului. Rezultatele obținute au permis constituirea de date reprezentate de vectori și tabele pentru punctele, câmpuri și ferme în format ArcView shape. Imaginile raster cu diferite rezoluții au constituit baza de plecare pentru identificarea, digitizarea parcelelor pe sectoare pentru controlul zonelor de interes la realizarea hărților de randament, respectiv stabilirea folosinței solului cu itinerariile tehnice aferente. Aceste hărți de randament au fost realizate, în cadrul colectivului de Agricultură durabilă, de Gheorghe Petcu, care a concluzionat (P e t c u și colab., 2004) că:

- elaborarea hărților de randament asigură informația necesară depistării cauzelor care determină neuniformitatea producțiilor pe parcelă;
- la Fundulea, principalele cauze care au determinat variabilitatea producției la grâu s-au datorat reliefului (prin prezența crovurilor), asigurării cu apă și practicilor culturale;
- cel mai păgubitor factor, diminuator al producțiilor, a fost prezența buruienilor perene, ale căror dezvoltare și proliferare continuă din vetre au concurat cu plantele cultivate prin consumul de apă și elemente nutritive;
- dezvoltarea cercetărilor pentru implementarea tehnicilor de teledetecție în cadrul exploatațiilor agricole mari va permite accesul rapid la bazele de date specifice care să justifice luarea în timp util a unor decizii corecte în scopul creșterii eficienței economice a producției agricole.

## ADVANCES IN FIELD CROPS PHYSIOLOGY AT FUNDULEA

### *Summary*

The paper presents the synthesis of plant physiology research carried out in main crops at NARDI Fundulea, during 50 years, as well as the contributions of researchers who worked during this period. Admitting from the beginning that physiological research was mainly focused on supporting breeding programs and agricultural practice for obtaining high productivity and quality, the following aspects were studied:

- physiological and biochemical process involved in plant resistance to abiotic stress (freezing, cold, heat, drought, salinity, soil acidity) and biotic stress (diseases);
- growth and development of plant, mineral nutrition, plant productivity, harvest quality using physiology and genetics parameters;
- application of mathematic model in agriculture;
- estimation of agricultural practice efficiency by teledetection.

The results of these research contributed in both achieving a starting point for plant breeders and improving the physiological method for testing the newly developed genotypes for resistance to environment stresses mentioned above.

The useful results were obtained for different agriculture practice aiming to establish water requirements, mineral nutrition, ways of controlling growth and development process by using physiologically active substances.

The study of physiological and biochemical bases of the photosynthetic productivity in different crop genotypes and also their yield (in cereals, maize and sunflower) was much more performed at the beginning of this period than in the last, when a new field of investigation was met lately, with deep implication in the agriculture: modelation and teledetection.



## BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- ALEXANDRESCU, VICTORIA, JOKL, ELISABETA, MIHĂILESCU, F., 1978 – *La dynamique de certaines formes d'azote au cours de la formation des grains, chez des varietes de ble ayant un potentiel genetique different d'accumulation des proteines*. Bulletin de l'Academie des Sciences Agricoles et Forestieres, 7: 37-47.
- ALEXANDRESCU, VICTORIA, HAGIMA, IOANA, SĂULESCU, N. N., 1979 – *Genetic variants of peroxidase in some species related to common wheat (Triticum aestivum L.)*. Rev. roum. biochim., 16, 4: 247-253.
- ARSINTESCU, A., BREZEANU, A., PETCU, E., STANCIU, D., 2001 – *Studii privind răspunsul sistemului radicular la stresul indus de aluminiu la floarea-soarelui (Helianthus annuus L.)*. An. ICDA, LXVIII: 409-416.
- ARSINTESCU, A., NEUMANN, G., PETCU, E., STANCIU, D., 2001 – *Aspects of aluminium toxicity in sunflower. I. Aluminium stress induced in nutrient solutions*. Romanian Agricultural Research, 15: 42-48.
- BRAD, I., ȚERBEA, MARIA, MARCU, ZOIȚA, HURDUC, N., 1972 – *Modificari ale spectrului izoperoxidazic la plantele de grâu, orz și ovăz sub influența tratamentului cu gibberelină*. St. Cerc. Biochim., 17: 11-14.
- BALOTĂ, MARIA, 1997 – *Cercetări fiziologice privitoare la rezistența grâului hexaploid (T. aestivum) la condiții de stres hidric și termic*. Teză de doctorat, Universitatea București.
- BALOTĂ, MARIA, 1999 – *Fluorescența clorofilei și asimilația netă a CO<sub>2</sub> la grâu în condiții de umiditate redusă a solului*. Probleme de genetică teoretică și aplicată, XXXI, 1-2: 13-22.
- BALOTĂ, M., ȚERBEA, M., 1994 – *Evaluation of membrane thermostability as a heat tolerance trait. I. Maize seedlings*. Romanian Agricultural Research, 2: 45-51.
- BALOTĂ, M., ȚERBEA, M., 1994 – *Evaluation of membrane thermostability as a heat tolerance trait. II. Sunflower seedlings*. Romanian Agricultural Research, 2: 51-55.
- BALOTĂ, M., REES, D., REYNOLDS, M, P., 1997 – *Chlorophyll fluorescence parameters associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions*. Proceedings of Int. Sym. of Drought and Plant Production, Belgrade, Sept. 17-20, 1997: 373-382.
- BRAD, I., ȚERBEA, MARIA, MARCU, ZOIȚA, HURDUC, N., 1972 – *Modificari ale spectrului izoperoxidazic la plantele de grâu, orz și ovăz sub influența tratamentului cu gibberelină*. St. Cerc. biochim., 17: 11-14.
- BRAD, I., JOKL, ELISABETA, CEAPOIU, N., EUSTATIU N., ITTU GH., 1975 – *Conținutul de proteină și lizină al unor soiuri și linii de grâu de toamnă*. An. I.C.C.P.T., XL, seria C: 39-46.
- CHIBBER, B.A.K., VOICU, ECATERINA, MERTZ, E. T., 1977 – *Studies on corn proteins, XI. Distribution of lysine during germination of normal and Opaque-2 maize*. Cereal Chem., 54, 3: 558-564.
- COSMIN, O., NEGUȚ, C, SARCA, TR., CĂBULEA, I., VOICU, ECATERINA, 1974 – *Ameliorarea conținutului și calității proteinelor la porumb*. Probleme de genetică teoretică și aplicată, VI, 5: 410-450.
- COVOR, AL., BRAD, I., MARCU, ZOIȚA, HURDUC, N., 1970 – *Characteristics of Romanian maize populations concerning their spectrum of isoperoxidase enzymes (hydrogen peroxide – benzidine oxidoreductase)*. Rev. roum. biochim., 7, 1:17-21.
- FABIAN, GEORGETA, GOMOIU, E., 1981 – *Relația dintre capacitatea de asimilare și unii factori de stres ecologic la porumb*. Probleme de genetică teoretică și aplicată, XIII, 2: 81-96.
- FABIAN, I., MOGA, I., 1980 – *Aspecte fiziologice ale fertilizării cu azot aculturilor leguminoase*. Probleme de agrofitehnie teoretică și aplicată, II, 4: 417-43.
- HAGIMA, IOANA, ALEXANDRESCU, VICTORIA, CSERESNYES, ZOIA, 1978 – *Peroxidases and catalases of dormant, able to germinated and germinated wheat seeds*. Rev. roum. biochim., 15, 4: 273.

- HAGIMA, IOANA, NICOLAE, STANICA, 1981 – *Acid isophosphatases in some Triticum and Aegilops cultivars.* Rev. roum. biochim., 18, 1: 21.
- HAGIMA, I., SCHITEA, M., VARGA, P., 1996 – *Studiul izoenzimelor peroxidazei, esterazei și beta-amilazei la genitorii și hibridii Lolium multiflorum Lam. x L. perenne L.* An. INCDA, LXIII: 231-239.
- HAGIMA, I., DOLOGA, GH., 1997 – *Studiul polimorfismului izoenzimatic la unele soiuri și populații de lucernă.* An. INCDA, LXIV: 279-285.
- HURDUC, N., BURCEA, MICHAELA, 1980 – *Productivitatea fotosintezei și formarea recoltei de boabe la unele soiuri și linii de grâu de toamnă.* An. ICCPT, 45: 445-358.
- HURDUC, N., STAN, S., ȚERBEA, MARIA, NASTASIA, I., 1970 – *Influența giberelinei asupra absorbției fosforului în plantele de porumb.* An. I.C.C.P.T., 36, 235-242.
- JUNCU, ANA MARIA, 1969 – *Cercetări cu privire la utilizarea metodei histochemice rapide de determinare a viabilității cerealelor de toamnă expuse la ger.* An. ICCPT, 35, seria C: 405-417.
- JUNCU, ANA MARIA, MILICĂ, C.I., 1971 – *Contribuții la explicarea efectului retardant al CCC asupra proceselor de creștere la grâu.* An. ICCPT, 37: 55-65.
- LAZĂR, C., 1998 – *Modelarea creșterii și dezvoltării la unele plante de cultură.* Teză de doctorat. Universitatea București.
- LAZĂR, D., LAZĂR, C., 2001 – *Influența unor erbicide asupra dinamicii densității populației și a conținutului în pigmenți asimilatori la algele Chlorella vulgaris și Botryococcus brauni.* An. INCDA, LXVIII: 359-371.
- MARCU, ZOIȚA, BRAD, I., PÎRVU, THEODORA, 1973 – *Studiul comparativ al izoenzimelor peroxidazice din semințe de la genurile Aegilops și Triticum.* St. cerc. Biochim., 16, 4: 383-389.
- MILICĂ, C.I., JUNCU, ANA-MARIA, PÂRJOL, LIANA, EUSTAȚIU, N., 1970 – *Rezistența la ger, secetă și cădere a unor soiuri de grâu de toamnă și a unor linii nou create în România.* An. ICCPT, 36: 85-102.
- MUREȘAN, T., BRAD, I., COSMIN, O., MARCU, ZOIȚA, 1970 – *Differentiation of maize inbred lines and hybrids from the viewpoint of izoperoxidase spectrum (benzidine-hydrogen peroxide oxidoreductase).* Rev. roum. Biochim., 7, 4: 243-247.
- MUREȘAN T., BRAD I., COSMIN O., MARCU ZOIȚA, DOBRESCU ECATERINA, 1972 – *Studiul comparativ al izoperoxidazelor din Polenul, ovarul și semințele unor genotipuri de porumb.* An. I.C.C.P.T., XXXVIII, seria C: 191-197.
- MUREȘAN, T., COSMIN O., NEGUȚ, C., SARCA, TR., BRAD, I., DOBRESCU, ECATERINA, 1973 – *Hibridi noi de porumb bogăți în lizină.* An. I.C.C.P.T., XXXIX, seria C: 121-134.
- MUREȘAN, T., ȚERBEA, MARIA, HURDUC, N., COSMIN, O., 1975 – *Relații între intensitatea fenomenului heterozis și unii indici fiziologici la porumb. II. Dinamica fenomenului fotosintetic.* An. ICCPT, XL seria C: 117-186.
- MUREȘAN, T., ȚERBEA, MARIA, HURDUC, N., ȚÎRCOMNICU, MARINA, 1975 – *Contribuții la studiul rezistenței fiziologice a hibridilor de porumb la atacul de Fusarium moniliforme.* An. ICCPT, 40, 187-196.
- PÂRJOL SĂVULESCU, LIANA, 1973 – *Cercetări fiziologice privind rezistența la secetă a unor soiuri și linii de fasole.* Teză de doctorat, I.A.N.B., București, 1-350.
- PÂRJOL SĂVULESCU, LIANA, 1974 – *Variability of sunflower resistance to drought.* Proc. of 6<sup>th</sup> Intern. Sunflower Conference, July 22-24, 1974, Bucharest, România: 133-143.
- PÂRJOL SĂVULESCU, LIANA, 1976 – *Methods d'augmentation de la resistance a la secheresse du tournesol.* VII-eme Conference Internationale sur le Tournesol, 27 VI-3 VII-1976, U.R.S.S.: 1-11.
- PETCU, E., 1999 – *Cercetari privind rezistența la ger a grâului comun.* Teză de doctorat. Facultatea de Biologie, Universitatea București.
- PETCU, ELENA, 2005 – *The effect of water stress on cuticular transpiration and relationships with winter wheat yield.* Romanian Agricultural Research, 22: 15-19.
- PETCU, E., ȚERBEA, M., 1993 – *Relația dintre variația conținutului de prolină și rezistența la ger a unor genotipuri de grâu de toamnă.* Probleme de genetică teoretică și aplicată, XXV, 1: 27-39.
- PETCU, E., DENCESCU, S., PETRE, V., 1995 – *Aspecte privind toleranța unor genotipuri de soia la stresul hidric.* Probleme de genetică teoretică și aplicată, XXVII, 2: 115-124.

- PETCU, E., ȚERBEA, M., 1996 – *Dinamica conținutului în prolină liberă din plantele de porumb, în condiții de secetă*. An. ICDA, LXIII: 263-272.
- PETCU, E., ITTU, GH., MUSTĂȚEA, P., 1996 – *Influența acidului abscisic exogen asupra rezistenței la temperaturi scăzute a plantelor de grâu (Triticum aestivum)*. Probleme de genetică teoretică și aplicată, XXVII, 2: 77-86.
- PETCU, E., HAGIMA, I., ZGLIMBEA, R.G., 1997 – *Effect of vernalisation genes on frost tolerance in some wheat cultivars*. Proceedings of the Int. Symp. On „Cereal Adaptation to low temperature stress in controlled environments”, 2-4 June, Martonvasar, Hungary: 121-127.
- PETCU, E., ȚERBEA, M., ITTU, GH., 1997 – *Adaptarea unei noi metode de apreciere a rezistenței la temperaturi scăzute a grâului de toamna*. Probleme de genetică teoretică și aplicată, (1-2): 1-10.
- PETCU, E., ȚERBEA, M., VRÂNCEANU, A.V., CRAICIU D., ZGLIMBEA, R., 1997 – *Relationship between free proline content and drought tolerance in some Romanian sunflower genotypes*. Proc. Intern. Symposium „Drought and Plant Production”, Serbia, vol. I: 437-445.
- PETCU, E., DORFFLING, K., SĂULESCU, N.N., ITTU, GH., 1999 – *Aspecte privind rolul acidului abscisic în procesul călirii plantelor de grâu*. Probleme de genetică teoretică și aplicată, 1-2: 45-58.
- PETCU, E., DORFFLING, K., SĂULESCU, N.N., ITTU, GH., 1999 – *Efectul temperaturilor scăzute asupra fluorescenței clorofilei la unele genotipuri românești de grâu*. Probleme de genetică teoretică și aplicată, 1-2: 35-44.
- PETCU, E., GEORGESCU, F., ARSINTESCU, A., STANCIU, D., 2001 – *The effect of hydric stress of some characteristics of sunflower plants*. Romanian Agricultural Research, 16: 15-22.
- PETCU, E., ARSINTESCU, A., STANCIU, D., 2001 – *The effect of drought stress on fatty acid composition in some Romanian sunflower hybrids*. Romanian Agricultural Research, 15: 39-42.
- PETCU, E., ARSINTESCU, A., GEORGESCU, F., ANTOHE, I., DINCĂ, B., 2002 – *Efectul reacției acide a solului asupra unor genotipuri românești de porumb*. Probleme de genetică teoretică și aplicată, XXXIV, 1-2: 9-16.
- PETCU, E., MORARU, I., RĂDUCANU, F., 2004 – *Toleranța unor genotipuri românești de lucernă la toxicitatea ionilor de aluminiu*. Probleme de genetică teoretică și aplicată, XXXVI, 1-2: 21-31.
- PETCU, E., PETCU, G., LAZĂR, C., VINTILĂ, ROXANA, 2005 – *Aspecte privind relațiile dintre indicele suprafeței foliare, biomasa și producția de grâu obținută în condițiile anului 2001, la Fundulea*. Probleme de agrofitehnie teoretică și aplicată, XXVII (1): 41-50.
- PETCU, G., SIN, G., GAY, M., DENUX, J.P., RADU, M., 2004 – *Utilizarea teledetecției pentru aplicarea agriculturii de precizie*. Probleme de agrofitehnie teoretică și aplicată, XXVI (1-2): 1-12.
- PIRVU, THEODORA, MARCU ZOIȚA, BRAD I., 1971 – *Isoperoxidases in seeds of the polyploid series of the Triticum genus*. Rev. roum. biochim., 8, 3: 239-250.
- PETRESCU, O., HURDUC, N., 1966 – *Folosirea metodelor „expres” pentru analiza chimică a plantelor agricole*. Probleme agricole, 18: 52-67.
- SANDU, ELENA, 1994 – *Cercetări asupra toleranței unor genotipuri de floarea-soarelui la toxicitatea ionilor de aluminiu*. An. ICCPT, LXI: 209-217.
- SANDU, E., ȚERBEA, M., POPESCU, S., CREMENESCU, GH., 1994 – *Influența stresului hidric asupra unor genotipuri de floarea-soarelui cultivate pe două tipuri de sol*. An. ICCPT, LXI, 199-206.
- ȚERBEA, M., VRÂNCEANU, A.V., PETCU, E., CRAICIU, D.S., MICUȚ, G., 1995 – *Physiological response of sunflower plants to drought*. Romanian Agricultural Research, 3: 61-67.
- ȚERBEA, M., BALOTĂ, M., MICUȚ, GH., PETCU, E., 1996 – *The influence of genotype and sampling date on some physiological traits in wheat, maize and sunflower under drought*. Plant Physiol. and Biochem. Special Issue: 281.
- ȚERBEA, M., MOGA, I., PETCU, E., 1994 – *Studiul relației dintre masa radiculară a lucernei și masa vegetativă recoltabilă*. Anale ICDA, LXI: 217-226.
- ȚERBEA, M., HERA, Cr., TONCEA, I., MOGA, R., 1986 – *Unele caracteristici morfologice ale hibrizilor de floarea-soarelui*. Colocviu franco-român, „Nutriția și formarea recoltelor”.
- ȚERBEA, MARIA, 1972 – *Modificări fiziologice provocate de atacul ciupercii Fusarium moniliforme Scheld în planta de porumb*. Teză de doctorat, Universitatea București.

- ȚERBEA, MARIA, 1982 – *Productivitatea fotosintetică a diferitelor genotipuri de floarea-soarelui*. An. ICCPT, XLX: 277-285.
- ȚERBEA, M., PETCU, E., MICUȚ, GH., 1996 – *Results and new trends in drought resistance studies for main Romanian crops*. Proc. of Int. Symp „Drought and Plant Production”, Yugoslavia.
- VELICOGU, A., HURDUC, N., DOUCET, M., DOUCET, I., 1984 – *Capacitatea de rezistență la îngheț în diferite faze de vegetație a soiurilor și liniilor de in de fibră*. Probleme de agrofitehnie teoretică și aplicată, VI, 1: 87-101.
- ZGLIMBEA, G.R., MIHĂILĂ, V., 1997 – *Studii asupra interdependenței dintre mărimea dozelor de îngrășăminte și activitatea fosfatazei la porumb*. An. INCDA, LXIV: 287-299.
- ZGLIMBEA, G.R., HARMS, H., 1997 – *Studies on the implication of ABA, total glutathione and glutathione reductase in plant drought resistance*. Proc. Intern. Symposium „Drought and Plant Production”, Serbia, vol. I: 431-437.

*Prezentată Comitetului de redacție la 17 aprilie 2007*