

EFFECTUL TEMPERATURILOR SCĂZUTE ASUPRA FLUORESCENȚEI CLOROFILEI ȘI RELAȚIA CU REZISTENȚA LA GER A ORZULUI DE TOAMNĂ

THE EFFECT OF LOW TEMPERATURES ON CHLOROPHYLL FLUORESCENCE AND ITS RELATIONSHIPS WITH FROST RESISTANCE OF WINTER BARLEY

ELENA PETCU¹, LILIANA VASILESCU¹, EUGEN PETCU¹

Abstract

Low temperature influences crop photosynthetic performance. In this study, we applied rapid, non-invasive records of chlorophyll fluorescence for evaluation of photosynthetic performance for several barley (*Hordeum vulgare*) genotypes and studied the relationships between these and frost resistance. Plants were grown in big pots filled with the soil: sand mixture and cold hardened under controlled climatic conditions (at 5°C for 30 days). The cold hardened plants were exposed to -14°C, with a gradual reduction of the temperature from 2 to 2 degrees, starting from 0°C.

Our results showed the existence of significant genetic variability for maximum quantum yield of photosynthesis and the performance index was also responsive and correlated with the frost resistance of studied barley genotypes ($r = -0.71^{***}$, -0.76^{***}). Thus, we can recommend performance index and maximum quantum yield as the simple parameters for the rapid evaluation of the photosynthetic performance for barley and as indicators for early assessment of the frost resistance level.

Cuvinte cheie: orz de toamnă, temperaturi scăzute, fluorescența clorofilei, rezistență la ger.

Keywords: winter barley, low temperatures, chlorophyll fluorescence, frost resistance.

INTRODUCERE

Temperaturile scăzute din timpul iernii reprezintă un stres abiotic major pentru cerealele de toamnă. La orz (*Hordeum vulgare* L.), una dintre cele mai importante cerințe agronomice este o rezistență bună la îngheț și iernare. Rezistența la ger și iernare este o însușire fiziologică care se modifică ușor și repede în perioada de trecere de la toamnă-iarnă-primăvară, în funcție de evoluția condițiilor externe. Nivelul de rezistență, pentru aceeași specie și chiar pentru același soi, variază în mod semnificativ de la an la an, după modul în care s-au

¹ I.N.C.D.A. Fundulea. E-mail: petcue@ricic.ro

desfășurat procesele de călire naturală, de creștere și dezvoltare ale plantelor, în condițiile meteorologice ale anului respectiv. În timpul călirii, s-au observat câteva modificări fiziologice, cum ar fi modificarea compoziției lipidelor din plasmembranele celulare (U e m u r a și colab., 1994), acumularea de substanțe protectoare (carbohidrații, aminoacizii liberi) (P e t c u și colab., 2000) sau schimbarea proprietăților fluorescenței clorofilei, respectiv funcționarea fotosistemului II (FS II) (G r a y și colab., 2003). Conform datelor din literatura de specialitate, până în prezent s-a demonstrat că fluorescența clorofilei este influențată de aprovizionarea cu apă a plantelor (P e t c u și colab., 2014), nutriția minerală (C h i ț u și colab., 2005), înghețuri (M o h a m m e d și colab., 1995) și intensitatea luminii (F l e a n c u și C h i ț u, 2005; C o l o m și colab., 2002). În această lucrare am evaluat efectul temperaturilor scăzute asupra fluorescenței clorofilei și relațiile cu gradul de rezistență la ger pentru a evidenția variabilitatea genetică a genotipurilor de orz studiate.

MATERIAL ȘI METODE

Au fost studiate 16 genotipuri de orz de toamnă. Semințele au fost semănate în găleți de plastic umplute cu amestec de pământ : nisip (3:1). Plantele au fost călite/vernalizate în condiții controlate de mediu la temperatura de 5°C, timp de 30 de zile. Tratatamentul de ger a constat în scoaterea plantelor din sol, introducerea în pungi de plastic și expunerea la temperatura de -14°C, cu o reducere graduată din 2 în 2°C, pornind de la 0°C (la fiecare nivel de temperatură plantele au fost menținute timp de 2 ore). După atingerea temperaturii minime, temperatura a fost ridicată graduat până la 4°C, temperatura la care plantele au fost menținute timp de 12 ore, după care au fost replantate în sol și menținute în condiții optime (22-24°C) pentru reluarea creșterii.

Rezistența la temperaturi scăzute a fost apreciată prin bonitatea vătămarilor (indice de vătămare) produse de ger și a vitezei de reluare a proceselor de creștere după expunerea la ger, cu note de la 1 - foarte rezistent la 9 - foarte sensibil.

Fluorescența clorofilei s-a măsurat la plantele martor (fără tratamentul de ger) și la trei zile de la refacerea plantelor după expunerea la ger, cu ajutorul dispozitivului portabil „Handy Pea”, Hansatech. Măsurătorile s-au făcut în regiunea mediană a frunzei, după un timp de 15 de minute de adaptare la întuneric. S-au determinat următorii parametri:

- F_0 – fluorescența minimă sau inițială, care apare în condițiile în care antenele colectoare sunt deschise pentru primirea cuantelor de lumină, frunza fiind adaptată la întuneric (cel puțin 15 minute);

- F_m – fluorescența maximă, înregistrată după expunerea la sursa de excitație (spotul luminos al aparatului). În aceste condiții toate situsurile antenelor colectoare sunt închise, saturate cu cuante de lumină;

- F_v/F_m – randamentul cuantic maxim, indicator al eficienței maxime a transferului energiei de excitație și se calculează cu ajutorul formulei: $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$.

- indicii de performanță (PI), care este un indicator pentru trei componente principale ale fluorescenței clorofilei, și anume: activitatea fotosintetică, densitatea centrilor de reacție fotosintetică și probabilitatea ca un foton absorbit să fie folosit pentru separarea și transferul de electroni.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Expunerea plantelor la ger a influențat negativ capacitatea plantelor de a capta lumină, valorile fluorescenței inițiale (sau minime) ale clorofilei fiind mai reduse la toate genotipurile studiate expuse la ger comparativ cu valorile înregistrate la plantele neexpuse (figura 1).

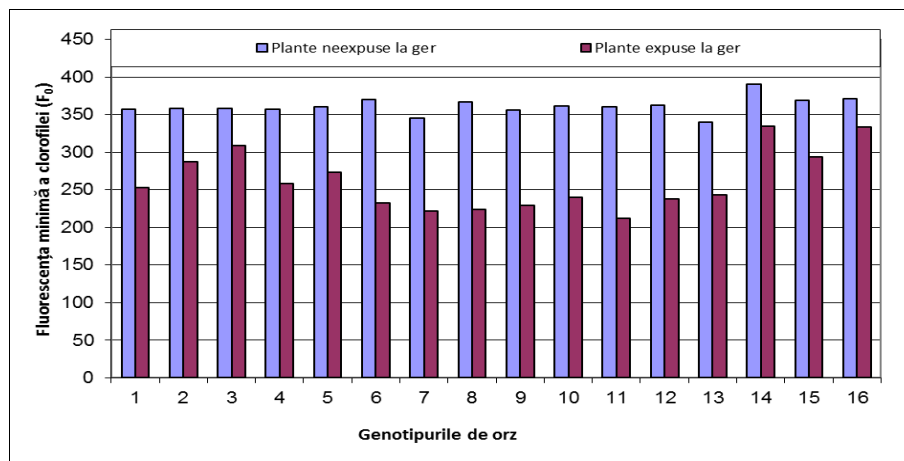


Figura 1 – Efectul stresului termic negativ (ger) asupra fluorescenței minime a clorofilei (F_0)
(The effect of frost temperatures on minimum chlorophyll fluorescence – F_0)

Fluorescența maximă a clorofilei înregistrată la plantele expuse la ger a avut valori mai reduse comparativ cu valorile realizate de genotipurile neexpuse la ger, ceea ce evidențiază efectul negativ al temperaturilor scăzute asupra aparatului fotosintetic (figura 2).

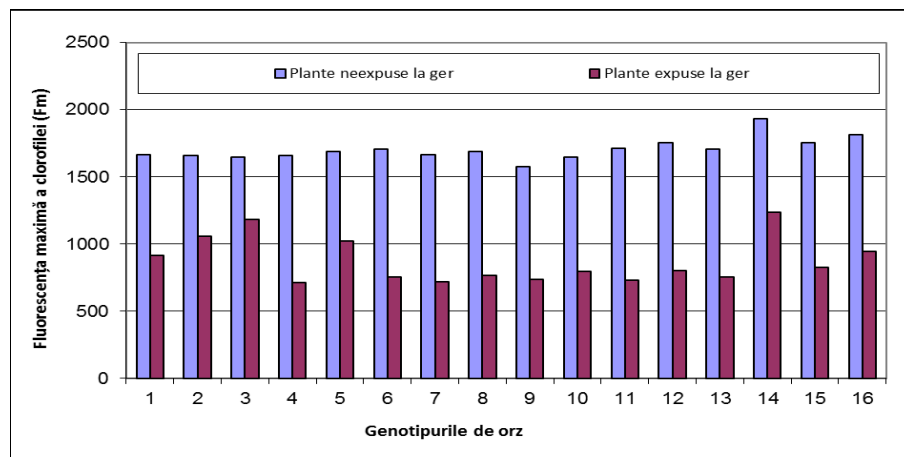


Figura 2 – Efectul stresului termic negativ (ger) asupra fluorescenței maxime a clorofilei (F_m)
(The effect of frost temperatures on maximum chlorophyll fluorescence – F_m)

În condiții optime, raportul Fv/Fm al frunzelor aclimatizate la rece nu a fost afectat (figura 3), nefiind diferențe între genotipuri, ceea ce indică faptul că nu a existat nicio pierdere în randamentul maxim al fotosistemului PSII, respectiv reacția fotochimică primară a aparatului fotosintetic nu a fost afectată.

La plante expuse la ger (-14°C), s-a constatat o scădere a eficienței fotosintetice la toate genotipurile și existența a patru genotipuri de orz (4, 6, 15 și 16) cu valori inferioare ale Fv/Fm, ceea ce indică un randament fotosintetic mai redus la aceste genotipuri.

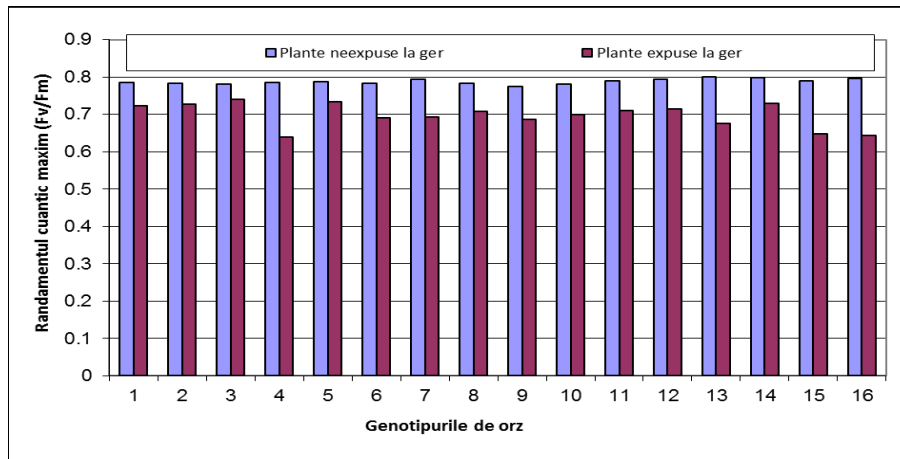


Figura 3 – Efectul stresului termic negativ (ger) asupra randamentului cuantic maxim al fotosintezei (Fv/Fm)
(The effect of frost temperatures on the maximum quantum yield of photosynthesis – Fv/Fm)

Între gradul de rezistență la ger și capacitatea de transfer a energiei de excitație luminoasă (raportul Fv/Fm) este o corelație foarte semnificativă negativă ($r = -0,71^{***}$, figura 4).

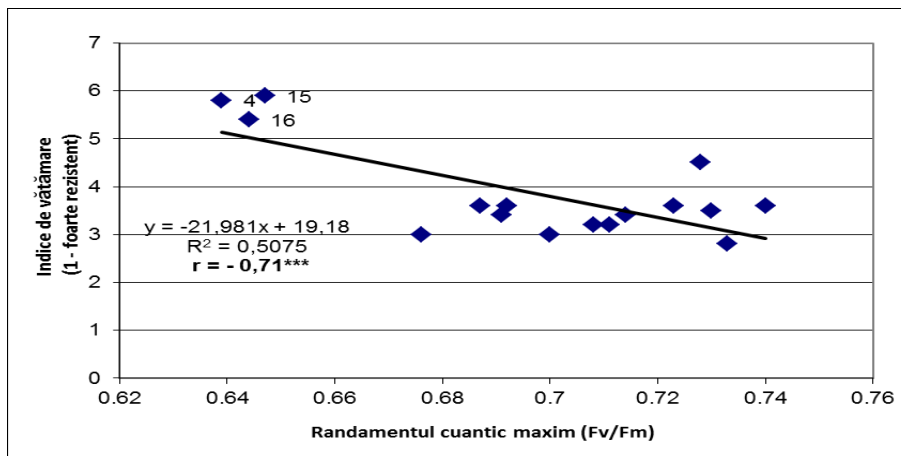


Figura 4 – Relația dintre rezistența la ger exprimată ca indice de vătămare și randamentului cuantic maxim al fotosintezei
(The relationship between frost resistance expressed as an injury index and maximum quantum yield of photosynthesis)

Genotipurile mai sensibile (indice de vătămare cu valori mai mari, genotipurile 4, 15 și 16) au un raport al fluorescenței clorofilei mai ridicat după expunerea la ger, comparativ cu celelalte genotipuri studiate (figura 4).

Rezultatele privind corelarea dintre toleranța la ger a genotipurilor de orz și parametri legați de fluorescența clorofilei sunt relativ insuficiente pentru explicarea și înțelegerea mecanismelor de toleranță la temperaturi scăzute. Astfel, R a p a c z și colaboratorii (2018) sugerează că nivelul de toleranță la ger măsurat în laborator poate să nu reflecte expresia de rezistență din câmp dacă nu s-au realizat condițiile favorabile pentru o călire corespunzătoare. Rezultatele obținute de noi evidențiază o acuratețe a testelor de ger, toleranța la ger a plantelor călite în condiții controlate de mediu s-a corelat foarte semnificativ pozitiv cu toleranța la ger a plantelor călite în condițiile anilor 2016 ($r = 0,85^{***}$) și 2017 ($r = 0,95^{***}$) (figura 5).

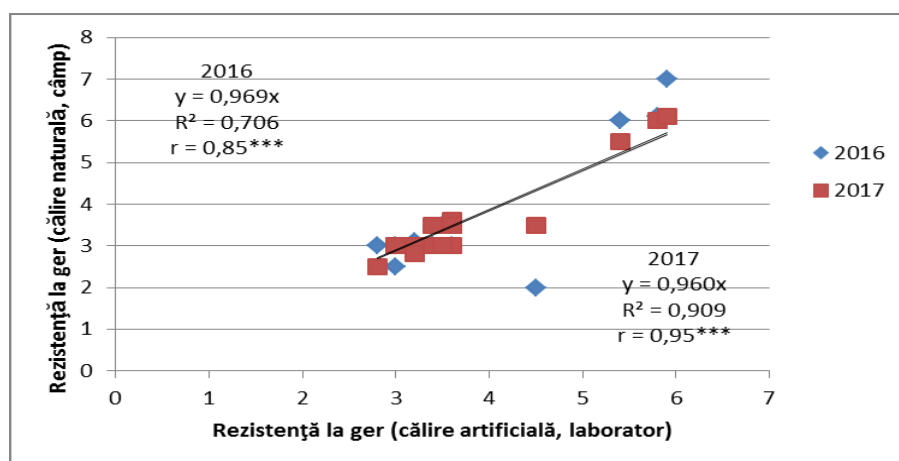


Figura 5 – Relația dintre rezistența la ger a plantelor călite în condiții controlate de mediu și rezistența la ger a plantelor de orz călite în condițiile anilor 2016 și 2017

(The relationship between frost resistance of plants hardened under controlled environmental conditions and frost resistance of barley plants hardened under the conditions of 2016 and 2017)

Importanța fluorescenței clorofilei în cuantificarea gradului de toleranță la ger la orzul de toamnă este evidențiată și de corelațiile cu indicele de performanță (figura 6).

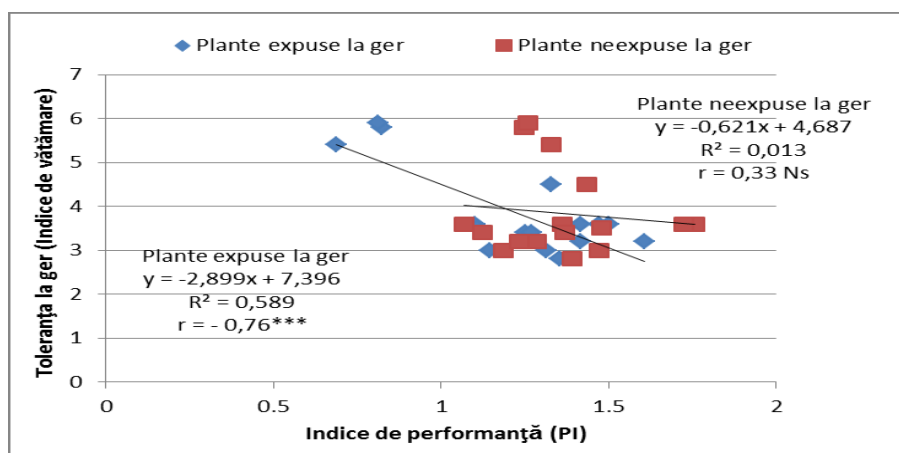


Figura 6 – Relația dintre rezistența la ger (exprimată prin indice de vătămare) și indicele de performanță la genotipurile de orz studiate
 [The relationship between frost resistance (expressed as injury index) and the performance index of the barley genotypes studied]

Studiile efectuate de K a l a j i și colaboratorii (2012) la orz au stabilit că indicele de performanță este un indicator sensibil pentru a explora efectul schimbărilor de lumină asupra activității PSII, imediat după aplicarea stresului, în timp ce randamentul cuantic maxim s-a modificat după o perioadă mai lungă de la aplicarea stresului.

CONCLUZII

Rezultatele au evidențiat existența unei variabilități genetice semnificative pentru fluorescența clorofilei corelată cu toleranța la temperaturi scăzute a genotipurilor de orz studiate. Genotipurile de orz sensibile la temperaturi scăzute au prezentat o capacitate mai redusă de captare a energiei, cât și un transfer deficitar al energiei de excitație în cadrul procesului de fotosinteză. Pe această bază, noi recomandăm folosirea indicatorilor de fluorescența clorofilei (raportul Fv/Fm și indicele de performanță) pentru caracterizarea nivelului de rezistență la ger al genotipurilor de orz de toamnă și promovarea celor corespunzătoare acestui deziderat.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- CHIȚU, E., CHIȚU, V., FILIPESCU, L., CALOGREA, M., HOROROI, A., 2005 – *Evaluarea deprecierei calității merelor în perioada păstrării prin determinarea fluorescenței clorofilei*. Lucrări științifice ale USAMV Iași, I: 513-518, I.S.S.N. 1454 -7376.
- COLOM, M.R., PINI PRATO, E., GIANNINI, R., 2002 – *Chlorophyll fluorescence and photosynthetic response to light in 1 year-old needles during spring and early summer*. Trees, 17: 207-210.
- FLEANCU, M., CHIȚU, V., 2005 – *Aspecte privind utilizarea fluorescenței clorofilei în studierea influenței factorilor de mediu asupra fotosintezii la măr*. Lucrări științifice USAMV, Iași, XLVII, I (48): 645-652.
- GRAY, R., HOPE, B.J., QIN, X.Q., TAYLOR, B.G., WHITEHEAD, C.L., 2003 – *The characterization of photoinhibition and recovery during cold acclimation in Arabidopsis thaliana using chlorophyll fluorescence imaging*. Physiol. Plant, 119: 365-375.

- KALAJI, H.M., CARPENTIER, R., ALLAKHVERDIEV, S.I., BOSA, K., 2012 – *Fluorescence parameters as early indicators of light stress in barley*. Journal of Photochemistry and Photobiology, B: Biology, 112: 1-6.
- RAPACZ, M., TYRKA, M., KACZMAREK, W., GUT, M., WOLANIN, B., MIKULSKI, W., 2018 – *Photosynthetic acclimation to cold as a potential physiological marker of winter barley freezing tolerance assessed under variable winter environment*. Journal of Agr. and Crop Sci., vol. 204.
- MOHAMMED, G.H., BINDER, W.D., GILLES, S.L., 1995 – *Chlorophyll fluorescence: a review of its practical forestry applications and instrumentation*. Scandinavian Journal of Forest Research, 10: 483-510.
- PETCU, E., SCHITEA, M., DRĂGAN, L., 2014 – *The effect of water stress on stomatal resistance and chlorophyll fluorescence and their association with alfalfa yield*. Romanian Agricultural Research, 31: 114 -119.
- PETCU, E., ȚERBEA, M., DUȚĂ, Z., 2000 – *Study on the relationship between frost resistance and free proline content in some winter wheat and barley genotypes*. Romanian Agricultural Research, 13-14: 37-42.
- UEMURA, M., STEPONKUS, P.L., 1994 – *A contrast of the plasma membrane lipid composition of oat and rye leaves in relation to freezing tolerance*. Plant Physiol., 104: 479-496.

Prezentată Comitetului de redacție la 12 iunie 2018