

Variabilitatea unor caractere ale paiului asociate cu rezistența la cădere, la câteva soiuri românești de grâu de toamnă (*Triticum aestivum* L.)

Variability of some characters of the straw associated with lodging resistance, in some Romanian varieties of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

Vasile Manda¹, Gabriela Șerban¹,
Cristina-Mihaela Marinciu¹, Nicolae N. Săulescu¹

Abstract

Lodging is a major limiting factor, which can reduce wheat yields by up to 80%. Some stem characters (plant height, first internode length, diameter and wall width) are among the characters with highest influence on stem lodging, while root lodging depends on the soil anchorage. This paper analyzes variability of some stem characters, measured in 2020 and 2021 in the wheat breeding field of the Fundulea Institute, in 14 winter wheat cultivars released in Romania between 1933 and 2022. Lodging observed in the field averaged over 4 years was significantly correlated only with plant height and first internode length, when all 14 cultivars were analysed, but was not correlated with any stem characters when only semidwarf cultivars were taken into account. First internode diameter was associated, but not significantly, with better lodging resistance, while higher wall width was observed in lodging susceptible cultivars due to of its correlation with plant height.

Best lodging resistance was observed in cultivars Pitar, which was the shortest of all analysed cultivars, and in FDL Miranda, which had a taller stem, over 100 cm, but also the highest value of first internode diameter.

Specific weight of first internode (g/mm) was correlated with wall width, and might be used as an easier to measure proxy for the latter.

Cuvinte cheie: cădere, înălțimea plantei, primul internod, diametru, grosimea peretelui.

Keywords: lodging, plant height, first internode, diameter, wall width.

INTRODUCERE

Fenomenul de cădere a plantelor este unul din factorii limitativi majori ai producției la grâu.

Căderea poate reduce producția cu până la 80% prin reducerea numărului și mărimii boabelor, ca și prin reducerea părții de recoltă care poate fi recoltată cu combina. De asemenea, căderea poate reduce calitatea producției și crește costurile pentru recoltare și pentru uscarea recoltei (Berry și colab., 2004). Fenomenul căderii se manifestă în toate

¹INCDA Fundulea. E-mail: mandea_2009@yahoo.com

zonele lumii (Khobra și colab., 2019), iar schimbările climatice pot aduce creșterea frecvenței furtunilor și averselor de ploaie, care ar produce mai frecvent căderea plantelor.

Și în România, căderea este frecventă (Marinciu și colab., 2022), iar producția din culturile comparative cu soiuri de grâu a fost semnificativ afectată de cădere în trei din 19, adică 16% din condițiile analizate.

Căderea este o trăsătură complexă, cantitativă, controlată de numeroase caracteristici ale plantelor și influențată de condițiile de mediu (Dreccer și colab., 2022). Există două tipuri de cădere la cerealele păioase: căderea din tulpină și căderea din rădăcină (Berry și Berry, 2015), astfel încât rezistența la cădere depinde pe de o parte de caracteristicile paiului, iar pe de altă parte de sistemul de ancorare a plantelor în sol. Cercetările au dovedit că printre caracterele care influențează cel mai mult riscul de cădere din tulpină se numără înălțimea plantei (înălțimea centrului de gravitate al plantei este în funcție de greutatea spicului), lungimea și diametrul internodiilor bazale, grosimea peretelui paiului și rezistența bazei tulpinii. Căderea din rădăcină depinde de distribuția și adâncimea rădăcinilor. Internodii bazale mai scurte sunt considerate o garanție a rezistenței la cădere (Berry și colab., 2004; Khobra și colab., 2019; Shah și colab., 2019).

Există o variație genetică importantă, în parte încă neexplorată, pentru multe din caracterele care influențează rezistența la cădere, iar cercetările au arătat că acestea au o eritabilitate ridicată, cuprinsă între 51 și 93% (Berry și colab., 2004; Berry și Berry, 2015). Aceasta oferă posibilități importante de progres în ameliorarea rezistenței la cădere.

În ultimii treizeci de ani s-au făcut, pe plan mondial, progrese deosebite pentru rezistența la cădere, îndeosebi prin reducerea înălțimii plantelor, ca efect al folosirii genelor de reducere a taliei, care au stat la baza cunoscutei „Revoluții verzi”.

Îmbunătățirea rezistenței la cădere este însă în continuare necesară pentru reducerea riscurilor crescute determinate de spicele mai grele și desimile (număr spice/m²) mai mari asociate sporirii potențialului de producție, în condițiile creșterii frecvenței fenomenelor climatice extreme.

Numeroase cercetări au demonstrat că există o înălțime minimă compatibilă cu producții ridicate, astfel încât perspectiva reducerii riscurilor de cădere prin reducerea în continuare a înălțimii plantelor este limitată. În acest context, amelioratorii trebuie să exploateze variabilitatea genetică disponibilă în privința caracteristicilor paiului și sistemului radicular și să combine caracterele multiple asociate cu rezistența la cădere (Berry și colab., 2004; Khobra și colab., 2019).

Prezenta lucrare și-a propus să analizeze câteva caracteristici ale paiului și relația acestora cu rezistența la cădere, la unele soiuri cultivate în România în perioada 1933-2022.

MATERIAL ȘI METODE

Au fost studiate 14 soiuri cultivate în România de-a lungul timpului, de la soiul A15 introdus în cultură în anul 1933, la soiul FDL Abund înregistrat în anul 2022 (tabelul 1).

Căderea, pe parcelele de 6 m² semănate cu o colecție de soiuri în câmpul de ameliorarea grâului de la INCDA Fundulea (44°27'45" N latitudine și 26°31'35" E longitudine, 68 m peste nivelul mării), a fost apreciată prin note de la 1 (absența căderii) la 9 (cădere totală), iar caracterizarea comportării soiurilor a fost făcută pe baza mediei notelor din perioada 2019-2022.

În anii 2020 și 2021 au fost recoltate din parcele probe, la care s-au determinat la câte 5 plante în 3 repetiții următoarele caractere ale paiului:

- înălțimea plantei s-a măsurat de la nivelul solului la vârful spicului (cm);
- lungimea primului internod s-a măsurat de la nivelul solului (fără rădăcinile coronare) (cm);
- diametrul paiului a fost măsurat la mijlocul primului internod (mm). Pentru a lua în considerare abaterile de la circularitatea paiului s-au făcut câte două măsurători în unghi de 90°;
- greutatea primului internod (g);
- grosimea peretelui paiului s-a măsurat la mijlocul primului internod (mm).

S-a calculat raportul dintre greutatea specifică a primului internod și lungimea internodului.

Anii 2019-2020 și 2020-2021 au fost diferiți din punct de vedere al condițiilor climatice, ceea ce a determinat caracteristici diferite ale paiului. Anul 2019-2020 s-a caracterizat printr-o secetă accentuată, în timp ce anul 2020-2021 a fost un an ploios (figura 1).

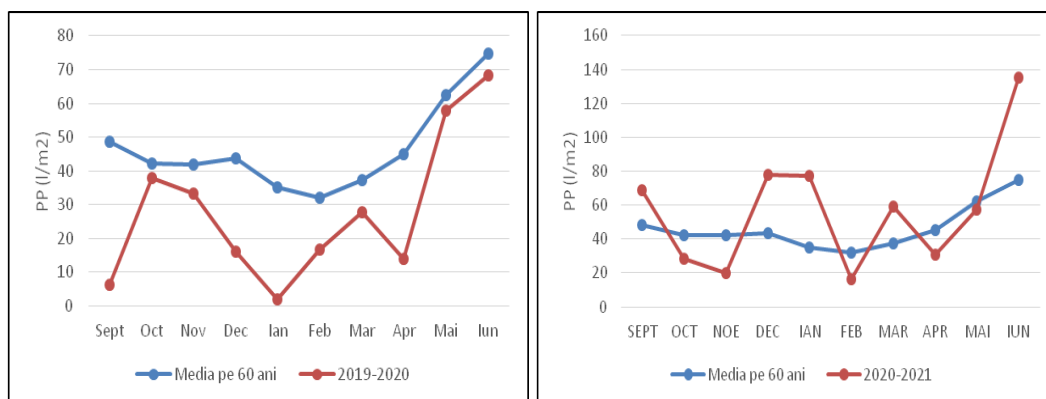


Figura 1 – Precipitațiile înregistrate în anii 2019-2020 și 2020-2021
(Precipitation recorded in the years 2019-2020 and 2020-2021)

Pentru o caracterizare cât mai corectă a soiurilor, în această lucrare am folosit media notelor pentru cădere din ultimii patru ani și media măsurărilor din cei doi ani de studiu. Rezultatele au fost valorificate prin analiza varianței și prin calculul corelațiilor și regresiilor.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Soiurile analizate au fost foarte diferite din punct de vedere al rezistenței la cădere, notele medii variind între 1,4 și 7,8 (tabelul 1). Datele ilustrează o îmbunătățire evidentă în timp a rezistenței la cădere, nota pentru căderea plantelor scăzând în medie cu mai mult de jumătate de punct (-0,64) la fiecare 10 ani. Deși tendința este foarte semnificativă statistic ($r = 0,80^{***}$), se remarcă unele soiuri cu o comportare la cădere mult mai bună (FDL Miranda și Pitar) sau mai slabă (Otilia), decât cea așteptată pe baza regresiei dintre anul introducerii în producție și nota la cădere.

Tabelul 1

Căderea și anul introducerii în producție a soiurilor de grâu analizate
(Lodging and the year of introduction into production of the analyzed wheat varieties)

Nr. crt.	Soiul	Anul înregistrării	Nota medie la cădere	Abaterea de la regresia-an/cădere
1	A15	1933	7,80	-0,71
2	Bezostaia 1	1961	7,80	1,09
3	Iulia	1974	6,60	0,73
4	Fundulea 4	1987	3,80	-1,23
5	Dropia	1993	4,00	-0,64
6	Boema 1	2000	4,80	0,61
7	Glosa	2005	4,60	0,73
8	Izvor	2008	4,70	1,02
9	FDL Miranda	2011	1,40	-2,09
10	Otilia	2013	5,60	2,24
11	Pitar	2015	1,40	-1,83
12	Ursita	2021	2,40	-0,44
13	Voinic	2020	2,40	-0,51
14	FDL Abund	2022	3,80	1,02

Caracterele paiului analizate în prezenta lucrare au prezentat, atât o variabilitate genetică semnificativă, cât și de mediu (tabelul 2).

Tabelul 2

Analiza varianței pentru caracterele paiului
(Analysis of variance for straw characters)

ANOVA			Înălțimea plantei		Diametrul primului internod		Grosimea peretelui la primul internod		Lungimea primului internod		Greutatea specifică a primului internod	
<i>Sursa variației</i>	GL	F crit 5%	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F
Soiuri	13	1,89	886,6	72,1	0,33	4,70	0,012	4,24	4,40	3,51	0,00085	4,36
Ani	1	4,01	742,8	60,4	1,40	19,68	0,009	3,11	57,15	45,61	0,02743	143,29
Eroare	56	-	12,3	-	0,07	-	0,003	-	1,25	-	0,00019	-

În medie pe 2 ani, înălțimea plantei a variat între 90,3 cm (Pitar) și 136,7 cm (soiul A15), fiind ușor de observat reducerea taliei la soiurile mai nou create comparativ cu soiurile mai vechi. Lungimea primului internod a variat între 44,6 mm (la soiul Pitar) și 81,3 mm (la soiul A15), iar greutatea primului internod, a avut valoarea maximă tot la soiul A15 și valoarea minimă la soiul Pitar (tabelul 3).

Diametrul primului internod a variat între 3,64 mm (soiul Otilia) și 4,48 mm (soiul FDL Miranda), fără o tendință a evoluției în timp.

Tabelul 3

Caracterele paiului la soiurile de grâu de toamnă studiate (medii pe 2 ani)
[Characteristics of straw in winter wheat varieties studied (2-year averages)]

Soiul	Înălțimea plantei (cm)	Diametrul primului internod (mm)	Lungimea primului internod (mm)	Greutatea primului internod (g)	Greutatea specifică a primului internod (g/mm)	Grosimea peretelui paiului (mm)
A15	<i>136,7</i>	3,76	<i>81,3</i>	<i>0,98</i>	<i>0,069</i>	0,536
Bezostaia 1	108,9	4,29	75,6	0,49	0,049	0,481
Iulia	113,2	4,11	77,2	0,58	0,063	0,473
Fundulea 4	92,8	4,20	65,4	0,43	0,049	0,431
Dropia	93,7	4,11	70,5	0,48	0,063	0,484
Boema 1	99,5	4,26	66,8	0,49	0,056	<i>0,540</i>
Glosa	94,21	4,11	67,8	0,48	0,054	0,489
Izvor	97,2	3,91	59,6	0,49	0,056	0,500
FDL Miranda	101,7	<i>4,48</i>	61,0	0,59	0,063	0,505
Otilia	91,3	<i>3,64</i>	55,4	0,40	<i>0,039</i>	<i>0,402</i>
Pitar	<i>90,3</i>	3,71	<i>44,6</i>	<i>0,38</i>	0,043	0,408
Ursita	97,3	4,07	55,6	0,44	0,040	0,498
Voinic	96,4	4,04	54,5	0,46	0,044	0,492
FDL Abund	96,9	3,69	54,7	0,46	0,041	0,422

Bold - valorile cele mai avantajoase pentru rezistența la cădere;

Italic - valorile cele mai nefavorabile pentru rezistența la cădere.

Dintre toate caracterele analizate, numai înălțimea plantei și lungimea primului internod au fost semnificativ corelate cu nota medie la cădere (tabelul 4). Un diametru mai mare al primului internod a fost asociat nesemnificativ, cu o mai bună rezistență la cădere.

Soiurile care au prezentat un grad mai ridicat de cădere au prezentat o grosime mai mare a peretelui paiului.

Tabelul 4

Corelația dintre cădere și unele caractere ale paiului
(Correlation between lodging and some characteristics of the straw)

Caracterul paiului	Coeфициentul de corelație (r)
Rezistența la cădere (note) x Înălțimea plantei	<i>0,657</i>
Rezistența la cădere (note) x Diametrul primului internod	-0,102
Rezistența la cădere (note) x Lungimea primului internod	<i>0,791</i>
Rezistența la cădere (note) x Greutatea primului internod	0,504
Rezistența la cădere (note) x Greutatea specifică a primului internod	0,356
Rezistența la cădere (note) x Grosimea paiului la primul internod	0,217

Corelațiile dintre caracterele paiului explică relația acestora cu rezistența la cădere (tabelul 5). Înălțimea plantei a fost strâns corelată cu lungimea, greutatea și greutatea specifică a primului internod, dar și cu grosimea peretelui paiului, ceea ce a făcut ca eventualul efect pozitiv al grosimii paiului asupra rezistenței la cădere să fie anulat de efectul negativ al înălțimii paiului.

Tabelul 5

Corelațiile între caracterele paiului analizate
(Correlations between analyzed straw characters)

	Înălțimea plantei	Diametrul primului internod	Lungimea primului internod	Greutatea primului internod	Greutatea specifică a primului internod
Înălțimea plantei	1	-	-	-	-
Diametrul primului internod	-0,007	1	-	-	-
Lungimea primului internod	0,731**	0,364	1	-	-
Greutatea primului internod	0,941***	-0,028	0,666*	1	-
Greutatea specifică a primului internod	0,631*	0,381	0,752**	0,732**	1
Grosimea paiului la primul internod	0,533*	0,512	0,541*	0,577*	0,648*

* semnificativ pentru $P < 5\%$; ** semnificativ pentru $P > 1\%$, *** semnificativ pentru $P > 0,1\%$.

Lungimea primului internod a fost corelată semnificativ cu greutatea, greutatea specifică și grosimea peretelui primului internod. Diametrul paiului nu a fost semnificativ corelat cu niciunul din celelalte caractere ale paiului.

Pe de altă parte, corelația destul de strânsă dintre greutatea specifică a primului internod și grosimea peretelui paiului poate permite folosirea acestui caracter pentru o aproximare a grosimii peretelui, care este mai dificil de determinat.

Gradul de cădere s-a corelat semnificativ cu înălțimea plantelor, dacă s-au luat în considerare soiurile cultivate de-a lungul unei perioade îndelungate de timp, ceea ce reflectă evoluția constatată în ameliorarea grâului (figura 2). Dacă se ignoră însă soiurile A15, Iulia și Bezostaia 1, care nu posedă alela de reducere a taliei *Rht-B1b*, relația dintre înălțimea plantelor și cădere este mai puțin evidentă.

Unul din cele două soiuri care au avut comportarea cea mai bună a fost soiul Pitar, cel mai scund dintre soiurile analizate.

Posibilitățile de ameliorare în continuare a rezistenței la cădere prin reducerea taliei ar putea fi limitate. Numeroase cercetări au stabilit că la grâu producțiile cele mai ridicate se obțin la genotipuri cu înălțimea cuprinsă între 70 și 100 cm (Richards, 1992; Flintham și colab., 1997), iar reducerea taliei are și efecte negative, care pot fi importante, mai ales pentru condițiile din țara noastră. În primul rând este vorba despre faptul că genele cele mai utilizate pentru reducerea taliei, care determină insensibilitatea la acidul gibberelic, au ca efect pleiotropic reducerea lungimii coleoptilului, cu efecte negative asupra răsării și instalării culturii în condiții mai puțin favorabile (Rosyara și colab., 2009).

Talia redusă cauzată de genele *Rht-B1b* și *Rht-D1b* a fost asociată cu valori scăzute ale biomasei, ale eficienței transpirației (TE) și ale eficienței folosirii apei (WUE) (Ehdaie și Waines, 1994), iar plantele mai scunde posedă rezerve mai mici de asimilate în tulpină, care să fie disponibile pentru remobilizare către boabe în condiții de stres hidric sau termic (Blum și Sullivan, 1997; Yang și colab., 2002; Butler și colab., 2005). Pe de altă parte, înălțimea plantelor s-a dovedit a fi corelată cu biomasa totală a rădăcinilor (Bektas și colab., 2016).

Pentru reducerea acestor efecte negative ale taliei reduse a plantelor de grâu, în mai multe programe de ameliorare din lume se iau în considerare utilizarea altor gene de reducere a taliei care nu implică insensibilitatea la acidul giberelic, cum sunt *Rht5* (Daoura și colab., 2013), *Rht8* (Rebetzke și Richards, 2000), *Rht13* (Rebetzke și colab., 2011) și *Rht18* (Rebetzke și colab., 2022), sau ameliorarea pentru creșterea biomasei sau a rezistenței la secetă și arșiță a genotipurilor semipitice.

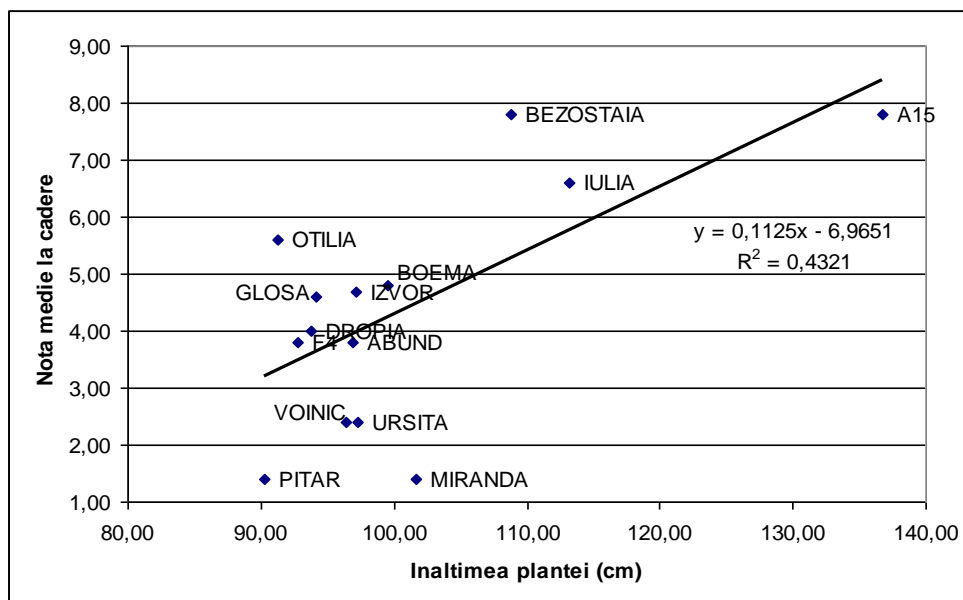


Figura 2 – Relația dintre înălțimea plantelor (medie pe doi ani) și rezistența la cădere (nota medie)
[The relationship between plant height (two-year average) and resistance to lodging (average)]

O abordare diferită poate fi exploatarea posibilităților de îmbunătățire a rezistenței la cădere a genotipurilor mai înalte. Un exemplu în aceste sens îl oferă în această lucrare soiul FDL Miranda, care prezintă o înălțime mare a plantei (peste 100 cm) și nivelul cel mai ridicat al rezistenței la cădere, explicabilă prin diametrul mare al paiului.

Cumularea mai multor caractere ale paiului și rădăcinilor care pot influența pozitiv rezistența la cădere, exceptând o înălțime mai redusă a plantelor, ar putea permite crearea de soiuri de grâu la care rezistența la cădere să nu fie asociată cu sensibilitatea la stres hidric și termic.

CONCLUZII

Caracterele paiului analizate în această lucrare au prezentat o variabilitate semnificativă la cele 14 soiuri de grâu reprezentative pentru germoplasma românească. Niciunul din soiurile analizate nu a cumulat valori optime pentru o bună rezistență la cădere pentru toate caracterele paiului, ceea ce sugerează că există șanse de progres în continuare în privința rezistenței la căderea din pai.

Ameliorarea în continuare a rezistenței la cădere se poate face prin reducerea înălțimii paiului sub valorile soiurilor actuale (cu condiția contracarării efectelor negative ale unei talii mai mici asupra instalării culturii și rezistenței la stres hidric și termic) și prin creșterea tăriei internodiilor bazale (mai ales prin creșterea diametrului și îmbunătățirii structurii fizico-chimice a acestor internodii).

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- BEKTAS, H., HOHN, C.E., WAINES, J.G., 2016 – *Root and shoot traits of bread wheat (Triticum aestivum L.) landraces and cultivars*. Euphytica, 212(2): 297-311.
- BERRY, P.M., BERRY, S.T., 2015 – *Understanding the genetic control of lodging-associated plant characters in winter wheat (Triticum aestivum L.)*. Euphytica, 205(3): 671-689.
- BERRY, P.M., STERLING, M., SPINK, J.H., BAKER, C.J., SYLVESTER-BRADLEY, R., MOONEY, S.J., ENNOS, A.R., 2004 – *Understanding and reducing lodging in cereals*. Advances in Agronomy, 84(04): 215-269.
- BLUM, A., SULLIVAN, C.Y., 1997 – *The effect of plant size on wheat response to agents of drought stress. I. Root drying*. Functional Plant Biology, 24(1): 35-41.
- BUTLER, J.D., BYRNE, P.F., MOHAMMADI, V., CHAPMAN, P.L., HALEY, S.D., 2005 – *Agronomic performance of Rht alleles in a spring wheat population across a range of moisture levels*. Crop Science, 45(3): 939-947.
- DAOURA, B.G., CHEN, L., HU, Y.G., 2013 – *Agronomic traits affected by dwarfing gene Rht-5 in common wheat (Triticum aestivum L.)*. Australian Journal of Crop Science, 7(9): 1270-1276.
- DRECCER, M.F., MACDONALD, B., FARNSWORTH, C.A., PACCAPELO, M.V., AWASI, M.A., CONDON, A.G., MCINTYRE, C.L., 2022 – *Multi-donor × elite-based populations reveal QTL for low-lodging wheat*. Theoretical and Applied Genetics, 135(5): 1685-1703.
- EHDAAIE, B., WAINES, J.G., 1994 – *Growth and transpiration efficiency of near-isogenic lines for height in a spring wheat*. Crop Science, 34(6): 1443-1451.
- FLINTHAM, J.E., BÖRNER, A., WORLAND, A.J., GALE, M.D., 1997 – *Optimizing wheat grain yield: effects of Rht (gibberellin-insensitive) dwarfing genes*. The Journal of Agricultural Science, 128(1): 11-25.
- KHOBRA, R., SAREEN, S., MEENA, B.K., KUMAR, A., TIWARI, V., SINGH, G.P., 2019 – *Exploring the traits for lodging tolerance in wheat genotypes: a review*. Physiology and Molecular Biology of Plants, 25(3): 589-600.
- MARINCIU, C.M., ȘERBAN, G., MANDEA, V., GALIT, I., BUNTA, G., PĂUNESCU, G., EȘANU, A.S., ISTICIOAIA, S., TILIHOI, M., MELUCĂ, C., TRAȘCĂ, G., VOINEA, L., MARCU, E., BORUZI, A., GORINOIU, G., BĂNĂȚEANU, C., KADAR, R., LOBONȚIU, I., FRISS, Z., LEONTE, C., GHEORGHE, R.M., ENEA, A., SĂULESCU, N.N., 2022 – *Aspecte ale comportării unor soiuri și linii de grâu românești în anii 2021 și 2022*. Analele INCDA Fundulea, XC: 1-10.
- REBETZKE, G.J., RICHARDS, R.A., 2000 – *Gibberellic acid-sensitive dwarfing genes reduce plant height to increase kernel number and grain yield of wheat*. Australian Journal of Agricultural Research, 51: 235-245.
- REBETZKE, G.J., ELLIS, M.H., BONNETT, D.G., CONDON, A.G., FALK, D., RICHARDS, R.A., 2011 – *The Rht13 dwarfing gene reduces peduncle length and plant height to increase grain number and yield of wheat*. Field Crops Research, 124: 323-331.

- REBETZKE, G.J., RATTEY, A.R., BOVILL, W.D., RICHARDS, R.A., BROOKS, B.J., ELLIS, M., PALTA, J., 2022 – *Agronomic assessment of the durum Rht18 dwarfing gene in bread wheat*. Crop and Pasture Science, 73(4): 325-336.
- RICHARDS, R.A., 1992 – *The effect of dwarfing genes in spring wheat in dry environments. I. Agronomic characteristics*. Australian Journal of Agricultural Research, 43(3): 517-527.
- ROSYARA, U.R., GHIMIRE, A.A., SUBEDI, S., SHARMA, R.C., 2009 – *Variation in south Asian wheat germplasm for seedling drought tolerance traits*. Plant Genetic Resources, 7(1): 88-93.
- SHAH, L., YAHYA, M., SHAH, S.M.A., NADEEM, M., ALI, A., ALI, A., MA, C., 2019 – *Improving lodging resistance: Using wheat and rice as classical examples*. International Journal of Molecular Sciences, 20(17): 4211.
- YANG, J., SEARS, R.G., GILL, B.S., PAULSEN, G.M., 2002 – *Genotypic differences in utilization of assimilate sources during maturation of wheat under chronic heat and heat shock stresses*. Euphytica, 125(2): 179-188.

Prezentată Comitetului de redacție 10 aprilie 2023