

## **Adaptabilitatea liniilor de porumb la stresul climatic din vegetație**

### **Adaptability of maize lines to climate stress during vegetation**

Horia Lucian Iordan<sup>1</sup>, Daniela Horhocea<sup>1</sup>, Ion Ciocăzanu<sup>1</sup>

#### **Abstract**

According to research on maize plants, drought and especially heat occurs during and after pollination, during different stages of grain filling are very dangerous for maize. If symptoms can be recognized in the field and there are significant differences between genotypes, then it is recommended to note the tolerance/adaptability of said genotypes. Inbred lines are generally more affected than hybrids and the scoring is more accurate, so it is recommended to pay more attention to experiments with inbred lines. Research aim was to identify maize inbred lines with tolerance/adaptability to adverse climatic conditions. For this purpose, 87 maize inbred lines were analyzed in experimental observation plots at NARDI Fundulea's climatic conditions, during 2017-2020.

**Cuvinte cheie:** adaptabilitate, linie consangvinizată, porumb, toleranță.

**Keywords:** adaptability, inbred line, maize, tolerance.

#### **INTRODUCERE**

Schimbările climatice tot mai accentuate de la an la an reprezintă una din principalele cauze ale randamentelor variabile ale culturilor de câmp. Prognozele arată că va avea loc o creștere progresivă a temperaturilor medii ale aerului în toate anotimpurile mai ales în sezoanele de vară și iarnă. Seceta se va manifesta, atât iarna, cât și vara, iar împreună cu temperaturile ridicate din timpul verii (arșița), vor influența negativ dezvoltarea plantelor de cultură (Iordan și colab., 2022). Îmbunătățirea adaptabilității la secetă și arșiță ale plantelor de câmp (în special a porumbului), reprezintă un obiectiv important al programelor de ameliorare din țară și străinătate. Porumbul este foarte productiv în condiții optime de agricultură și mediu. Totuși, plantele de porumb sunt foarte susceptibile la secetă și temperaturi ridicate. În fiecare an, la nivel global, 15-20% din potențialul de producție al porumbului este pierdut datorită acestor factori de stres. În acest sens, îmbunătățirea toleranței la secetă și arșiță la porumb a devenit prioritară în programele de ameliorare din cadrul sectorului privat și public iar identificarea de

---

<sup>1</sup>INCDA Fundulea. E-mail: iordanhoria@gmail.com

germoplasmă de porumb cu trăsături care să confere o toleranță ridicată la secetă și arșiță a devenit un obiectiv important pentru amelioratori.

Temperaturile ridicate din timpul perioadei de vegetație provoacă modificări metabolice ce duc la moartea celulelor, țesuturilor, organelor mergând în cazuri extreme până la moartea întregii plante (aparitia petelor/arsurilor solare). După Blum (1988) astfel de simptome apar la temperaturi ce ating 48-50°C. În cadrul studiilor efectuate de Levitt (1980) se demonstrează existența unor categorii principale de modificări ce pot avea loc în țesuturile plantelor în condiții de temperaturi ridicate: schimbarea vitezei reacțiilor chimice, denaturarea proteinelor, distrugerea membranelor plasmaticice și dezintegrare chimică.

Plantele de porumb sunt foarte vulnerabile la lipsa de apă (Daryanto și colab., 2016) iar trăsăturile fiziologice ale acestora sunt foarte influențate de fluctuațiile de temperatură (Shaw, 1983; Raza și colab., 2019) în special de arșiță. Temperaturile extreme cumulate cu lipsa de apă cauzează leziuni permanente ale frunzelor, în stadiile timpurii de dezvoltare iar țesuturile afectate se usucă repede (în special cele din componența mătăsii). Plantele care suferă fenomenele descrise își reduc capacitatea fotosintetică, produc știuleți mici care prezintă o greutate și un număr redus de boabe.

Stresul termic moderat care apare în stadiile timpurii de reproducere reduce producția de polen, rata de polenizare, mărimea și greutatea bobului, rezultând pierderi mari de recoltă (Cheikh și Jones, 1994; Cantarero și colab., 1999; Wilhelm și colab., 1999; Heiniger, 2001; Gabaldón-Leal și colab., 2016; Waqas și colab., 2021). Prezența arșiței și absența precipitațiilor în perioada mătăsit-înflorit duc la întârzierea apariției mătăsii și creșterea numărului de plante sterile.

Viabilitatea polenului și germinația acestuia pe stigmat sunt influențate negativ de temperaturile ridicate din timpul zilei. Pentru o producție ridicată, temperatura medie din perioada fazei de vegetație înspicat-fecundare nu trebuie să depășească 23°C (Bâgiu, 1998; Sarca și colab., 2004). O temperatură de peste 35°C poate duce la sterilitatea polenului. În timpul fazei de formare și maturare a boabelor, pot apărea oscilații de temperatură de la 19°C până la 15°C care pot duce la întârzierea vegetației cu un impact negativ asupra sporului de producție obținut.

Pentru diminuarea acestor pierderi se recomandă identificarea și folosirea unor genotipuri care pot oferi un spor și o stabilitate a recoltei indiferent de condițiile climatice.

Această lucrare include rezultate obținute în cadrul proiectului nucleu PN 19.25.02.04 (finanțat de Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării) privind evaluarea toleranței și adaptabilității la condițiile climatice adverse din perioada de vegetație a unor linii consangvinizate de porumb.

## MATERIAL ȘI METODE

Materialul biologic utilizat pentru evaluarea toleranței și adaptabilității la influența factorilor abiotici din perioada de vegetație a fost compus din linii consangvinizate de porumb cu trăsături genetice diverse și însușiri agronomice superioare.

Pentru analiza adaptabilității genotipurilor la stresurile climatice din vegetație, la INCDA Fundulea, în perioada 2017-2020 au fost realizate experiențe cu linii consangvinizate de porumb în cadrul parcelelor de observație (PO).

- Au fost alese 87 de genotipuri de porumb diverse;
- S-au făcut observații pe toată perioada de vegetație conform protocolului folosit de Laboratorul de Ameliorare a porumbului de la INCDA Fundulea;
- S-au făcut observații vizuale (note de la 1-9) pentru aspectul general al plantelor în două faze de vegetație: prima după mătăsit și a doua în perioada de înflorit-umplere a boabelor;
- Pe baza numărului de plante din parcelă, s-a determinat procentul de plante sterile la recoltare;
- S-a calculat analiza varianței cu programul MSTAT-C pentru identificarea diferitelor surse de variație asupra adaptabilității liniilor de porumb la condițiile climatice din vegetație;
- Suplimentar, în anul 2020, a fost analizat progresul genetic pentru liniile dublu haploide obținute la INCDA Fundulea la laboratorul de Ameliorarea porumbului.

În anul 2019, seceta și arșița nu s-au manifestat foarte puternic în cele două perioade amintite mai sus, liniile analizate primind note de 8 și 9 (tolerant și foarte tolerant). Pentru a cuantifica cât mai bine adaptabilitatea la factorii abiotici din vegetație la cele 87 de linii consangvinizate de porumb studiate, s-a făcut media valorilor claselor de toleranță pentru fiecare linie separat pentru cei trei ani analizați.



*Figura 1* – Aspect cu linii consangvinizate de porumb, Fundulea, 2020  
(Aspect with maize inbred lines, Fundulea, 2020)



Figura 2 – Linii consangvinizate de porumb cu toleranță diferită la condițiile climatice  
(Maize inbred lines with different tolerance to climatic conditions)

## REZULTATE ȘI DISCUȚII

Seceta și arșița acționează concomitent asupra plantelor manifestându-se în perioade critice de vegetație cu consecințe negative asupra genotipurilor de porumb. Pentru a accentua stresul din vegetație, climadiagramele prezentate mai jos au fost făcute pe baza temperaturilor maxime lunare și suma precipitațiilor lunare; perioada de interes pentru climadiagrame este iunie-august (faza înflorit-umplerea boabelor). În anul 2019 fenomenele secetei și arșiței au fost mai puțin pronunțate astfel încât liniile consangvinizate de porumb au fost încadrate în clasele de toleranță foarte tolerant și tolerant. Pentru anul 2017 (figura 3), temperatura maximă pentru intervalul iunie-august este de 36,8°C; 39,2°C și respectiv 37°C pentru luna august. În 2018 (figura 4), temperaturile maxime sunt mai mici față de anul anterior în perioada de interes și anume 33,1°C, 30,8°C, 34,8°C în luna august. Anul 2020 este caracterizat de maxime de până la 37,7°C în luna iulie (figura 5).

De asemenea se observă și cantitățile mici de precipitații pentru acest an.

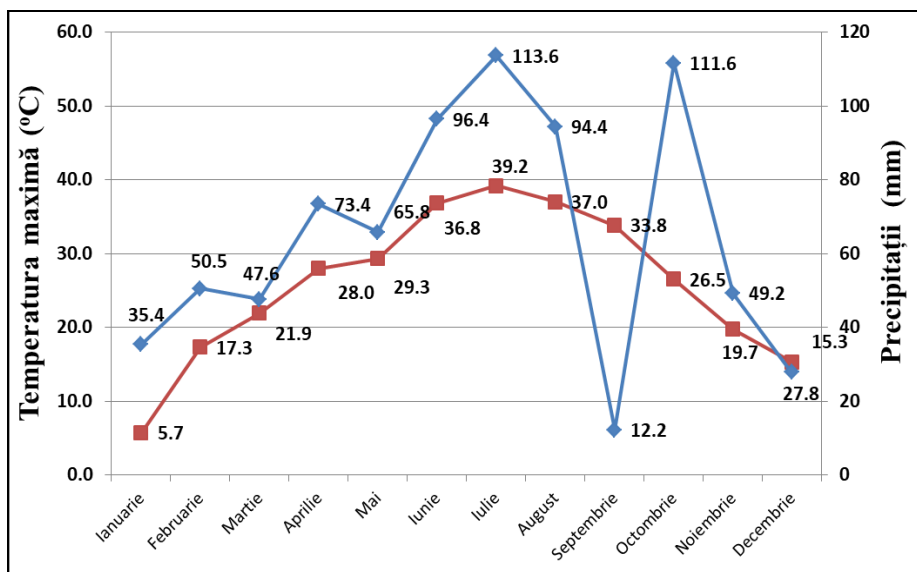


Figura 3 – Condiții climatice Fundulea, 2017 (climadiagramă)  
(Climate conditions Fundulea, 2017 - climadiagram)

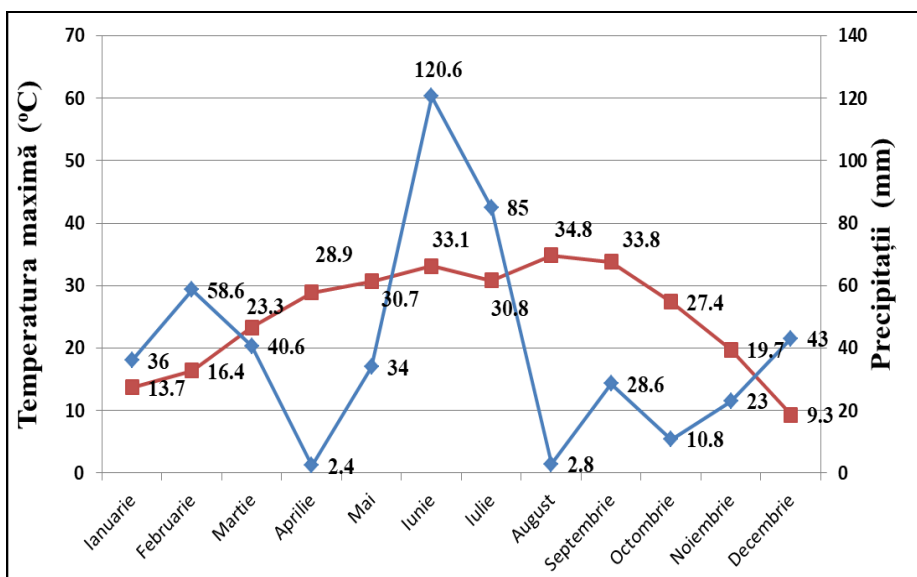


Figura 4 – Condiții climatice Fundulea, 2018 (climadiagramă)  
(Climate conditions Fundulea, 2018 - climadiagram)

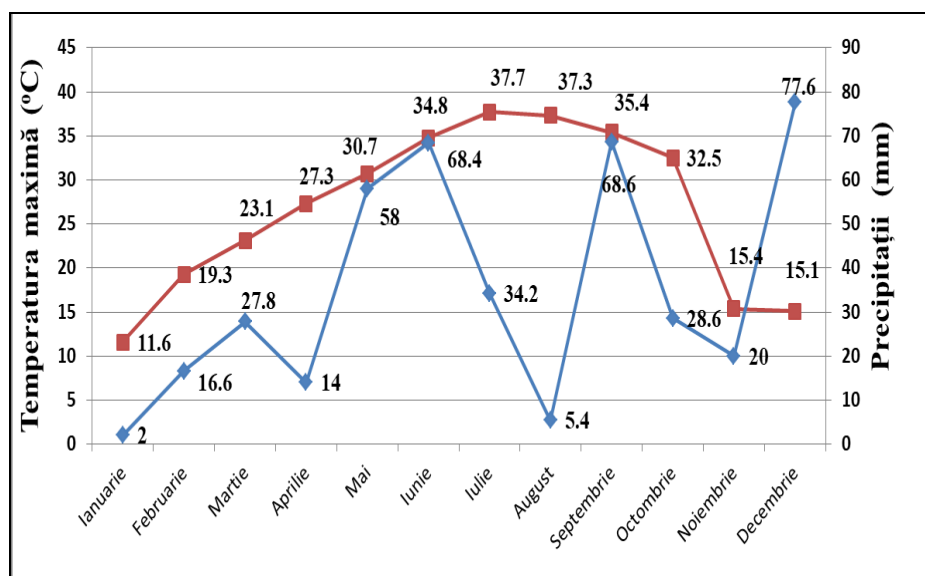


Figura 5 – Condiții climatice Fundulea 2020 (climadiagramă)  
(Climate conditions Fundulea 2020 – climadiagram)

Tabelul 1

**Toleranța la secetă și arșiță a liniilor consangvinizate de porumb (apreciată vizual)  
și încadrarea în clase de toleranță**

[Drought and heat tolerance of inbred corn lines (visually assessed) and classification into tolerance classes]

Linia	Nota de bonitare 2017	Clasa de toleranță	Nota de bonitare 2018	Clasa de toleranță	Nota de bonitare 2020	Clasa de toleranță	Media anilor 2017, 2018, 2020 Nota de bonitare	Clasa de toleranță 2017, 2018, 2020
F15503-06	7	T	8	T	6	MT	7	T
F2019-12	7	T	8	T	7	T	7	T
F2298-13	8	T	8	T	6	MT	7	T
F2303-14	7	T	6	MT	7	T	7	T
F2329-14	7	T	8	T	6	MT	7	T
F2337-14	7	T	7	T	6	MT	7	T
F2388-12	7	T	7	T	7	T	7	T
F2450-10	7	T	8	T	6	MT	7	T
F2793-13	7	T	8	T	7	T	7	T
F2857-13	6	MT	6	MT	8	T	7	T
F2861-13	6	MT	6	MT	8	T	7	T
F318-91	7	T	7	T	6	MT	7	T
F630-11	8	T	8	T	8	T	8	T
F676-11	7	T	7	T	7	T	7	T

\*FS-foarte sensibil, S-sensibil, MT-mediul tolerant, T-tolerant, FT-foarte tolerant.

Tabelul 2

**Valorile claselor de toleranță și clasa de toleranță pentru cele 87 linii consangvinizate analizate 2017-2020**  
(Tolerance class values, and tolerance class for the 87 analysed inbred lines 2017-2020)

Valorile claselor de toleranță	Nr. linii	Frecvența (%)	Clasa de toleranță	Aspect fizic general al liniei analizate
9	0	0	FT	Plantă verde
8	1	1,1	T	Plantă cu vârful frunzelor uscate
7	18	20,7	T	Plantă cu vârful frunzelor uscate
6	37	42,5	MT	Plantă cu grad mai avansat de uscure a frunzelor (până la jumătate)
5	17	19,5	MT	Plantă cu grad mai avansat de uscure a frunzelor (până la jumătate)
4	12	13,8	S	Plantă cu frunze uscate de la jumătate spre bază
3	2	2,3	S	Plantă cu frunze uscate de la jumătate spre bază
2	0	0	FS	Plante cu frunze uscate în totalitate
1	0	0	FS	Plantă uscată

\*FS-foarte sensibil, S-sensibil, MT-mediul tolerant, T-tolerant, FT-foarte tolerant.

\*\*cele 87 de linii consangvinizate de porumb analizate în cadrul acestui experiment au fost prezente în toți anii

În tabelul 1 este prezentat modelul de analiză a datelor obținute în câmpul cu parcele de observații cu linii consangvinizate de porumb. S-a analizat nota de bonitare și clasa de toleranță pentru liniile analizate în 2017, 2018 și 2020. Pentru interpretarea cât mai corectă a datelor, a fost analizat comportamentul mediu pentru fiecare genotip pe parcursul celor 3 ani analizați.

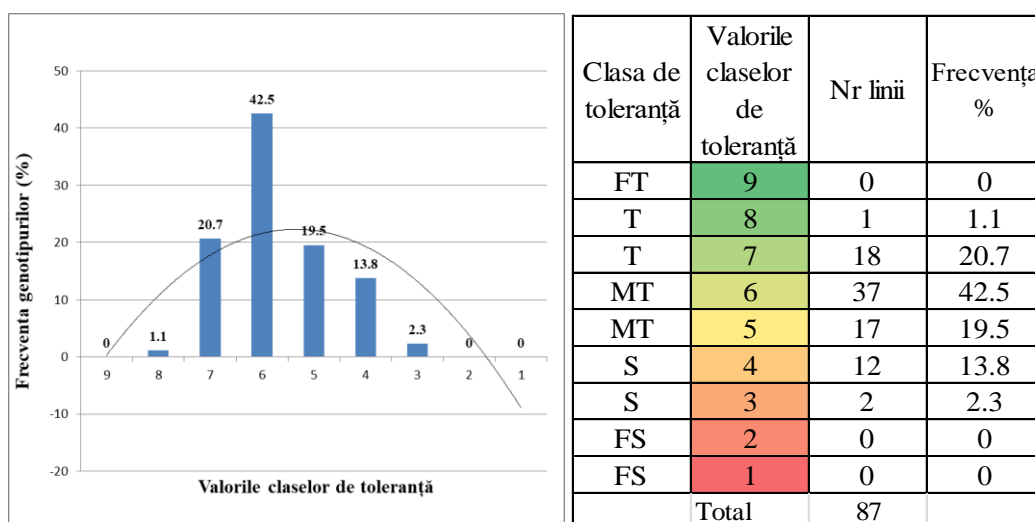


Figura 6 – Distribuția valorilor claselor de toleranță pentru 87 linii consangvinizate de porumb analizate în parcele de observații (PO) la Fundulea în 2017, 2018 și 2020  
[Distribution of resistance class values for 87 maize inbred lines analyzed in observation plots (PO) at Fundulea in 2017, 2018 and 2020]

În tabelul 2 și figura 6 este prezentată distribuția valorilor claselor de toleranță, frecvența și metoda de analiză în câmp în funcție de aspectul fizic general (tabelul 1) pentru cele 87 linii consangvinizate de porumb analizate în parcele de observații (PO) la Fundulea în 2017, 2018 și 2020. Au fost identificate 19 linii consangvinizate de porumb tolerante (T) la condițiile de mediu cu valori de 7 respectiv 8. Procentul de genotipuri mediu tolerante (MT) a fost mai mare de 50% iar absența liniilor foarte sensibile și numărul scăzut de linii sensibile arată valoarea materialului genetic analizat în ceea ce privește toleranța și adaptabilitatea la influența condițiilor climatice din perioada de vegetație.

Tabelul 3

**Progresul genetic pentru liniile dublu haploide analizate în 2020**  
(Genetic progress for double haploid lines analyzed in 2020)

Nr. crt.	Linia	Valorile claselor de toleranță	Clasa de toleranță
1	FDH1-18	7	T
2	FDH21002-17	7	T
3	FDH21009-17	7	T
4	FDH21011-17	7	T
5	FDH21025-17	7	T
6	FDH21033-17	7	T
7	FDH21034-17	7	T
8	FDH21036-17	7	T
9	FDH21063-17	7	T
10	FDH21064-17	7	T
11	FDH21069-17	7	T
12	FDH21073-17	7	T
13	FDH21076-17	7	T
14	FDH21078-17	7	T
15	FDH21086-17	7	T
16	FDH21087-17	7	T
17	FDH21088-17	7	T
18	FDH21089-17	7	T
19	FDH21093-17	7	T
20	FDH21098-17	7	T
21	FDH21101-17	7	T
22	FDH2-18	7	T
23	FDH27-18	7	T
24	FDH32-18	7	T
25	FDH34-18	7	T
26	FDH35-18	7	T
27	FDH4-18	7	T
28	FDH43-18	7	T
29	FDH63-18	7	T



În tabelul 3 sunt prezentate o parte din liniile consangvinizate noi dublu haploide analizate în 2020 care au prezentat o adaptabilitate ridicată la influența condițiilor de mediu din vegetație, ceea ce arată progresul genetic și diversitatea materialului genetic analizat.

S-a optat pentru prezentarea acestor date deoarece anul 2020 nu a fost favorabil culturii de porumb iar rezultatele obținute în cadrul liniilor dublu haploide au fost foarte bune.

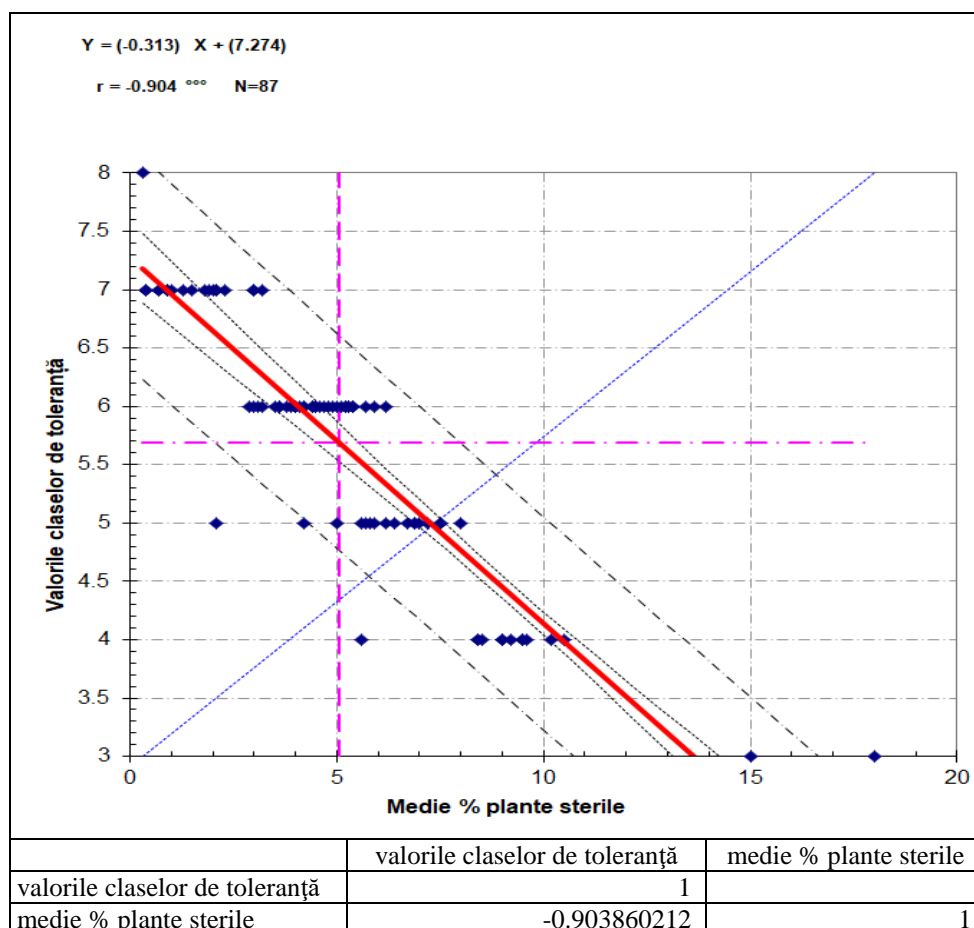


Figura 7 – Media multianuala (2017, 2018 și 2020) a procentului de plante sterile și valorile claselor de toleranță pentru cele 87 de linii consangvinizate de porumb analizate în experiențe de câmp la INCDA Fundulea

[The multiannual average (2017, 2018 and 2020) of the percentage of sterile plants and the values of the tolerance classes for the 87 inbred lines of maize analyzed in field experiences at NARDI Fundulea]

Examinarea datelor valorilor claselor de toleranță și a mediei procentului de plante sterile pentru 87 linii consangvinizate de porumb testate în 2017, 2018 și 2020 în câmpurile experimentale de la INCDA Fundulea prezentate în figura 7 evidențiază un coeficient de corelație (dintre valorile claselor de toleranță și procentul mediu multianual de plante sterile) ridicat și semnificativ (-0.904\*\*\*).

Tabelul 4

**Analiza varianței pentru cele 87 linii consangvinizate de porumb analizate**  
(Analysis of the variance for 87 maize inbred lines)

Însușirea analizată	Cauza variabilității	GL	SPA	s <sup>2</sup>	F	P
Toleranța/adaptabilitatea la condițiile de mediu	An	2	78,904	39,452	22,3390***	0,0000
	Linie	86	261,0,9	3,035	1,7186***	0,0014
	Eroare	172	303,762	1,766	-	
	Total	260	643,686	-	-	

Din analiza varianței prezentată în tabelul 4 pentru cele 87 linii consangvinizate de porumb analizate rezultă că atât anii cât și liniile au influențat semnificativ toleranța la condițiile de mediu.

### CONCLUZII

Utilizarea metodei directe de notare în câmp facilitează evidențierea liniilor consangvinizate de porumb de perspectivă cu adaptabilitate ridicată la influența factorilor climatici adverși (secetă și arșiță) din diferite perioade de vegetație.

- liniile consangvinizate de porumb au fost diferite din punct de vedere genetic iar răspunsul acestora la influența condițiilor climatice din vegetație a fost foarte diferit;
- prezența unui număr semnificativ de linii tolerante și mediu tolerante la influența instabilității factorilor abiotici din timpul perioadelor critice de vegetație în cei trei ani analizați;
- procentul de plante sterile în experiența multianuală a fost scăzut;
- liniile haploide analizate au avut adaptabilitate ridicată la factorii abiotici din vegetație studiată;
- s-a identificat material genetic valoros cu stabilitate ridicată la condițiile climatice diferite din mai mulți ani;
- linii care au intrat în componența hibrizilor de perspectivă în cadrul proiectului nucleu PN 19.25.02.04.

### REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- BÂGIU, C., 1998 – *Cercetări privind determinismul genetic și crearea hibrizilor de porumb rezistenți la secetă*. Teză de doctorat, ASAS București.
- BLUM, A., 1988 – *Plant breeding for stress environments*. In: Edmeades, G.O., Bänziger, M., Mickelson, H.R., Pena-Valdivia, C.B. (eds.), *Developing drought and low-n tolerant maize. Constitutive traits effecting plant performance under stress*, CIMMYT, El Batan, Mexico, CRC press, Boca Raton, FL. Blum, A., 1997: 131-135.
- GABALDÓN-LEAL, C., WEBBER, H., OTEGUI, M.E., SLAFER, G.A., ORDÓÑEZ, R.A., GAISER, T., LORITE, I.J., RUIZ-RAMOS, M., EWERT, F., 2016 – *Modelling the impact of heat stress on maize yield formation*. *Field Crops Research*, 198: 226-237, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.08.013> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429016302684>).
- CANTARERO, M.G., CIRILO, A.G., ANDRADE, F.H., 1999 – *Night temperature at silking affects kernel set in maize*. *Crop Science*, 39(3): 701-710.

- CHEIKH, N., JONES, R.J., 1994 – *Disruption of maize kernel growth and development by heat stress*. Plant Physiology, 106: 45-51.
- DARYANTO, S., WANG, L., JACINTHE, P.A., 2016 – *Global synthesis of drought effects on maize and wheat production*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156362>.
- IORDAN, H.L., HORHOCEA, D., MARTURA, T., CIOCĂZANU, I., BĂDUȚ, C., 2022 – *Crearea de hibrizi de porumb cu pretabilitate îmbunătățită pentru însămânțarea timpurie, cu adaptabilitate superioară la acțiunea factorilor climatici adversi, competitivi sub aspectul nivelului și stabilității performanțelor agronomice și de calitate*. An. INCDA Fundulea, XC: 49-61.
- HEINIGER, R.W., 2001 – *The impact of early drought on corn yield*. Raleigh, NC: North Carolina State University, [http://www.ces.ncsu.edu/plymouth/cropsci/docs/early\\_drought\\_impact\\_on\\_corn.html](http://www.ces.ncsu.edu/plymouth/cropsci/docs/early_drought_impact_on_corn.html).
- LEVITT, J., 1980 – *Responses of Plants to environmental stresses*. Vol. 1, Acad. Press, 496.
- RAZA, A., RAZZAQ, A., MEHMOOD, S.S., ZOU, X., ZHANG, X., LV, Y., XU, J., 2019 – *Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review*. Plants, 8, 34, <https://doi.org/10.3390/plants8020034>.
- SHAW, R.H., 1983 – *Estimates of yield reductions in corn caused by water and temperature stress*. In: Ruper Jr., C.D., Kramer, P.J. (eds.), *Crop Relations to Water and Temperature Stress in Humid Temperate Climates*, Boulder, CO, Westview Press: 49-66.
- SARCA, T., SARCA, V., CĂBULEA, I., CRISTEA, M., HAȘ, I., HAȘ, V. MALSCHI, D. MUREȘAN, F. NAGHY, E. PERJU, T. BUTNARU, G. SCURTU, D., 2004 – *Porumbul*. Studiu monografic. vol 1.
- WAQAS, M.A., WANG, X., ZAFAR, S.A., NOOR, M.A., HUSSAIN, H.A., AZHER NAWAZ, M., FAROOQ, M., 2021 – *Thermal Stresses in Maize: Effects and Management Strategies*. Plants, 10, 293, <https://doi.org/10.3390/plants10020293>.
- WILHELM, E.P., MULLEN, R.E., KEELING, P.L., SINGLETARY, G.W., 1999 – *Heat stress during grain filling in maize: Effects on kernel growth and metabolism*. Crop Science, 39(6): 1733-1741.