

INTERRELAȚIA DINTRE RECOLTA DE FLOAREA-SOARELUI ȘI VARIABILELE CLIMATICE ÎN REPUBLICA MOLDOVA

CZU: [633.854.78+551.583](478)

DOI: <https://doi.org/10.52673/18570461.24.1-72.09>Academician **Maria DUCA**E-mail: maria.duca@usm.mdORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5855-5194>Doctor în științe biologice **Steliana CLAPCO**E-mail: steliana.clapco@usm.mdORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7147-2740>Doctor în științe geonomice **Rodion DOMENCO**E-mail: rodion.domenco@usm.mdORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2419-5602>

Universitatea de Stat din Moldova

INTERRELATIONSHIP BETWEEN SUNFLOWER YIELD AND CLIMATE VARIABLES IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Summary. Current climate change exerts a substantial influence on the world economy, the agricultural sector being the most vulnerable. Although the species *Helianthus annuus* L. is considered drought-tolerant, in the critical phases of growth and development it is quite susceptible to soil water deficiency. Understanding the relationship between climate and the dynamics of agricultural production is a key element in developing appropriate adaptation and risk mitigation strategies. This paper focused on elucidating the interrelationship between the climate parameter variables and the sunflower yield at the level of administrative-territorial units in the Republic of Moldova, during the period of 2003-2021. Based on the statistical analysis of the data, the trends of crop yield evolution in the context of current climate conditions, some correlations between climatic variables (temperature during the growing season, amount of precipitation in the cold and growing seasons) and crop yield, as well as the contribution of the investigated environmental factors in crop yield variation were revealed.

Keywords: sunflower, yield, climate variables, correlations, climate changes.

Rezumat. Schimbările climatice actuale exercită o influență substanțială asupra economiei mondiale, sectorul agricol fiind cel mai vulnerabil. Deși specia *Helianthus annuus* L. se consideră tolerantă la secetă, în fazele critice de creștere și dezvoltare aceasta este destul de susceptibilă la deficiența de apă din sol. Înțelegerea relației dintre climă și dinamica producției agricole reprezintă un element cheie în elaborarea unor strategii adecvate de adaptare și diminuare a riscurilor. Prezentul studiu s-a axat pe elucidarea interrelației între variabilitatea parametrilor climatici și a mărimii recoltei la nivel de unități administrativ-teritoriale din Republica Moldova, în perioada 2003–2021. În baza analizei statistice a datelor au fost relevate tendințele de evoluție a recoltei în condițiile climatice actuale, unele corelații dintre variabilele climatice (temperatura din perioada de vegetație, cantitatea de precipitații din sezonul rece și cel de vegetație) și recoltă, precum și contribuția factorilor de mediu investigați în varierea randamentului culturii.

Cuvinte-cheie: floarea-soarelui, recoltă, variabile climatice, corelații, schimbări climatice.

INTRODUCERE

Schimbările climatice actuale, caracterizate prin temperaturi ridicate și cantități reduse de precipitații repartizate neuniform, au un impact asupra tuturor sectoarelor economice, agricultura fiind unul dintre cele mai afectate. Astfel, la nivel european, secetele din anul 2022 au cauzat pierderi de aproximativ 22 de miliarde de dolari în partea de vest, sud și în centrul continentului. Conform predicțiilor Panelului Inter-guvernamental pentru Schimbări Climatice între anul

2060 și 2100, temperatura globală a suprafeței va depăși temperatura medie preindustrială cu 2,0-3,7 °C [1], determinând reducerea cantității și calității producției.

Republica Moldova este afectată de secete care au devenit tot mai frecvente în ultimii ani, pierderi semnificative fiind înregistrate inclusiv în cazul principalei culturi oleaginoase – floarea-soarelui [2]. În general, specia *Helianthus annuus* L. se consideră tolerantă la secetă. Datorită sistemului radicular bine dezvoltat, care pătrunde adânc în sol, planta absoarbe apa din

straturile profunde, folosind rezervele acumulate în perioadele ploioase. Cu toate acestea, ținând cont de faptul că floarea-soarelui produce o cantitate considerabilă de biomasă vegetală și semințe și are o perioadă de creștere lungă, consumul total de apă este destul de mare [3]. Floarea-soarelui necesită o cantitate de precipitații anuale de 450-600 mm, inclusiv 400-450 mm pentru perioada rece a anului și 350-450 mm – pentru perioada de vegetație. Însă un randament moderat se poate obține și în zonele în care cantitatea de precipitații anuale este de cel puțin 300-350 mm [4]. Cultura este mai susceptibilă la deficiența de apă din sol în fazele critice de creștere și dezvoltare (înflorire, polenizare și umplere a semințelor), în timp ce la începutul și la sfârșitul perioadei de creștere sensibilitatea nu este atât de evidentă [5; 6].

Un element cheie al integrării aspectelor privind schimbările climatice în procesele decizionale și elaborarea unor strategii adecvate de adaptare și diminuare a riscurilor este înțelegerea relației dintre climă (în special, tendințele condițiilor climatice pe termen lung) și dinamica producției agricole [7]. Prin urmare, pentru a dezvolta predicții mai precise ale recoltei și a îmbunătăți practicile agricole, este important să cunoaștem modul în care recolta este afectată de modificările diferitor variabile climatice [8]. Factorii climatici care determină creșterea și dezvoltarea culturilor agricole sunt supuși schimbării atât în timp, cât și în spațiu. În plus, chiar și tendințele similare ale acestora pot influența diferit performanța culturilor, care variază de la o regiune la alta. În consecință, pentru a discerne răspunsurile spațiale diferențiate ale culturii la variabilitatea climei, investigarea efectului asupra randamentului culturilor necesită analize detaliate, inclusiv la scară mică [9].

În scopul stabilirii contribuției variației spațio-temporale a factorilor climatici în formarea elementelor de producție a florei-soarelui în Republica Moldova, studiul prezentat în lucrare abordează aspectele variabilității parametrilor climatici și a recoltei la nivel de unități administrativ-teritoriale (UAT).

MATERIALE ȘI METODE

Pentru studiul propus au fost utilizate:

- informația privind cantitatea precipitațiilor atmosferice și a temperaturii aerului de la stațiile Serviciului Hidrometeorologic de Stat (SHS), din perioada 2003–2021 [10];
- seturile de date privind randamentul culturii la nivel de raioane, municipiul Bălți și Chișinău, precum și UTA Găgăuzia pentru perioada 2003–2021, extrase din bazele de date ale Biroului Național de Statistică [11].

În calitate de variabile climatice au fost analizate temperatura medie din sezonul de vegetație a florei-soarelui (aprilie-septembrie), cantitatea de precipitații totale din sezonul rece și cel de vegetație. Pentru calcularea valorilor medii ale precipitațiilor și temperaturii, pe raioane, datele de la cele 18 stații SHS au fost interpolate prin metoda IDW. Din rasterul obținut au fost extrase poligoane corespunzătoare fiecărei UAT și apoi pentru fiecare dintre aceste poligoane a fost extrasă valoarea medie.

Tendențele variabilelor climatice și ale recoltei au fost analizate cu implicarea testului neparametric Mann-Kendall (MK), care se bazează pe o ipoteză nulă (H_0) ce indică faptul că nu există o tendință – datele sunt independente și ordonate aleatoriu, verificate față de ipoteza alternativă (H_a), care presupune că există o tendință [12]. Panta (modificarea pe unitate de timp) a fost stabilită folosind estimatorul pantei lui Sen (SS) [13].

Analiza corelațională (coeficientul Pearson) și regresia liniară multiplă au fost utilizate pentru a determina relațiile dintre variabilele climatice și randamentul culturii. În modelul regresional recolta de floarea-soarelui a fost considerată variabilă dependentă, iar temperatura medie din perioada de vegetație și cantitatea de precipitații din perioada rece și cea de vegetație – variabile independente.

Calculul și verificarea semnificației statistice ($p=0,05$) a rezultatelor obținute au fost realizate utilizând instrumentele XLSTAT disponibile în Microsoft Excel cu generarea reprezentărilor grafice.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Analiza seriilor temporale ale precipitațiilor din perioada de vegetație (aprilie-septembrie) și cea rece (octombrie-martie) a anului, în intervalul 2003–2021 în cele 35 de unități administrativ-teritoriale ale țării relevă faptul că în majoritatea anilor cantitatea de precipitații din perioada de vegetație a depășit minimul necesar pentru creșterea și dezvoltarea culturii de floarea-soarelui (figura 1). Dimpotrivă, în perioada rece a anului, cu precipitații cuprinse între 108 mm (2020) și 316 mm (2018), s-a înregistrat un deficit de 21-73%, cea mai mare insuficiență fiind stabilită în anii 2007, 2012, 2014, 2019 și 2020 – marcați prin secete severe.

În perioada de vegetație cantitatea de precipitații a variat între 192 și 436 mm, cu valori minime în anul 2009 și 2015 și maxime în 2021. Sub limita inferioară a necesarului de apă pentru floarea-soarelui s-au plasat inclusiv anii 2003, 2007, 2011, 2012, 2018 și 2020, cantitatea de precipitații fiind cuprinsă între 253 și 297 mm. Coeficientul de variație (CV, %) a valorilor medii din UAT denotă o distribuție mai omogenă a

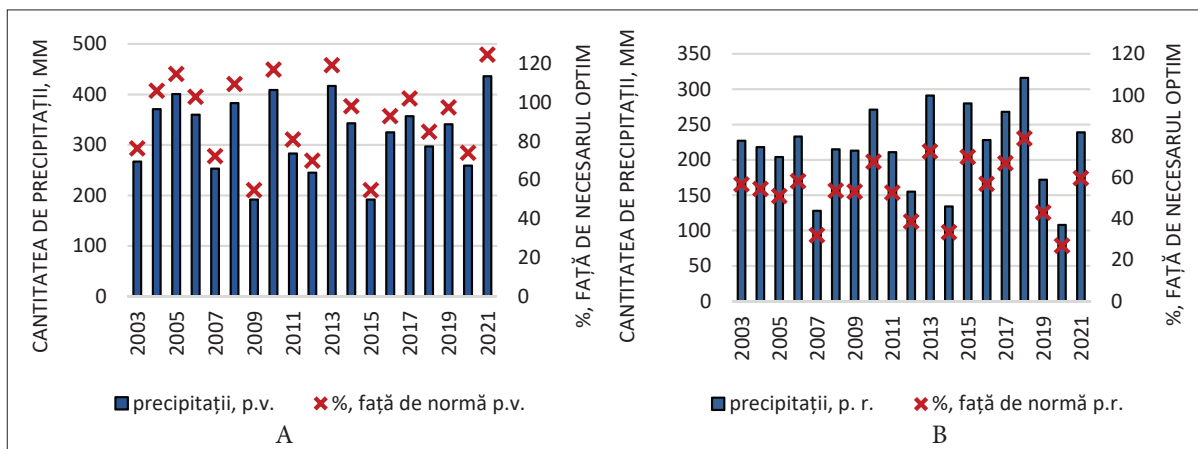


Figura 1. Cantitatea de precipitații din perioada de vegetație (A) și cea rece (B) și ponderea acesteia raportată la limita inferioară a necesarului optim pentru dezvoltarea florii-soarelui, anii 2003–2021.

precipitațiilor căzute în perioada de vegetație în anii 2004, 2012, 2008, 2013, 2017 și 2018, CV fiind în limite de până la 10% și o variație mai mare între raioane în 2008 (21,1%) și 2014 (18,3%).

Valorile medii ale precipitațiilor anuale pentru perioada 2003–2021 per UAT au variat între 475 și 603 mm, cu minime în mun. Bălți și maxime în rn. Briceni (figura 2). Cea mai considerabilă insuficiență de precipitații s-a înregistrat în anul 2020, cantitatea anuală a acestora însumând doar 366 mm, urmat de anul 2007 cu 381 mm și 2009, 2012 – 404 și, respectiv, 400 mm. Coeficienții de variație a cantității de precipitații de la un an la altul au fost cuprinși între 18,8-21,9%. Precipitațiile anuale au variat în funcție de locație de la un minim de 293 mm înregistrat în 2020 la Taraclia până la un maxim de 881 mm la Briceni în 2010.

În anii cu secete severe cantitatea de precipitații a fost sub nivelul limitei inferioare necesare pentru dezvoltarea florii-soarelui practic în toate regiunile.

Astfel, în anul 2007 în majoritatea unităților teritorial-administrative precipitațiile au variat între 319 (mun. Bălți) și 439 mm, excepție constituind doar trei raioane din nordul țării – Briceni, Edineț și Ocnița. În anul 2009, excepțiile au inclus doar raioanele Ungheni și Ștefan-Vodă, în celelalte localități precipitațiile fiind cuprinse în intervalul de 326 (Leova) și 434 mm. Spre deosebire de acestea, cea mai drastică insuficiență de precipitații s-a constatat în 2012 (366-441 mm) și, în special, în 2020 (293-421 mm), când cantitatea de precipitații a fost mai joasă de minimul necesar în toate unitățile teritorial-administrative.

În majoritatea regiunilor a fost observată o tendință nesemnificativă ($p > 0,05$) de creștere a precipitațiilor anuale, amploarea acesteia variind între 0,19-4,4 mm/an, cu excepția unui șir de raioane din partea de nord a țării (Briceni, Edineț, Ocnița, Fălești, Glodeni, Râșcani, Soroca), unde a fost relevată o descreștere a cantității de precipitații.

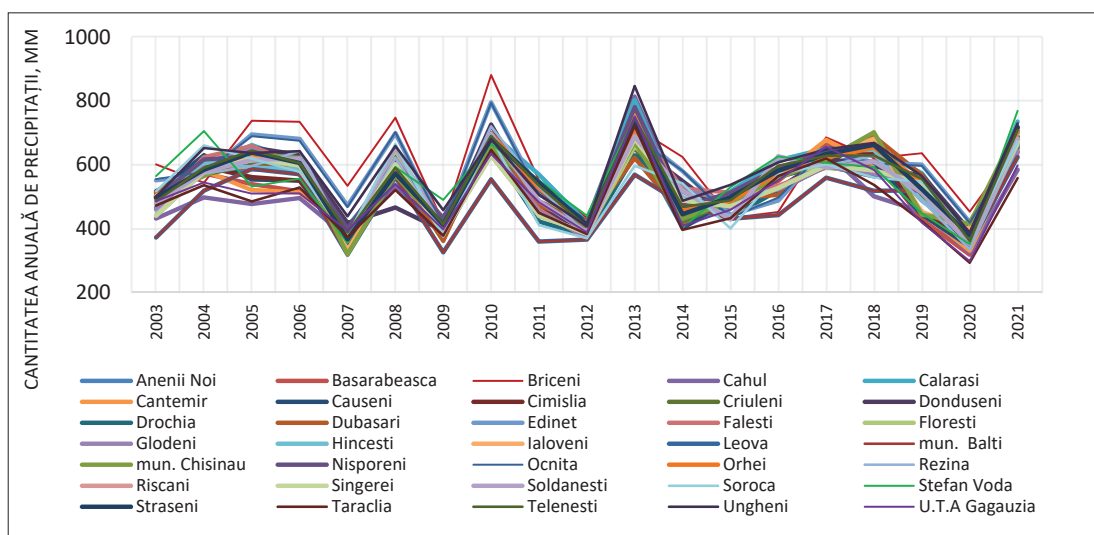


Figura 2. Cantitatea anuală de precipitații în unitățile administrativ-teritoriale ale Republicii Moldova, anii 2003–2021.

Analizând distribuția precipitațiilor în sezonul de vegetație și cel rece în baza valorilor medii per raioane s-a relevat faptul că acestea variază între 229 (Taraclia) și 347 mm (Briceni) și, respectiv, 182 (Ștefan-Vodă) – 240 mm (mun. Bălți). Seria temporală indică o insuficiență a precipitațiilor din perioada caldă preponderent în părțile de sud și de centru ale țării, în diferite localități ponderea anilor cu precipitații sub nivelul necesar variind între 68-84% și 32-68%, corespunzător, pe când în nord aceasta a constituit 37-58%. Astfel, în raioanele din regiunea de sud cantitatea medie de precipitații variază între 229 (Taraclia) și 301 mm (Căușeni), cu minime de 150 mm și 164 mm înregistrate în anul 2015 în Taraclia și UTA Găgăuzia și maxime de 532 și 498 mm relevate în anul 2021 și 2013 în Ștefan-Vodă și Cahul. În centru mediile au fost cuprinse între 237 (Ungheni) și 317 mm (Dubăsari), iar în nord între 248 (Florești) și 347 mm (Briceni), cu maximul la Ungheni (500 mm, în 2013) și Briceni (622 mm, 2010) și minimul – 161 mm și 121 mm, respectiv, în Șoldănești (2015) și mun. Bălți (2009).

Cantitatea de precipitații din perioada rece a anului a fost mai mică față de norma necesară pentru dezvoltarea florii-soarelui pe tot teritoriul țării, în toți anii incluși în studiu. O insuficiență de precipitații mai pronunțată în toate raioanele a fost remarcată în anii 2007, 2014 și 2020, deficitul fiind de cca 60-80%, urmat de anul 2019 cu un deficit mediu de 57%. Cantitatea medie de precipitații a variat între 182 (mun. Bălți) și 240 mm (Ștefan-Vodă). Valorile minime din seria de date fiind observate în mun. Bălți (79,5 mm, 2007), urmat de Dubăsari (82,6 mm, 2020).

Temperaturile favorabile pentru creșterea florii-soarelui sunt cuprinse între 20-25 °C [13], iar temperaturile peste 25 °C și înghețurile în orice fază de creștere reduc randamentul de semințe și ulei [14]. În anii incluși

în studiu, temperaturile medii din perioada de vegetație au variat între 16,6 și 20,2 °C, cu minime (14,3; 13,3 °C) fixate în anii 2004 și 2021, ambele în raionul Briceni, și maxime (19,9-21,0 °C) – în 2007, 2012, 2015 și 2018, înregistrate în raionul Dubăsari. Cea mai mare variație interregională a fost constatată în anul 2020 (0,9 °C) și 2021 (1,2 °C), coeficientul de variație constituind 5,7 și, respectiv, 6,6%, iar cea mai joasă – în 2003, 2013 și 2018 (0,6 °C). Din figura 3 se observă că anii cu cele mai înalte temperaturi medii au fost 2007 (19,2 °C), 2012 (20,2 °C), 2015 (19,0 °C) și 2018 (19,6 °C).

Analiza seriilor temporale per unități teritoriale-administrative pune în evidență varierea temperaturilor medii între 15,4 (Briceni) și 19,0 °C (Dubăsari). Variația inter-anuală maximă (1,0°C; 6,7%) a fost stabilită în Briceni, urmată de Ocnița și Edineț cu 0,95 °C (CV-5,7%), iar cea minimă (0,82 °C; 4,4%) în Taraclia și Ștefan-Vodă.

Evaluarea indicilor climatici cu utilizarea testului Mann-Kendall a arătat lipsa unor tendințe semnificative statistic atât pentru lotul integral de date, cât și pentru toate unitățile administrativ-teritoriale incluse în studiu. Absența tendințelor în seriile temporale (în special de precipitații de vară și iarnă) a fost constatată în cadrul unui studiu similar ce a inclus șapte variabile colectate de la 12 stații meteorologice din Serbia în perioada 1980–2010 [15]. Aceste tendințe climatice, mai mult sau mai puțin semnificative din punct de vedere statistic, pot avea implicații esențiale asupra producției agricole prin afectarea randamentului culturii, riscul de boli/dăunători, temperatura solului, durata sezonului de vegetație, practicile de management al solului și, prin urmare, necesită a fi luate în considerare în investigațiile axate pe impactul schimbărilor climatice asupra productivității culturilor.

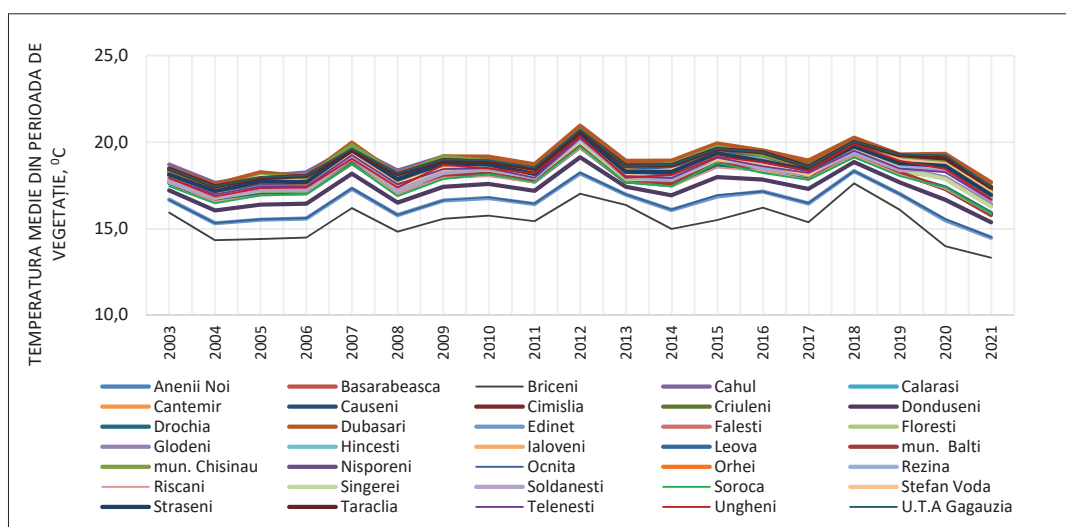


Figura 3. Temperatura medie a aerului în perioada de vegetație pe unități administrativ-teritoriale, anii 2003–2021.

Analiza datelor privind cantitatea de precipitații per regiuni de dezvoltare relevă faptul că în perioada de vegetație a culturii de floarea-soarelui seriile de date interanuale variază între 293-391 mm în nord, 205-346 mm în centru și, respectiv, 287-316 mm în sud, coeficienții de variație fiind cuprinși între 22,3-29,2% cu valori maxime în nord și minime în sud. Similar, în partea de nord a fost constatată inclusiv varierea în limite mai largi a temperaturii medii din perioada de vegetație – între 15,4-18,5 °C (CV=4,8-6,7%), comparativ cu 18,1-19,0 °C (CV=4,6-5,0%) și 18,5-18,9 °C (CV=4,3-4,6%) în centru și sud. Cantitatea de precipitații în perioada

rece a fost cuprinsă între 182-213 mm, 212-237 mm și 204-240 mm, corespunzător în cele trei regiuni de dezvoltare, cu o variabilitate mai mare (CV=25,9-30,8%) în centru și mai mică în nord (CV=24,5-28,3%). Recolta mai stabilă în partea de nord pe un fundal mai variabil al seriilor interanuale ale condițiilor meteorologice din perioada de vegetație denotă faptul că productivitatea florii-soarelui este determinată preferențial de fertilitatea solului și de tehnologiile aplicate. În intervalul de timp analizat, valorile medii ale recoltei per UAT au variat între 9,8 și 19,7 q/ha, cu minimum înregistrat în rn. Călărași și maximum în rn. Ocnița (tabelul 1).

Tabelul 1
Valorile medii, minime și maxime ale recoltei de floarea-soarelui în unitățile administrativ-teritoriale, anii 2003–2021

UAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Recolta medie, q/ha	13,1	11,9	16,9	15,2	9,8	16,9	14,3	14,3	15,3	18,0	18,5	14,4
Recolta minimă, q/ha	5,4	2,0	8,6	3,4	4,0	6,6	4,4	2,8	5,4	9,6	7,9	4,0
Recolta maximă, q/ha	26,4	21,7	24,3	25,5	19,7	27,4	26,1	27,7	28,2	28,9	28,6	27,4
Sdv, q/ha	5,46	5,23	4,94	5,88	3,88	5,60	5,58	6,87	5,36	5,16	5,11	6,60
CV, %	41,6	44,1	29,2	38,8	39,4	33,1	39,0	48,2	35,1	28,7	27,6	45,8
UAT	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Recolta medie, q/ha	18,9	18,5	18,2	19,7	14,7	14,0	16,3	14,9	12,0	12,1	19,7	14,9
Recolta minimă, q/ha	11,0	6,5	6,9	12,5	4,5	4,8	5,5	3,0	4,3	3,8	11,5	5,7
Recolta maximă, q/ha	26,5	28,0	30,7	27,5	27,1	24,9	26,3	24,5	21,3	24,0	29,4	24,6
Sdv, q/ha	4,85	5,25	5,95	4,62	5,75	5,77	6,66	4,99	4,65	5,28	4,91	4,64
CV, %	25,7	28,4	32,7	23,4	39,1	41,1	40,9	33,6	38,6	43,5	24,9	31,2
UAT	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Recolta medie, q/ha	13,2	18,3	17,2	16,0	17,6	14,5	13,8	15,2	13,7	18,1	14,2	
Recolta minimă, q/ha	6,3	10,9	8,0	8,5	8,5	4,5	4,6	3,5	6,4	7,5	3,2	
Recolta maximă, q/ha	24,6	26,3	25,2	25,0	25,8	24,5	25,5	26,9	24,0	28,6	25,0	
Sdv, q/ha	4,89	4,67	4,43	4,57	4,63	5,23	5,34	6,10	4,66	5,74	5,71	
CV, %	37,1	25,6	25,7	28,4	26,4	36,1	38,6	40,0	34,0	31,7	40,2	
1. Anenii Noi 2. Basarabeasca 3. Briceni 4. Cahul 5. Călărași 6. Cantemir 7. Căușeni 8. Cimișlia 9. Criuleni	10. Dondușeni 11. Drochia 12. Dubăsari 13. Edineț 14. Fălești 15. Florești 16. Glodeni 17. Hâncești 18. Ialoveni			19. Leova 20. mun. Bălți 21. mun. Chișinău 22. Nisporeni 23. Ocnița 24. Orhei 25. Rezina 26. Râșcani 27. Sângerei			28. Șoldănești 29. Soroca 30. Ștefan Voda 31. Strășeni 32. Taraclia 33. Telenești 34. Ungheni 35. UTA Găgăuzia					

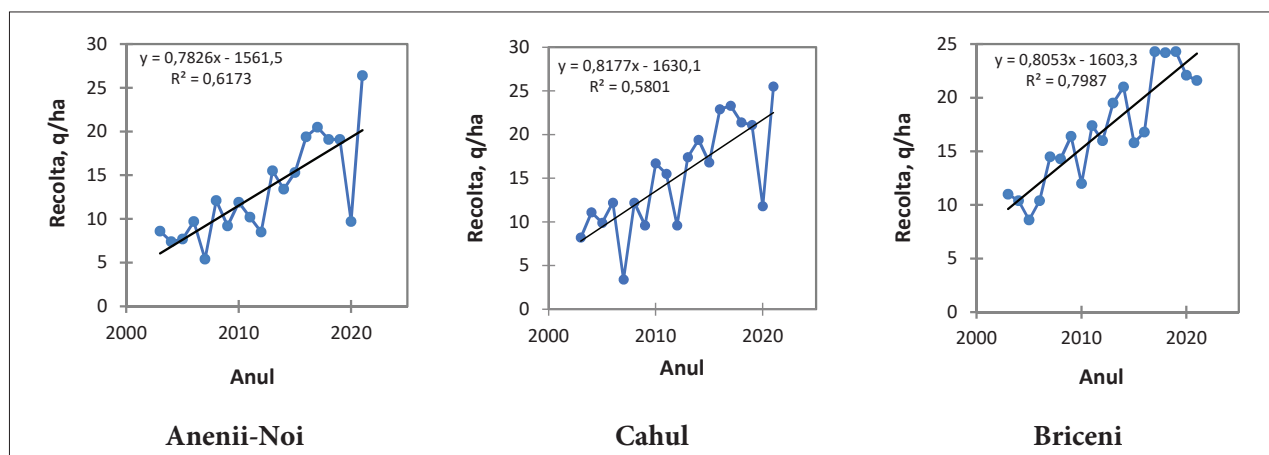


Figura 4. Tendința evoluției recoltei de floarea-soarelui în unitățile teritorial-administrative ale Republicii Moldova, anii 2003–2021 (se prezintă selectiv).

Indici mai înalți ai valorii medii ai recoltei de floarea-soarelui au fost relevați, în special, în regiunea de nord a țării și mai puțin în centru și sud. Astfel, în nordul țării valorile recoltei au fost cuprinse între 14,9-19,7 q/ha, pe când în centru și sud acestea au constituit 9,8-11,9 și 11,9-16,9 q/ha, corespunzător, valori ce depășeau 15,0 q/ha fiind observate doar în raioanele Șoldănești, Ungheni, Criuleni și, respectiv, Taraclia, Cantemir, Cahul și Leova. Variabilitatea interanuală a randamentului culturii a prezentat indicatori înalți, coeficienții de variație fiind cuprinși între 23,4% și 48,2%, cu o medie de 34,8%. Totodată, se constată că în partea de nord a țării indicii recoltei sunt mai stabili, CV variind între 23,4 (Glodeni) și 33,6%, cu valori ce depășesc 30% înregistrate doar la Florești și în mun. Bălți, comparativ cu 28,4 (Șoldănești) – 45,8% (Dubăsari) în centru și 33,1 (Cantemir) – 48,2% (Cimișlia) în partea de sud.

Dinamica recoltei de floarea-soarelui indică o tendință de creștere în toate regiunile administrative ale Republicii Moldova (un șir de exemple sunt prezentate în figura 4).

Conform testului Mann-Kendall, tendința recoltei de floarea-soarelui din 2003 până în 2021 este una pozitivă, statistic semnificativă ($p \leq 0,05$) pentru toate unitățile teritorial-administrative, excepție constituind doar raioanele Călărași și Nisporeni, unde aceasta este una ne semnificativă. Valorile pantei Sen, exceptând localitățile menționate, au evoluat între 0,383 q/ha pe an la Sângerei și 1,044 q/ha/an la Dubăsari. O amplitudine pronunțată de creștere a recoltei a fost relevată inclusiv la Leova (1,014 q/ha/an), Cimișlia (0,990 q/ha/an) și Taraclia (0,908 q/ha/an). Cele mai joase valori ale pantei Sen au fost înregistrate în raioanele Basarabeasca (0,493), Orhei (0,517), Fălești (0,553), Telenești (0,563) și în mun. Bălți (0,500), indicând o creștere mai moderată a recoltei de la an la an în intervalul de timp analizat.

Analiza recoltei din toate unitățile administrative, în diferiți ani, în asociere cu factorii climatici (tabelul 2), arată corelații pozitive semnificative cu cantitatea de precipitații din perioada de vegetație a culturii – medii în anul 2005 și 2020 ($r=0,47$; $r=0,34$) și puternice

Tabelul 2

Corelarea recoltei medii anuale de floarea-soarelui (la nivelul lotului de date din toate UAT) cu variabilele climatice, anii 2003–2021 (r – coeficientul de corelație Pearson)

Anul	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
I*	-0,46*	0,25	0,17	0,13	-0,83*	-0,44*	-0,69*	0,02	-0,46*	-0,72*
II**	0,21	0,13	0,47*	0,03	0,76*	0,27	0,58*	0,08	0,32	0,04
III***	-0,57*	-0,25	-0,52*	0,25	-0,34*	-0,66*	0,29	-0,19	-0,20	-0,28
Anul	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
I*	-0,42*	-0,43*	0,19	-0,44*	0,17	-0,49*	-0,48*	-0,75*	0,04	
II**	0,30	0,51*	0,10	0,32	0,01	0,08	0,56*	0,34*	0,13	
III***	-0,13	-0,03	-0,14	0,61*	0,27	-0,60*	0,34*	0,52*	-0,14	

Notă: *I – temperatura medie lunară, perioada de vegetație; **II – suma precipitațiilor, perioada de vegetație; ***III – suma precipitațiilor, perioada rece; * – corelații statistic semnificative ($p < 0,05$).

($r=0,51...0,76$) în anii 2007, 2009, 2014 și 2019. Totodată, au fost stabilite corelații negative cu temperatura medie din perioada de creștere și dezvoltare a florii-soarelui – moderate în anul 2003, 2008, 2011, 2013, 2014, 2016 și 2019 ($r=-0,42...-0,48$) și puternice în anii 2007, 2009, 2012, 2018 și 2020, valorile maxime ale coeficienților de regresie Pearson fiind relevate în anii cu secete severe – 2007 ($r=-0,83$); 2012 ($r=-0,72$) și 2020 ($r=-0,75$). La nivelul volumului integral de date spațio-temporale se constată o corelație negativă slabă ($r=-0,25$).

Pe de altă parte, un număr mai mare de corelații statistic semnificative au fost observate în cazul analizei dependenței recoltei florii-soarelui de factorii bioclimatici per unități teritorial-administrative, fapt ce se datorează, probabil, unei omogenități mai mari ai factorilor de mediu. Astfel, în mod cert, se constată existența unor corelații pozitive moderate și puternice dintre recolta de floarea-soarelui și cantitatea de precipitații din perioada de vegetație a culturii în mai mult de jumătate (54 %) dintre unitățile teritorial-administrative. În raioanele Anenii-Noi, Florești, Leova, Nisporeni și municipiul Bălți recolta a corelat moderat ($r=0,45...0,48$) cu cantitatea de precipitații,

pe când în raioanele Basarabeasca, Căușeni, Criuleni, Cimișlia, Dubăsari, Hâncești, Ialoveni, Orhei, Sângerei, Ștefan-Vodă, Strășeni, Telenești, Ungheni și mun. Chișinău corelațiile au fost puternice ($r=0,51...0,78$), prezentând valori maxime în Orhei și Strășeni. În zece dintre unitățile teritorial-administrative randamentul de floarea-soarelui a corelat pozitiv inclusiv cu cantitatea de precipitații din sezonul rece. Astfel, la Cahul, Cimișlia, Leova și Ungheni au fost remarcate corelații moderate cuprinse între 0,46-0,48, iar în Basarabeasca, Fălești, Nisporeni, Telenești, mun. Bălți și UTA Găgăuzia acestea au fost puternice, variind între 0,51-0,69 (tabelul 3). La nivel regional corelațiile au fost moderate, constituind 0,39 pentru regiunea de nord și 0,37, respectiv, 0,45 pentru cea centrală și sudică.

Interrelația dintre recoltă și temperatură din perioada de vegetație a fost una mai puțin evidentă, relevând existența unor corelații statistic semnificative negative doar în cazul mun. Bălți ($r=-0,40$) și Orhei ($r=-0,41$).

Valoarea coeficientului de determinare R^2 , stabilită în baza analizei lotului integral de date, a indicat faptul că doar 22,5% dintre variația producției de floarea-soarelui este explicată de factorii climatici incluși

Tabelul 3
Corelarea recoltei medii anuale de floarea-soarelui (per UAT) cu variabilele climatice, anii 2003–2021
(r – coeficientul de corelație Pearson)

Raion	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I*	0,08	0,32	0,20	0,12	0,37	0,16	0,16	0,14	0,22	0,02	0,18	0,02
II**	0,46*	0,65*	0,25	0,41	0,44	0,41	0,55*	0,52*	0,58*	0,11	0,34	0,53*
III***	0,32	0,70*	0,14	0,48*	0,34	0,39	0,36	0,46*	0,38	0,37	0,43	0,33
Raion	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
I*	0,15	0,30	0,21	0,19	0,25	0,13	0,03	0,40*	0,19	0,18	0,11	0,41*
II**	0,02	0,38	0,45*	0,24	0,63*	0,51*	0,45*	0,47*	0,59*	0,78*	0,11	0,76*
III***	0,40	0,51*	0,43	0,44	0,38	0,41	0,48*	0,53*	0,32	0,59*	0,19	0,42
Raion	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
I*	0,20	0,11	0,30	0,02	0,17	0,22	0,24	0,10	0,36	0,27	0,15	
II**	0,43	0,25	0,58*	0,29	0,26	0,51*	0,69*	0,28	0,67*	0,55*	0,43	
III***	0,35	0,40	0,40	0,39	0,33	0,37	0,32	0,42	0,52*	0,48*	0,61*	
1. Anenii Noi 2. Basarabeasca 3. Briceni 4. Cahul 5. Călărași 6. Cantemir 7. Căușeni 8. Cimișlia 9. Criuleni			10. Dondușeni 11. Drochia 12. Dubăsari 13. Edineț 14. Fălești 15. Florești 16. Glodeni 17. Hâncești 18. Ialoveni			19. Leova 20. mun. Bălți 21. mun. Chișinău 22. Nisporeni 23. Ocnița 24. Orhei 25. Rezina 26. Râșcani 27. Sângerei			28. Șoldănești 29. Soroca 30. Ștefan Voda 31. Strășeni 32. Taraclia 33. Telenești 34. Ungheni 35. U.T.A. Găgăuzia			

Notă: *I – temperatura medie lunară, perioada de vegetație; **II – suma precipitațiilor, perioada de vegetație; ***III – suma precipitațiilor, perioada rece; * – corelații statistic semnificative ($p<0,05$).

în studiu, variația de 77,5% fiind atribuită altor factori. În aproximativ 60% din UAT, cantitatea de precipitații, în special din perioada de vegetație, au fost variabilele cu o influență mai mare în explicarea variației randamentului culturii comparativ cu temperatura.

Cea mai mare influență a condițiilor meteorologice asupra variației randamentului culturii s-a înregistrat în centrul țării, urmată de partea de sud și cea de nord.

Prin urmare, conform modelului de regresie ce a inclus setul de date din regiunea de nord, randamentul culturii a fost influențat semnificativ doar de temperatura și precipitațiile din perioada de vegetație. La excluderea variabilei precipitații din perioada rece, R^2 a constituit 0,126, respectiv 12,6% dintre variațiile recoltei per hectar fiind atribuite factorilor respectivi. Aceste rezultate s-ar putea datora inclusiv îmbunătățirii tehnologiilor agricole care diminuează din ponderea influenței negative a condițiilor climatice nefavorabile. Se cunoaște că la aplicarea unor tehnologii neintensive factorii ecologici (condiții meteo, sol) sunt responsabili de cca 55% din randamentul de floarea-soarelui, pe când la aplicarea tehnologiilor semi-intensive impactul acestora scade substanțial (până la 25%) [16; 17].

Analiza interrelațiilor dintre indicii incluși în studiu din regiunea centrală relevă o valoare R^2 de 0,282, ceea ce indică faptul că 28,2% din randament poate fi explicat prin variabilele date. Evaluarea per UAT și excluderea din modelul analizei regresionale a factorilor fără semnificație a pus în evidență faptul că în perioada de vegetație cantitatea de precipitații exercită cel mai mare impact asupra variației producției de floarea-soarelui. Astfel, cu excepția raionului Călărași, Șoldănești și Rezina, unde influența tuturor condițiilor incluse în studiu a fost nesemnificativă, R^2 a variat între 0,210-0,582. Respectiv, cca 21-58% din variația productivității florii-soarelui poate fi atribuită factorului dat, valorile maxime fiind stabilite în Hâncești (39,6%), Strășeni (46,9%) și Orhei (58,2%).

Pentru partea de sud, influență semnificativă au exercitat doar precipitațiile din perioada de vegetație, celelalte variabile fiind excluse din modelul de analiză. Valoarea R^2 a fost de 0,202, sugerând că precipitațiile din perioada de vegetație sunt responsabile pentru 20,2% din variația producției de floarea-soarelui. La nivel de UAT s-a stabilit lipsa unei influențe semnificative în raioanele Cantemir și Taraclia; un impact considerabil al precipitațiilor din perioada de vegetație în Cimișlia, Căușeni, Leova și Ștefan-Vodă ($R^2=0,199...0,267$) și al precipitațiilor din perioada rece – în Basarabeasca, Cahul și UTA Găgăuzia ($R^2=0,234...0,488$).

Grație capacității mari de adaptare a florii-soarelui la vremea mai caldă și mai uscată, efectele și consecințele schimbărilor climatice sunt mai puțin evidente la această specie comparativ cu alte culturi de câmp, excepție constituind anii cu secete extreme. Astfel, analiza setului de date din anii secetoși 2007, 2012 și 2020 a relevat o influență esențială a factorilor climatici asupra productivității culturii, valorile R^2 fiind de 0,691, de 0,571 și, respectiv, de 0,568, adică cca 57-69% din variația recoltei de floarea-soarelui poate fi atribuită acestora. Totodată, s-a constatat că factorii cu impact semnificativ asupra variației recoltei variază de la un an la altul, în anul 2007 și 2020 o influență semnificativă exercită temperatura din perioada de vegetație, iar în anul 2012 – temperatura și cantitatea de precipitații.

CONCLUZII

- Studiul interrelațiilor între recoltă și factorii climatici arată dependența acesteia, în special, de cantitatea de precipitații din perioada de vegetație, urmată de cantitatea de precipitații din semestrul rece al anului precedent perioadei de vegetație. Astfel, recolta de floarea-soarelui a corelat pozitiv moderat și puternic cu suma de precipitații din perioada de vegetație în mai mult de jumătate (54%) din UAT, pe când corelații cu precipitațiile din sezonul rece au fost constatate în 28% de UAT.

- Interrelația dintre recoltă și temperatura din perioada de vegetație a fost una mai puțin evidentă, analiza corelațională relevând existența unor corelații statistice semnificative, negative, doar în cazul mun. Bălți și Orhei. În aspect temporal, aceasta a fost mai pronunțată în anii secetoși 2007, 2009, 2012, 2015 și 2020, valorile maxime ale coeficienților de regresie *Pearson* ($r=-0,72...-0,83$) fiind stabilite în anii cu secete severe 2007, 2012 și 2020.

- Conform valorii coeficientului de determinare R^2 , factorii climatici incluși în studiu determină doar 22,5% din variația recoltei de floarea-soarelui, variația de 77,5% fiind explicată de alți factori. În aproximativ 60% din UAT, cantitatea de precipitații, în special, din perioada de vegetație, au fost variabilele cu o influență mai mare în explicarea variației randamentului culturii comparativ cu temperatura.

- La nivel regional, dar și de unitate administrativ-teritorială, s-a constatat o mare discrepanță dintre modelele regresionale, ceea ce sugerează efecte variate ale climei asupra producției de floarea-soarelui în diferite regiuni. Cea mai mare influență a condițiilor meteorologice asupra variației recoltei s-a constatat în centrul țării, urmată de partea de sud și cea de nord.

▪ În *Regiunea de Dezvoltare Nord* recolta a fost influențată semnificativ doar de temperatură și precipitațiile din perioada de vegetație, 12,6% din variațiile acesteia fiind atribuite acestor factori. În opt (Briceni, Dondușeni, Drochia, Edineț, Glodeni, Ocnița, Râșcani, Soroca) din raioanele de nord niciunul dintre factorii climatici analizați nu a influențat semnificativ recolta de floarea-soarelui.

▪ În *Regiunea de Dezvoltare Centru* ponderea tuturor variabilelor climatice analizate în variația recoltei a constituit 28,2%. La analiza per UAT s-a constatat că cel mai mare impact a fost exercitat de cantitatea de precipitații din perioada de vegetație, acestui factor atribuindu-i-se cca 21-58% din variația recoltei de floarea-soarelui, valorile maxime fiind stabilite în Hâncești (39,6%), Strășeni (46,9%) și Orhei (58,2%). În raionul Călărași, Șoldănești și Rezina influența tuturor condițiilor incluse în studiu a fost ne semnificativă.

▪ În *Regiunea de Dezvoltare Nord*, influență semnificativă au exercitat doar precipitațiile din perioada de vegetație, responsabile pentru 20,2% din variația producției de floarea-soarelui. La nivel de UAT s-a stabilit lipsa unei influențe semnificative în raioanele Cantemir și Taraclia, un impact semnificativ al precipitațiilor din perioada de vegetație în Cimișlia, Căușeni, Leova și Ștefan-Vodă (19,9-26,7%) și cele din perioada rece – în Basarabeasca, Cahul și UTA Găgăuzia (23,4-48,8%).

▪ În anii secetoși 2007, 2012 și 2020 ponderea factorilor climatici în variația recoltei de floarea-soarelui a constituit cca 57-69%. Totodată, s-a constatat că factorii cu impact semnificativ asupra recoltei variază de la un an la altul: în anul 2007 și 2020 influență semnificativă a exercitat temperatura, iar în anul 2012 – temperatura și cantitatea de precipitații din perioada de vegetație.

BIBLIOGRAFIE

1. Intergovernmental panel on climate change 2014: Impacts, adaptations and vulnerability. In: Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., editors. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press; Ginebra, UK: 2014.
2. Nedelcov, M., Duca, M., Dencicov, L. Sunflower's productivity in the context of climatic changes on Republic of Moldova's territory. In: *Helia*, 2017, 40(67):XX, 115-132.
3. Škorić D. Achievements and future directions of sunflower breeding. In: *Field Crops Res.*, 1992, vol. 30, nr. 3-4, 231-270.

4. Tabără, V. *Fitotehnie*. Vol. II Plante Tehnice, Tuberculi-fere și Rădăcinoase, Timișoara: Brumar, 2005. 138 p.

5. Erdem, T., Delibas, L., Orta, A.H. Water use characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under deficit irrigation. In: *Pak. J. Bio. Sci.*, 2002, vol. 4, nr. 7, 766-769.

6. Pejić, B., Maksimović, L., Škorić D., Milić S., Stričević R., Ćupina B. Effect of water stress on yield and evapotranspiration of sunflower. In: *Helia*, 2009, vol. 32, nr. 51, 19-32.

7. Yovel, E., Santos, S. Incorporarea măsurilor de adaptare la schimbările climatice în planurile, politicile și strategiile Republicii Moldova: Ghid simplificat pentru utilizatori. Chișinău: Oficiul „Schimbarea Climei”, Ministerul Mediului al Republicii Moldova, 2016. 38 p.

8. Lobell, D.B., Schlenker, W., Costa-Roberts, J. Climate trends and global crop production since 1980. In: *Science*, vol. 333, 2011, 616-620.

9. Kukal, M.S., Irmak, S. Climate-Driven Crop Yield and Yield Variability and Climate Change Impacts on the U.S. Great Plains Agricultural Production. In: *Scientific Reports*, 8: 3450, 2018, p. 18.

10. Serviciul Hidrometeorologic de Stat din Moldova. 2022, [online] <https://old.meteo.md/newsait.htm> (consultat: 22.03.2022).

11. Biroul Național de Statistică, 2003, [online] <https://statistica.gov.md/ro/banca-de-date-statistice-78.html> (consultat: 29.05.2023).

12. Koudahe, K., Djaman, K., Kayode, J.A., Awokola, S.O., Adebola, A.A. Impact of Climate Variability on Crop Yields in Southern Togo. In: *Environment Pollution and Climate Change*, vol. 2(1): 1000148, 2018, p. 9.

13. Fernández-Luqueño, F., López-Valdez, F., Miranda-Arámbula, M., Rosas-Morales, M., Pariona, N., Espinoza-Zapata, R. An Introduction to the Sunflower Crop. In: Arribas JI, ed. *Sunflowers: Growth and Development, Environmental Influences and Pests/Diseases*. Valladolid, Spain: Nova Science Publishers, 2014, 18 p.

14. Gocic, M., Slavisa, T. Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. In: *Global and Planetary Change*, vol. 100, 2013, 172-182.

15. Petcu, G., Sin, G., Ionita, S., Popa, M. Influence of different crop management systems for sunflower in Southern of Romania. In: *Romanian Agricultural Research*, no. 13-14, 2000, 61-65.

16. Potopovă V., Boroneanț C., Boincean B., Soukupa J. Impact of agricultural drought on main crop yields in the Republic of Moldova. In: *International Journal of Climatology*, vol. 36, 2016, 2063-2082.

NOTĂ. Cercetările prezentate în lucrare au fost realizate în cadrul proiectului 20.80009.5107.01 *Studii genetico-moleculare și biotehnologice ale florii-soarelui în contextul asigurării managementului durabil al ecosistemelor agricole*, Program de stat 2020–2023 finanțat de ANCD.