

# ADER 6.3.23 - faza III, 2025

„Utilizarea sistemelor autonome energetic  
pentru digitalizarea unor secvențe  
tehnologice specifice pomiculturii de  
precizie”



# PARTENERI:

**C0 – Institutul de Cercetare – Dezvoltare pentru Pomicultură  
Pitești, Mărăcineni – ICDP PITEȘTI-MĂRĂCINENI**

*Director de proiect dr. ing. Mirela Florina CĂLINESCU*

**P1 – Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară București  
– USAMV București**

*Responsabil proiect Prof. dr. ing. Florin STĂNICĂ*

**P2 – Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie,  
Agrochimie și Protecția Mediului București – ICPA București**

*Responsabil proiect dr. Mihaela LUNGU*

**P3 – Stațiunea de Cercetare – Dezvoltare pentru Pomicultură  
Băneasa– SCDP Băneasa**

*Responsabil proiect dr. ing. Damian Dragomir*



# OBIECTIVELE PROIECTULUI

---

## 1. Obiectivul general 6.

Dezvoltarea de noi produse, practici, procese și tehnologii integrate producției horticole

## 2. Obiectivul specific 6.3.

Modernizarea tehnologiilor de înmulțire și de cultură a plantelor horticole pentru utilizarea cu maximă eficiență a resurselor naturale și antropice, diminuarea impactului negativ al schimbărilor climatice și îmbunătățirea protecției mediului înconjurător

## Obiectivul principal al proiectului

Elaborarea și implementarea secvențelor tehnologice moderne, cu scopul optimizării proceselor de creștere și rodire, eficientizării consumurilor de resurse naturale și antropice, în condițiile reducerii stresului abiotic, prin utilizarea sistemelor inteligente de producere a energiei regenerabile (sisteme fotovoltaice) și monitorizarea multisenzorială și multispectrală a culturilor pomicole.

---

## Obiectivele specifice proiectului

- Crearea unui microclimat favorabil culturii cu ajutorul unei arii de panouri fotovoltaice cu diferite grade de transparență;
- Monitorizarea și analiza datelor referitoare la indicatori ai microclimatului generat de utilizarea panourilor fotovoltaice (temperatura, umiditate, radiația solară);
- Diagnosticarea timpurie a stresului nutrițional din sol și plantă;
- Analiza rezultatelor legate de utilizarea energiei electrice produse de sistemul fotovoltaic.

### 3. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivelor proiectului

---

- Monitorizarea culturilor privind corelația dintre stresul hidric și nutrițional cuantificat de indicatorii fluorescenței clorofilei aparatului foliar al pomilor, imaginile multispectrale și trăsăturile fiziologice ale speciilor pomicole, interpretate cu ajutorul unor modele fizice de transfer radiativ;
- Modelele matematice de transfer radiativ bazate fizic (indicii de vegetație), generate în cadrul proiectului, vor fi utilizate pentru a crea sisteme informatice destinate estimării stării fiziologice a plantelor, intensității stresului abiotic timpuriu și ajustării în timp util a programelor de fertirigare.
- Articole, lucrări, pagină web a proiectului, organizare workshopuri pentru diseminarea rezultatelor
- Ghid practic privind utilizarea soluțiilor inovative rezultate în cadrul proiectului.

## 4. OBIECTIVUL FAZEI

Experimentarea modelului propus în al doilea an de studiu în câmp

---

### Activitatea III.1.

- Experimentarea modelului propus în al doilea an în câmp

### Activitatea III.2.

- Diseminarea rezultatelor

## 5. REZULTATE PRECONIZATE PENTRU ATINGEREA OBIECTIVULUI FAZEI

---

### Monitorizarea impactului modelului experimental asupra culturilor luate în studiu în anul al doilea

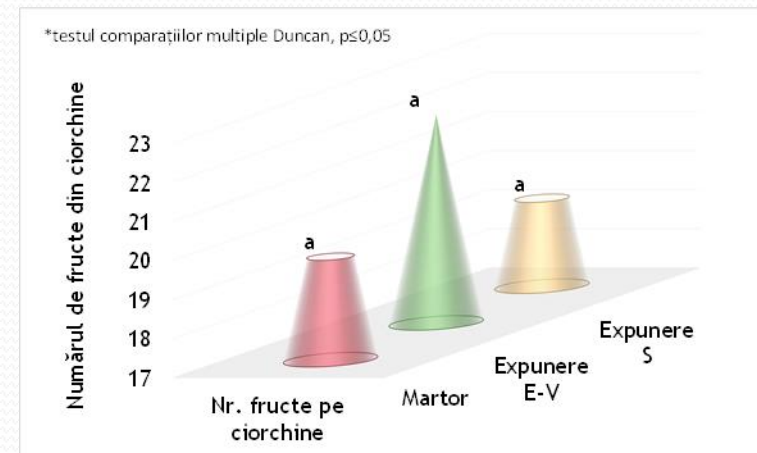
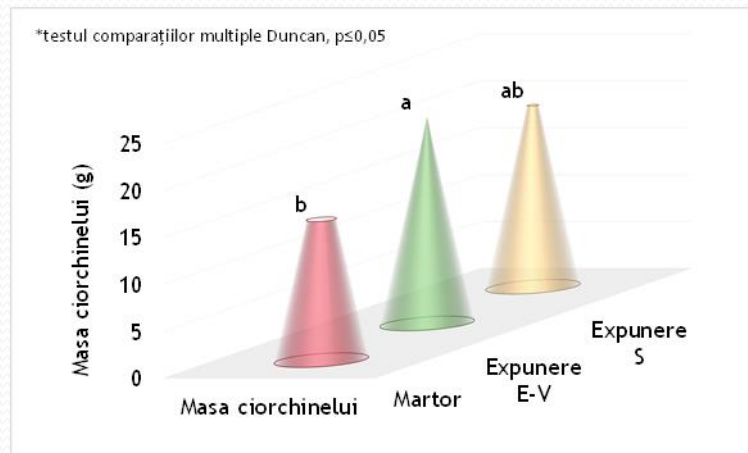
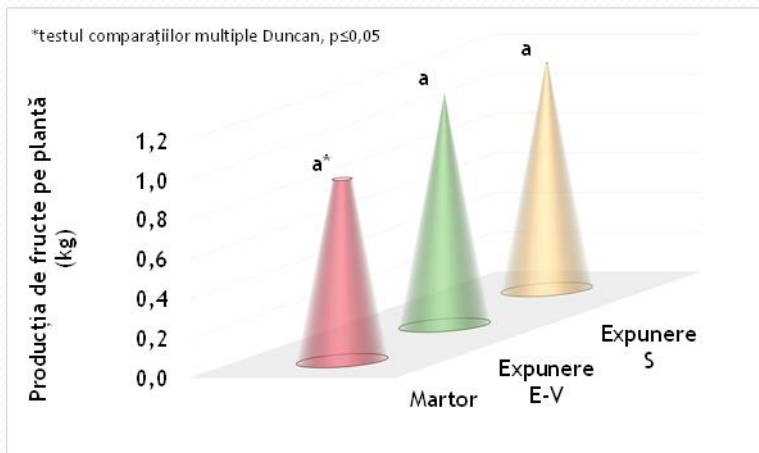
- Observații fenologice, măsurători biometrice, analize de laborator; Înregistrarea indicatorilor pedologici și climatici relevanți pentru monitorizarea microclimatului creat de amplasarea panourilor fotovoltaice. Centralizarea și prelucrarea statistică a datelor înregistrate;
- Recoltare și eșantionare probe de sol și vegetale din parcelele experimentale în primul an de studiu;
- Diseminarea rezultatelor

## Rezultatele activităților ICDP Pitești-Mărăcineni

- În această etapă, la CP - ICDP Pitești-Mărăcineni au fost continuate studiile referitoare la efectul acoperirii cu panouri fotovoltaice asupra microclimatului, calității recoltei, precum și asupra unor indicatori fiziologici la specia coacăz roșu, soiul 'Rovada', cultivat în loturile demonstrative ale laboratorului de Tehnologii Pomicole și Protecție Fitosanitară.
- S-a prezentat o sinteză privind evoluția factorilor meteorologici în anul agricol 1 octombrie 2024 - 30 septembrie 2025 la ICDP Pitești, Mărăcineni comparativ cu normala 1969-2024. Au fost înregistrate date și s-au completat bazele de date referitoare la evoluția temperaturii și umidității solului în variantele experimentale, la gradul de aprovizionare cu elemente minerale în sol și plante, producția și calitatea fructelor și principalele fenofaze ale organelor vegetative și de rod ale coacăzului roșu. De asemenea, s-a continuat contorizarea și înregistrarea energiei electrice produse de cele două sisteme agrovoltaice. Datele colectate din teren au fost prelucrate statistic, cu ajutorul unui program specializat (IBM SPSS) și analizate în cadrul unui Raportului Științific.



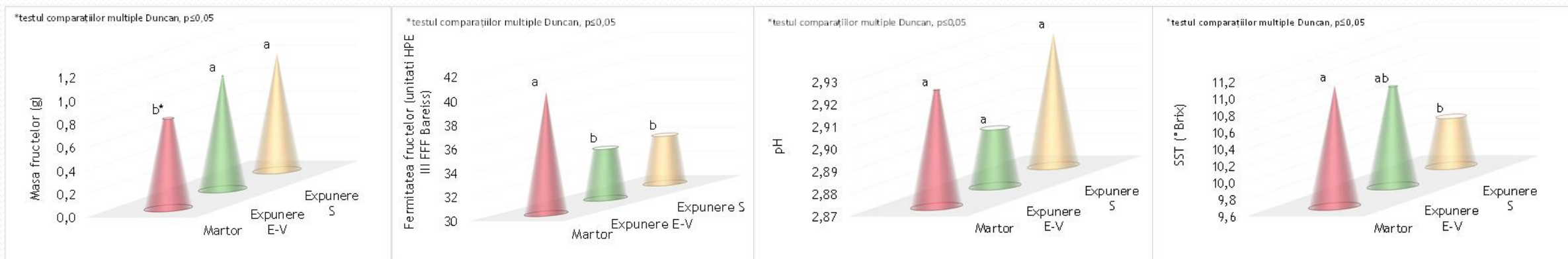
## Influența variantelor de acoperire cu panouri fotovoltaice asupra producției de fructe, masei ciorchinilor și numărului de fructe din ciorchini la specia coacăz roșu, soiul ‘Rovada’ (Maracineni-Argeș, 2025)



### Observații:

- ✓ Masa ciorchinilor a crescut semnificativ sub panouri, în special în varianta E-V (+46,9%), unde efectul a fost asigurat statistic.
- ✓ Comparativ cu martorul, producția de fructe și numărul de fructe din ciorchine au crescut moderat (cu 25–28%), dar fără semnificație statistică.

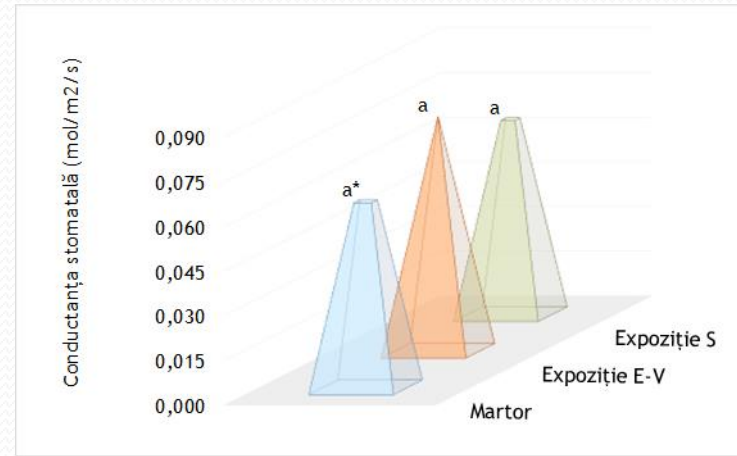
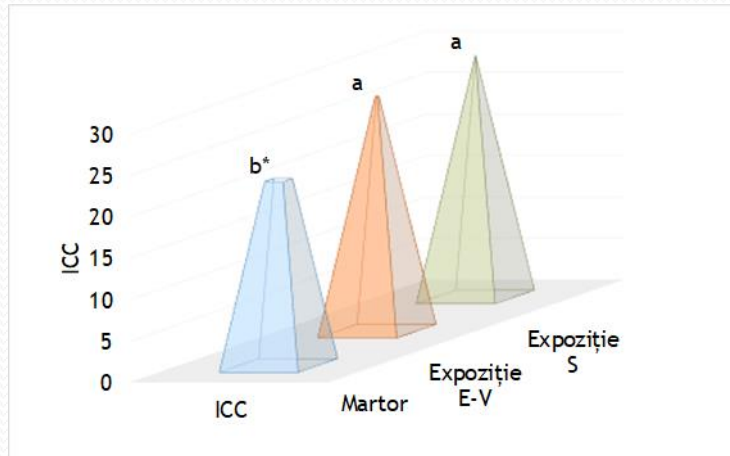
## Influența variantelor de acoperire cu panouri fotovoltaice asupra unor indicatori de calitate ai fructelor fructelor la specia coacăz roșu, soiul 'Rovada' (Maracineni-Argeș, 2025)



### Observații:

- ✓ Masa fructelor a fost semnificativ mai mare în ambele variante acoperite (+26–31%), în timp ce fermitatea fructelor a scăzut cu 15–17%.
- ✓ pH-ul fructelor nu a fost afectat semnificativ, însă conținutul de substanță solubilă totală a fost redus, mai ales în cazul panourilor fotovoltaice orientate spre sud (-7,7%).
- ✓ Corelațiile au indicat faptul că fructele mai mari au avut pH mai ridicat și conținut de substanță solubilă mai mic, iar masa fructelor s-a corelat pozitiv cu producția totală.

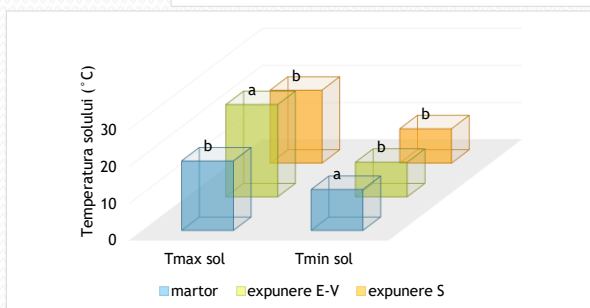
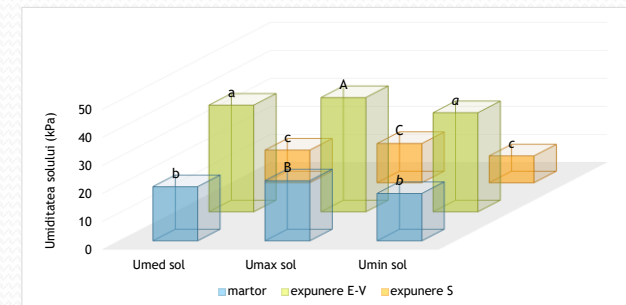
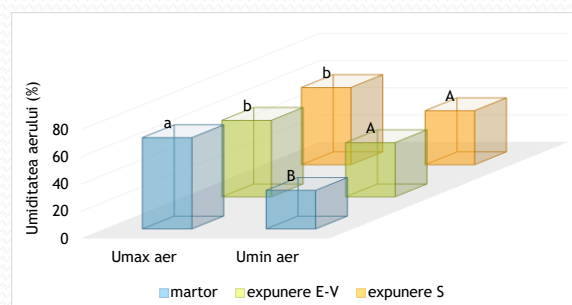
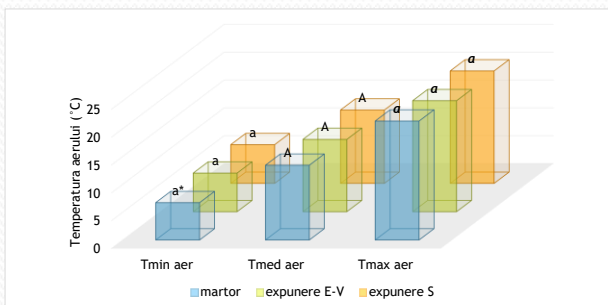
## Efectul variantelor de acoperire cu panouri fotovoltaice asupra indexului conținutului foliar de clorofilă și asupra conductanței stomatale la specia coacăz roșu



### Observații:

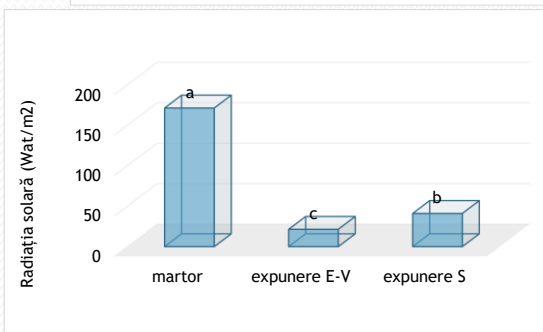
- ✓ Acoperirea culturii de coacăz roșu cu panouri fotovoltaice a produs reacții semnificative ale plantelor. Efectul umbririi a constat într-o creștere a ICC în variantele acoperite cu panouri fotovoltaice la valori similare din punct de vedere statistic 29,16 pentru panourile cu orientare sudică și 28,30, în cazul sistemului cu panouri cu dublă orientare, E-V.
- ✓ Nu au fost înregistrate diferențe semnificative între variantele de înierbare în ceea ce privește conductanța stomatală. Totuși, cea mai scăzută conductanță stomatală a fost determinată în varianta martor (0,62 mol/m<sup>2</sup>/s), urmară de varianta acoperită cu panouri orientate spre sud (0,65 mol/m<sup>2</sup>/s), cea mai mare valoare a indicatorului fiind înregistrată în varianta acoperită cu panouri cu dublă orientare E-V (0,79 mol/m<sup>2</sup>/s).

## Efectul prezenței și orientării panourilor fotovoltaice asupra temperaturii și umidității aerului și solului, precum și asupra cantității de radiație solară în anul agricol 2024-2025

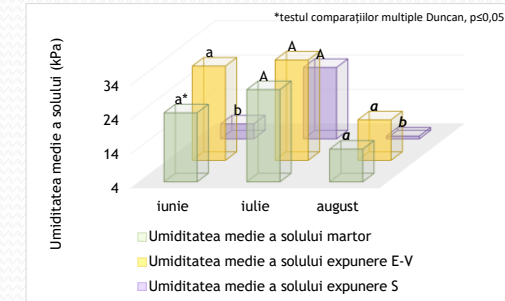
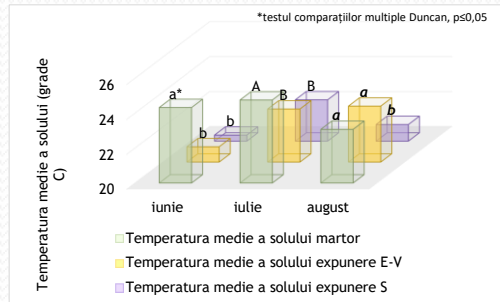
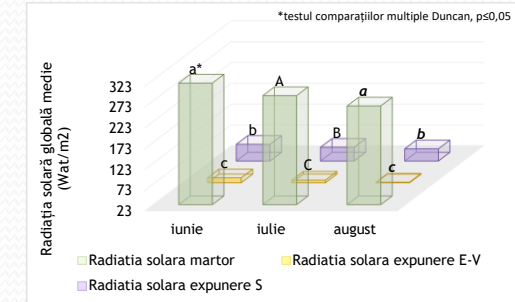
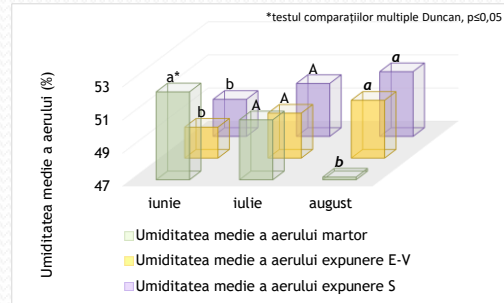
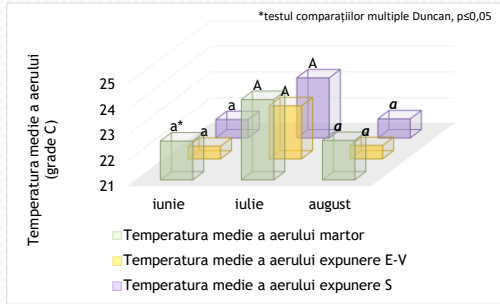


### Observații:

- ✓ Panourile fotovoltaice nu au determinat diferențe semnificative ale temperaturii aerului (minime, maxime sau medii) la nivel anual, însă au modificat distribuția radiației și regimul de umiditate.
- ✓ Radiația solară globală a fost puternic diminuată sub panouri (de 5-10 ori față de martor), efect mai pronunțat la orientarea est-vest (E-V).
- ✓ Umiditatea aerului a avut amplitudini mai reduse sub panouri, cu extremele cele mai mari (28,3-67,1%) înregistrate în varianta martor.
- ✓ În perioada de vară, aerul sub panouri a fost constant mai rece cu aproximativ 1°C, iar umiditatea atmosferică mai ridicată în august comparativ cu martorul.
- ✓ Temperatura solului a fost în general mai scăzută sub panouri, dar amplitudinea termică a fost mai mare la orientarea E-V, ceea ce indică o dinamică termică mai activă sub această structură.
- ✓ Umiditatea solului a fost superioară în variantele acoperite, mai ales în cea orientată spre sud, datorită reducerii evaporării directe.



## Influența lunară a variantelor de acoperire cu panouri fotovoltaice asupra temperaturii și umidității aerului și solului și asupra radiației solare în perioada iunie-august 2025



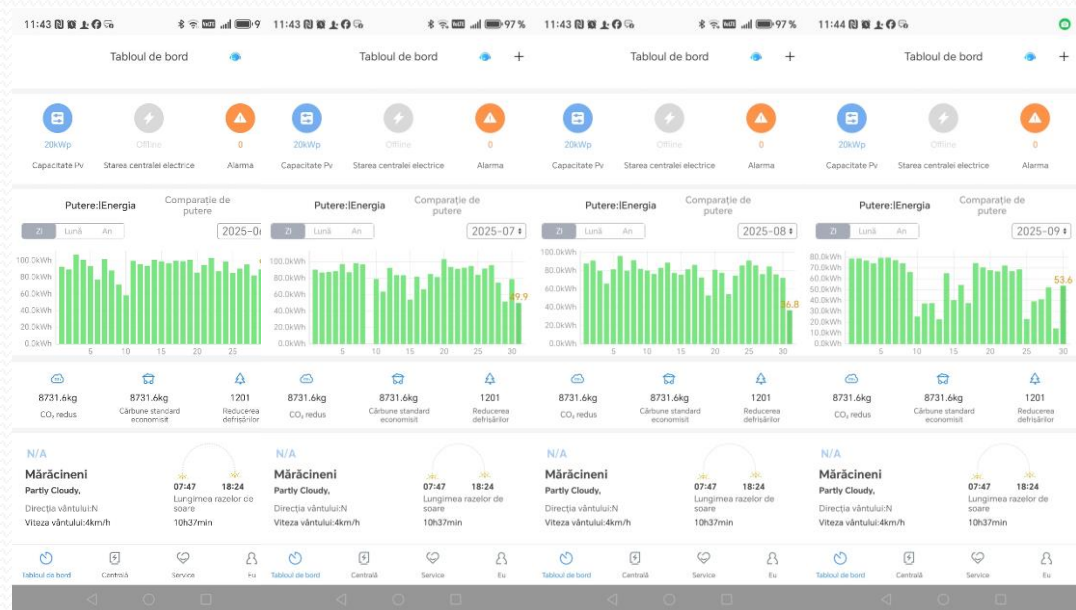
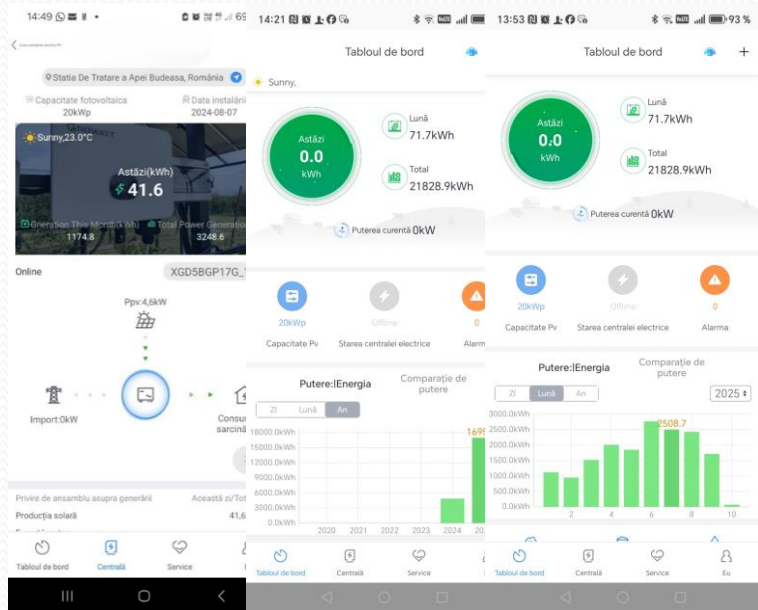
### Observații:

- ✓ În toate lunile de vară s-a menținut o corelație pozitivă foarte semnificativă între temperatura aerului și cea a solului, confirmând un răspuns comun la stresul termic.
- ✓ În variantele acoperite, temperatura aerului s-a corelat pozitiv cu umiditatea atmosferică, ceea ce sugerează retenția vaporilor de apă sub panouri și reducerea ventilației.
- ✓ În varianta martor, radiația solară crescută a determinat scăderea umidității aerului, în timp ce sub panouri tendința a fost inversă — un microclimat cald și umed, potențial nefavorabil fotosintezei.
- ✓ Corelațiile negative între temperatura și umiditatea solului au fost semnificative doar în varianta martor și cea cu orientare sudică a panourilor, ceea ce indică o deshidratare accentuată a solului expus direct la radiație și a celui umbrat o perioadă mai scurtă.
- ✓ În luna august, panourile orientate E-V au generat o reducere a umidității solului odată cu creșterea radiației, în timp ce panourile S au arătat o tendință ușor inversă.

## Producerea de energie electrică prin intermediul panourilor fotovoltaice instalate deasupra culturii de coacăz roșu, (ICDP Pitești-Mărăcineni, 2025)

### Observații:

- ✓ De la instalarea dispozitivului experimental (iulie 2024) până în prezent (octombrie 2025), sistemul agrivoltaic a produs în medie lunar 71,7 kWh.
- ✓ Cantitatea totală de energie electrică produsă în perioada studiului a fost de 21.828,9 kWh, din care 16.957,6 kWh s-au contorizat în anul 2025, iar din aceștia aproximativ jumătate au fost produși în lunile de vară: 2.771 kWh în luna iunie, 2.509 kWh în luna iulie, 2.430 kWh în luna august



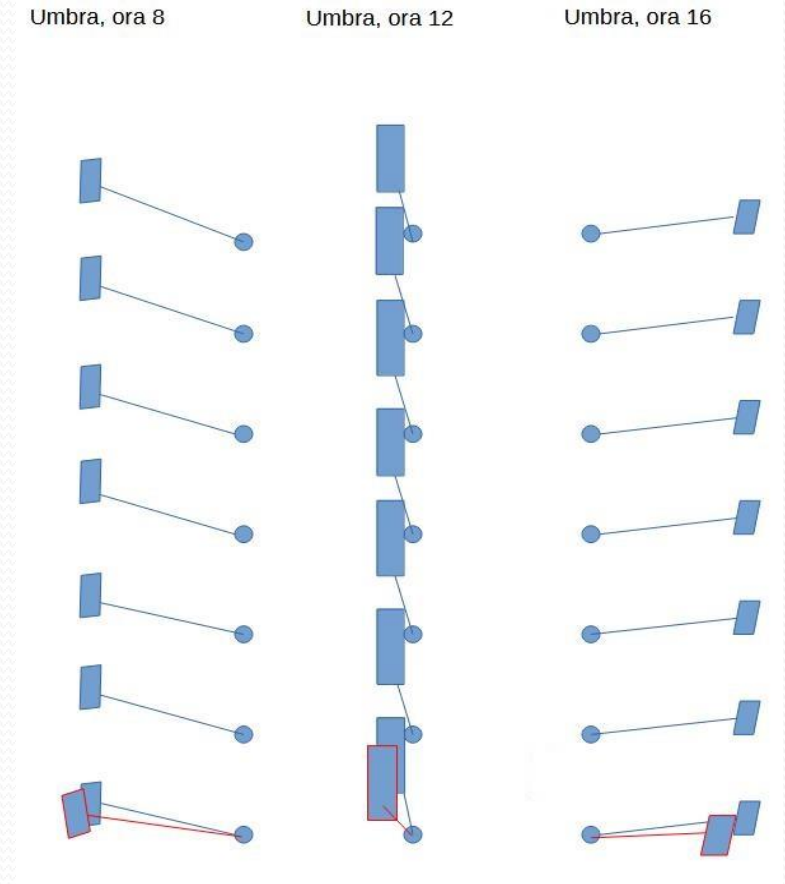
## Rezultate Partenerul 1 – USAMV București

- Au fost continuate studiile începute în faza anterioară a proiectului referitoare la efectul amplasării unui Sistem Hortivoltaic experimental complex într-o plantație de banana nordului/asimina (*Asimina triloba* (L) Dunal) în livada experimentală a Facultății de Horticultură din București destinată speciilor pomicole noi;
- S-au monitorizat stadiile fenologice ale plantelor în conformitate cu scara BBCH preluată din lucrarea lui Ferrer-Blanco (2022);
- S-au efectuat măsurători biometrice ale plantelor (înălțimea, diametrul trunchiului, numărul ramurilor și lungimea ramurilor);
- S-au efectuat măsurători cu PAR-metrul și LUX-metrul ;
- A continuat înregistrarea indicatorilor pedologici și climatici relevanți pentru monitorizarea microclimatului creat de amplasarea panourilor fotovoltaice, iar rezultatele studiului au fost prezentate într-un articol științific.

# Rezultate Partenerul 1 – USAMV București



Poziționarea sistemului de panouri fotovoltaice și umbrirea plantelor de *Asimina triloba* (L.) Dunal



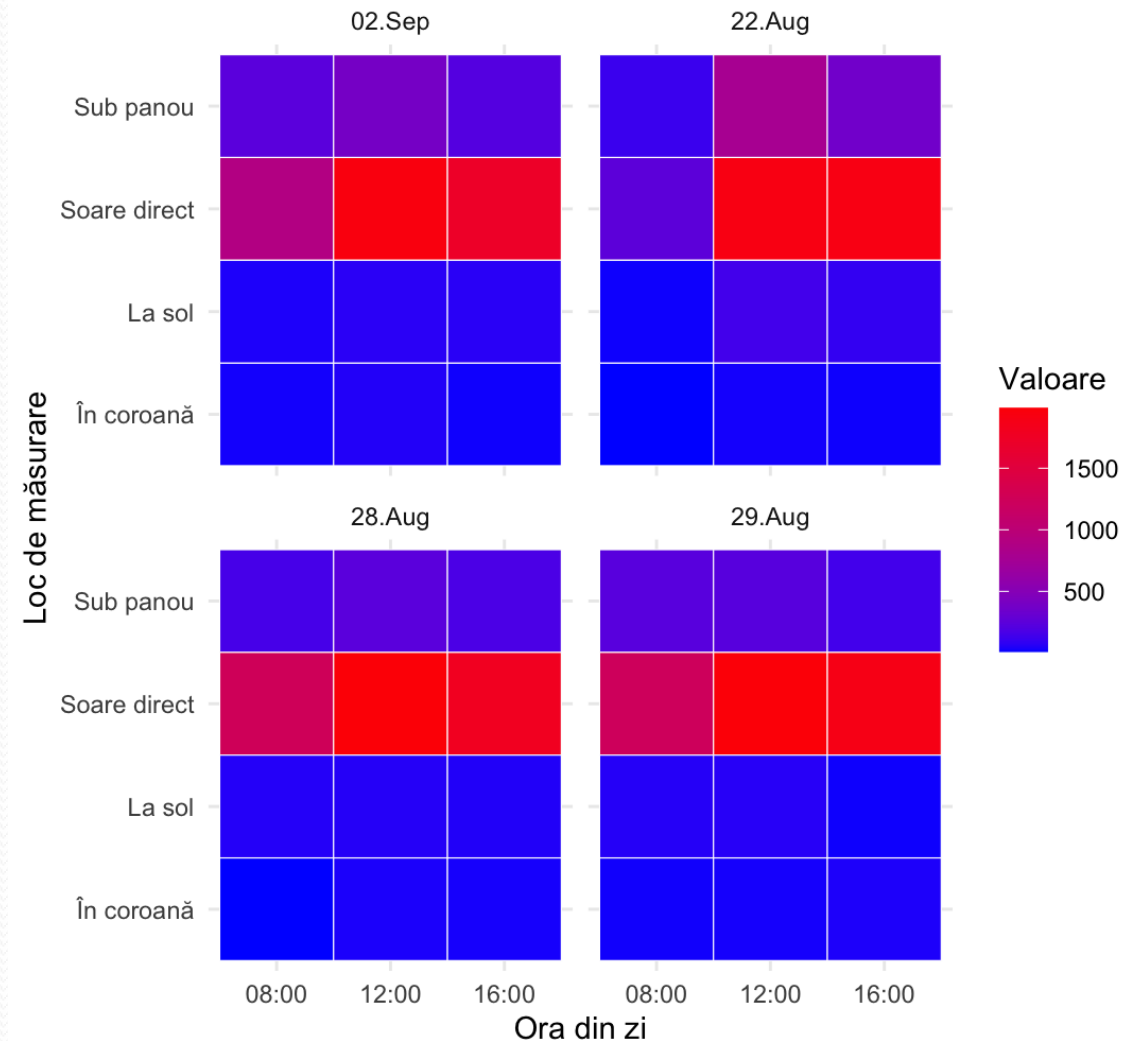
Schema grafică a umbririi realizată de panourilor solare

## Dinamica radiația fotosintetice active (RFA) pe parcursul zilei și în corelație cu zona măsurată în livada

### Observații:

- Măsurătorile radiației fotosintetice active (RFA) au evidențiat **diferențe semnificative în funcție de poziția senzorului și momentul zilei.**
- Cele mai mari valori, de peste  **$1.900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$** , s-au înregistrat la **soare direct**, în special la prânz, indicând **condiții optime pentru fotosinteză.**
- Sub panouri, valorile au fost mult mai reduse (sub  **$100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$** ), iar în unele cazuri moderate ( **$\approx 781 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$** ), datorită **luminii difuze și reflexiilor.**
- Astfel, **zona expusă direct** beneficiază de cea mai intensă radiație, în timp ce **spațiile sub panou, la sol și în coroană prezintă condiții luminoase limitative** pentru speciile heliofile.

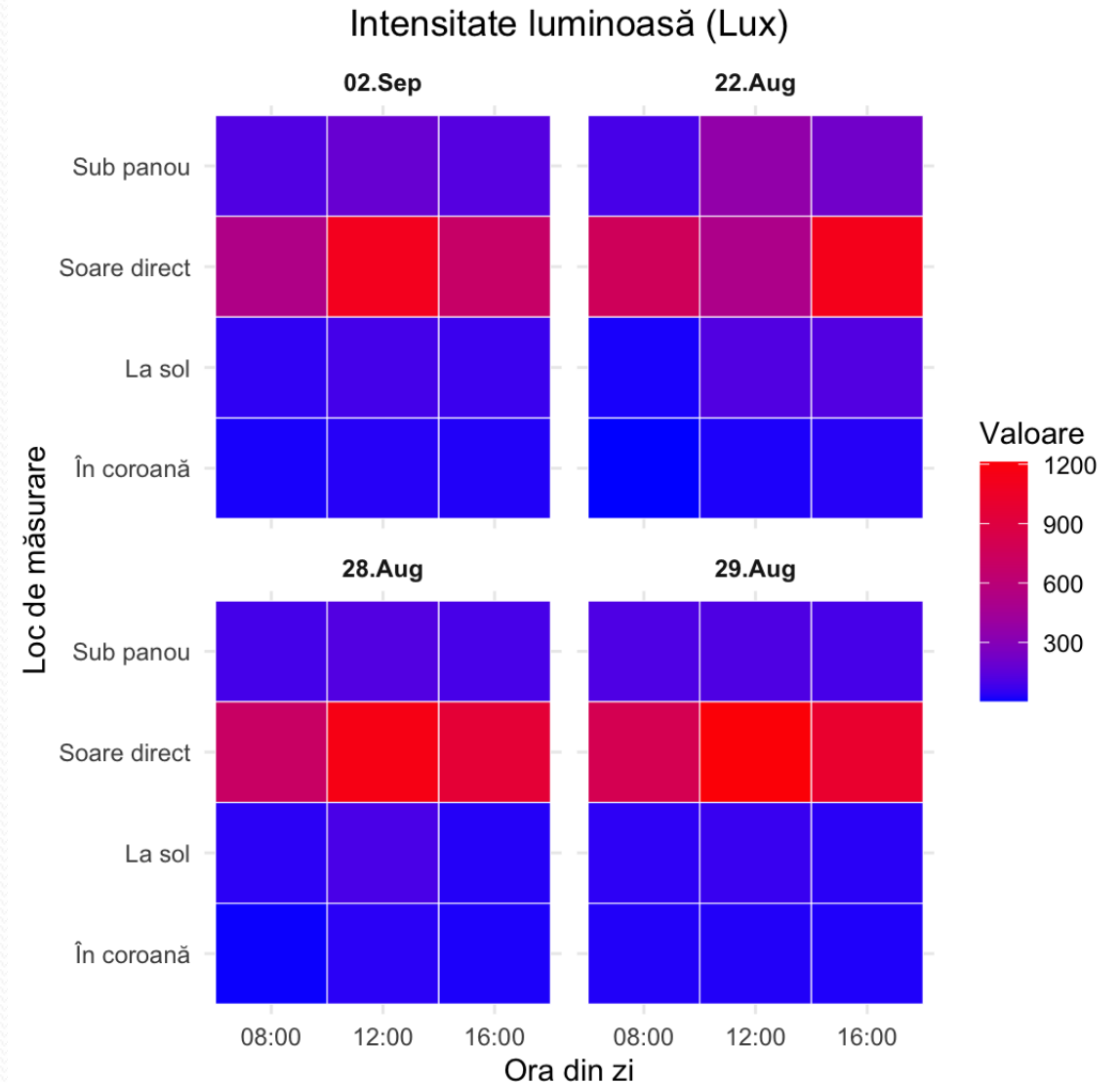
### Radiație fotosintetică activă (PAR)



## Dinamica intensității luminoase (Lux) în funcție de momentul zilei și zona măsurată în livadă

### Observații:

- Măsurătorile efectuate cu luxmetrul au confirmat distribuția observată pentru RFA.
- **Zona expusă direct la soare** a înregistrat cele mai mari niveluri de iluminare, cu **peste 120.000 lux la prânz**, corespunzând unei expuneri totale la radiația solară.
- **Sub panouri**, intensitatea luminoasă a fost **moderată** ( $\approx 35.800$  lux la ora 12:00), ca efect al **reflexiilor și filtrării parțiale a luminii**, iar **la sol și în coroană** valorile au fost **scăzute și constante** (rareori peste 12.000 lux), specifice zonelor umbrite.
- Evoluția zilnică a intensității luminoase a urmat tendința normală – **creștere dimineața, maxim la prânz și scădere spre seară** – determinată de unghiul solar și gradul de expunere.



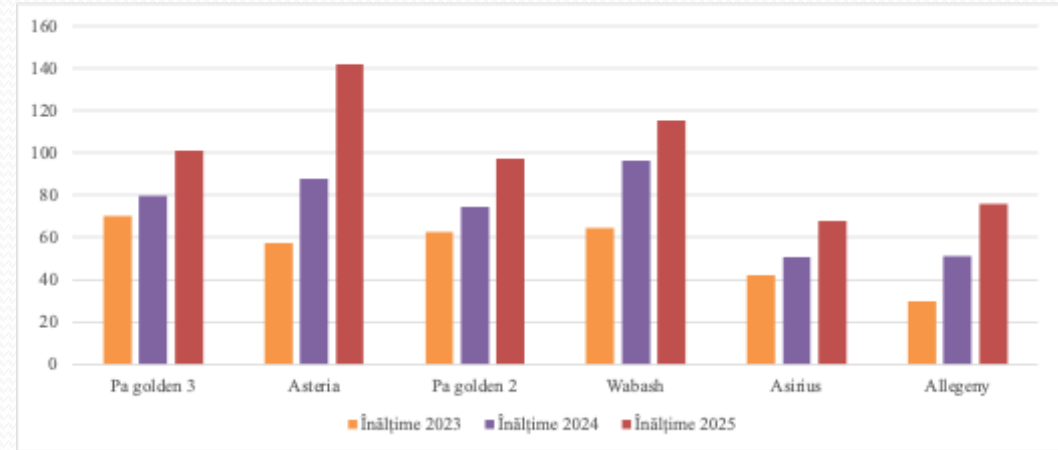
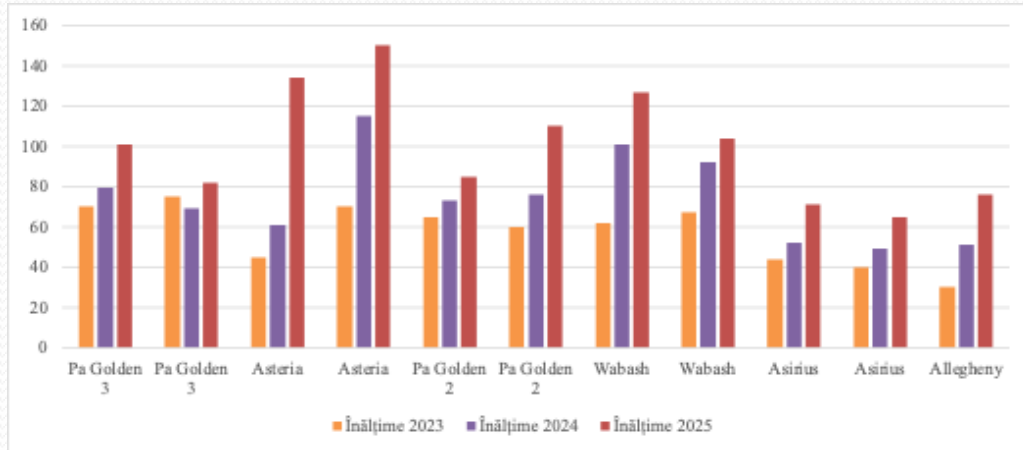
## Fazele fenologice pe scara BBCH la *Asimina triloba* (L.) Dunal

BBCH		Stadiu principal de creștere 0: dezvoltarea mugurilor/ frunze		Stadiu principal de creștere 1: dezvoltarea frunzelor				Stadiu principal de creștere 6: înflorire				
		Început sparge muguri	Frunze 5 mm deasupra solzilor	Primele frunze se separă	Primele frunze desfășurate	Primele frunze complet extinse	Începutul înfloririi	40% din flori deschise	Înflorire completă	Prima floare se scutura	Floarea se ofilește	Sfârșitul înfloririi
Planta	Soi	7	9	10	11	19	61	64	65	66	67	69
R5P1	Pa golden 3	07.04.2025	15.04.2025	17.04.2025	26.04.2025	02.05.2025	07.04.2025	17.04.2025	19.04.2025	21.04.2025	23.05.2025	12.05.2025
R5P2	Pa golden 3	07.04.2025	16.04.2025	17.04.2025	26.04.2025	02.05.2025	04.10.2025	16.04.2025	19.04.2025	21.04.2025	11.05.2025	12.05.2025
R5P3	Asteria	04.04.2025	07.04.2025	15.04.2025	17.04.2025	18.04.2025	13.04.2025	15.04.2025	17.04.2025	25.04.2025	11.05.2025	12.05.2025
R5P4	Asteria	05.04.2025	07.04.2025	16.04.2025	20.04.2025	21.04.2025	23.04.2025	02.05.2025	12.05.2025	15.05.2025	11.05.2025	12.05.2025
R5P5	Pa golden 2	07.04.2025	19.04.2025	27.04.2025	26.04.2025	02.05.2025	01.04.2025	02.05.2025	12.05.2025	20.04.2025	25.04.2025	12.05.2025
R5P6	Pa golden 2	05.04.2025	07.04.2025	17.04.2025	22.04.2025	28.04.2025	07.04.2025	15.04.2025	28.04.2025	24.04.2025	26.04.2025	15.05.2025
R5P7	Wabash	07.04.2025	15.04.2025	17.04.2025	24.04.2025	29.04.2025	07.04.2025	15.04.2025	28.04.2025	23.04.2025	28.04.2025	15.05.2025
R5P8	Wabash	04.04.2025	15.04.2025	16.07.2025	21.04.2025	23.04.2025	18.04.2025	22.04.2025	24.04.2025	29.04.2025	13.05.2025	15.05.2025
R5P9	Asirius	01.04.2025	04.04.2025	15.04.2025	20.04.2025	21.04.2025						
R5P10	Asirius	01.04.2025	04.04.2025	07.04.2025	17.04.2025	21.04.2025	04.04.2025	07.04.2025	04.07.2025	22.04.2025	13.05.2025	15.05.2025
R5P11	Allegheny	04.04.2025	07.04.2025	17.04.2025	22.04.2025	24.04.2025	24.04.2025	26.04.2025	27.04.2025	13.05.2025	13.05.2025	12.05.2025

### Observații:

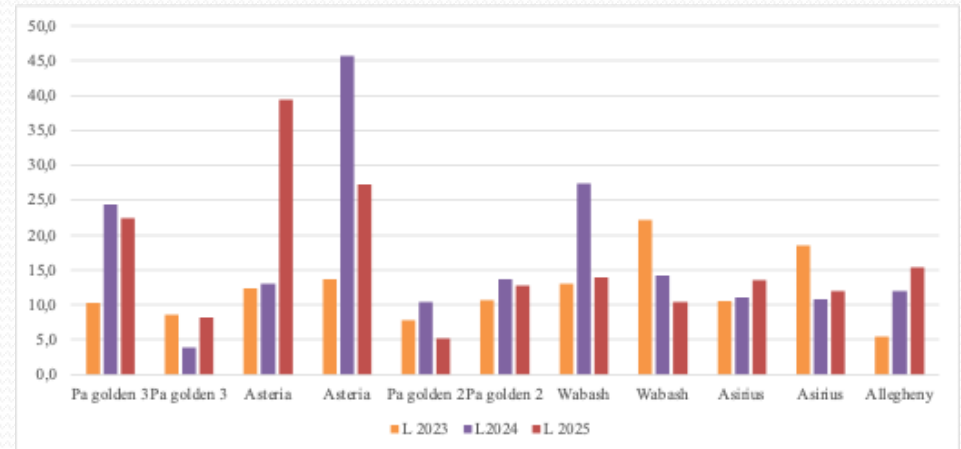
- Monitorizarea stadiilor fenologice (scara BBCH) în primăvara anului 2025 a evidențiat diferențe clare între soiuri. Soiurile ‘Asirius’ și ‘Allegheny’ au prezentat o pornire timpurie în vegetație, în timp ce ‘Pa Golden 3’ a avut o evoluție mai tardivă.
- Este posibil ca pomii celor două soiuri neumbrite de panourile solare, să se fi încălzit mai mult și să pornească în vegetație mai devreme.
- Distribuția în timp a perioadelor de înflorire reprezintă un avantaj pentru polenizarea încrucișată și o bază utilă pentru planificarea lucrărilor de întreținere și recoltare. ‘Asirius’ s-a remarcat printr-o fereastră de înflorire timpurie și concentrată, iar ‘Allegheny’ printr-o înflorire ușor întârziată, dar mai extinsă, ceea ce îl recomandă drept bun polenizator complementar.

## Dinamica creșterii vegetative a lăstarilor



### Observații:

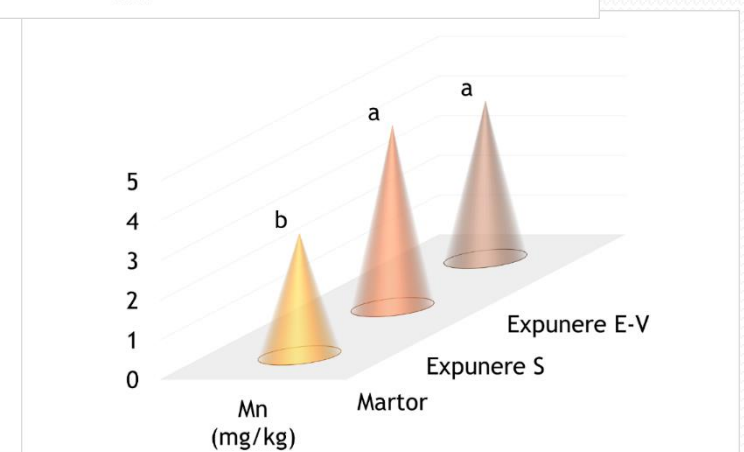
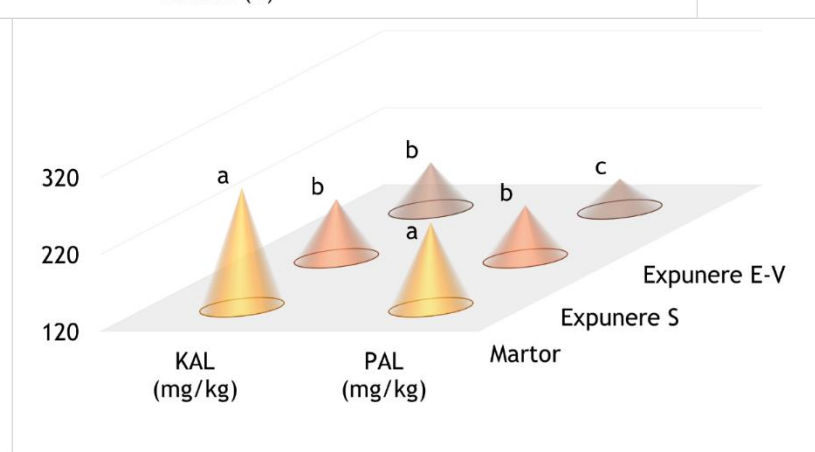
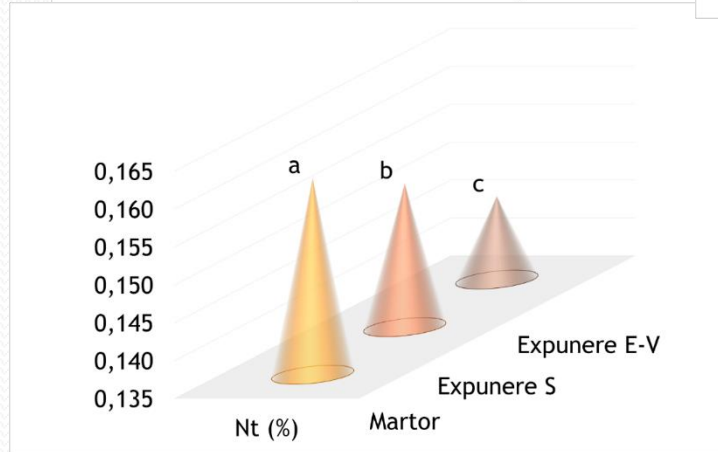
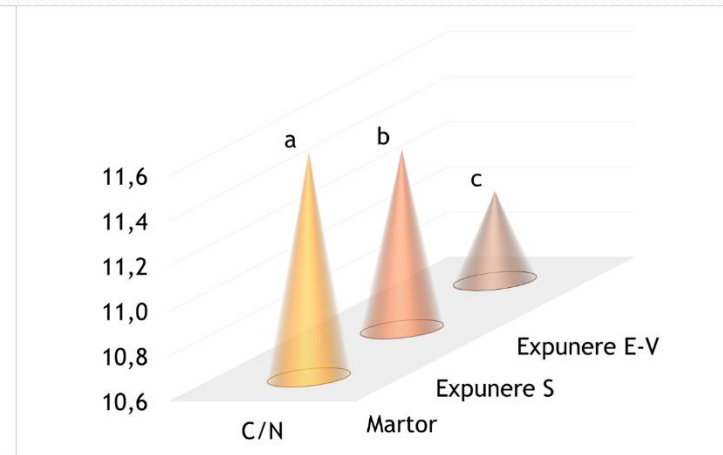
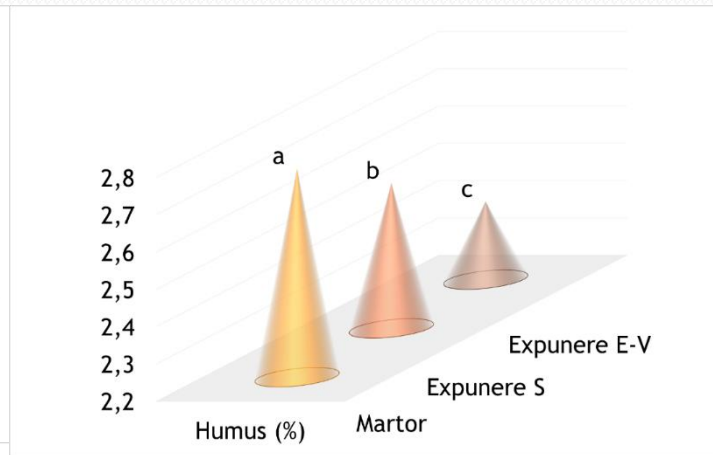
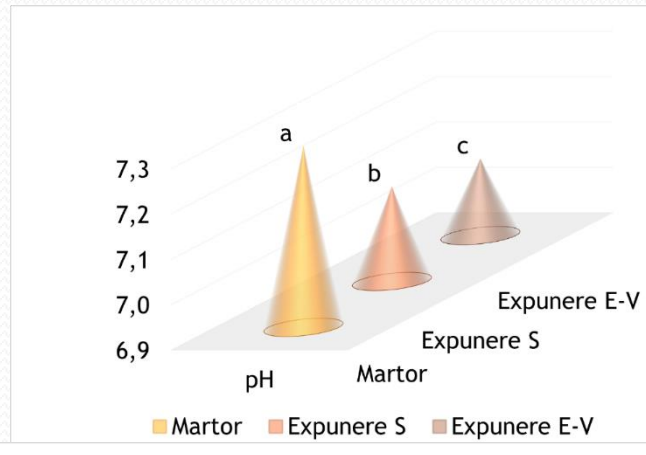
- Datele biometrice (înălțimea pomilor și creșterea medie a lăstarilor) au evidențiat o dezvoltare vegetativă constantă în perioada 2023–2025.
- Soiurile ‘Asteria’, ‘Wabash’ și ‘Pa Golden 2’ au prezentat cea mai mare vigoare, atingând peste 130 cm înălțime în 2025, în timp ce ‘Asirius’ și ‘Allegheny’ au avut o creștere moderată.
- Aceste diferențe confirmă variabilitatea genotipurilor studiate în condițiile diferitelor niveluri de umbrire.



## Rezultate Partenerul 2 – INCDPAPM-ICPA București

- În această fază a proiectului au fost recoltate și analizate probe de sol cu scopul determinării analitice a proprietăților agrochimice ale solului din cadrul dispozitivului experimental, respectiv:
  - ✓ reacția solului (pH);
  - ✓ carbonul organic;
  - ✓ azotul total;
  - ✓ conținuturile de forme mobile de fosfor și potasiu;
  - ✓ proprietățile de schimb cationic;
  - ✓ formele mobile de microelemente: zinc (Zn), cupru (Cu), fier (Fe) și mangan (Mn);
  
- De asemenea, s-a apreciat starea de nutriție a plantelor din cele trei variante experimentale prin determinări ale nivelului de elemente minerale precum azot, fosfor, potasiu, calciu, magneziu, zinc, cupru, fier și mangan.
  
- Valorile înregistrate au fost supuse analizei statistice (Microsoft Excel), iar rezultatele au fost discutate comparativ cu varianta martor.

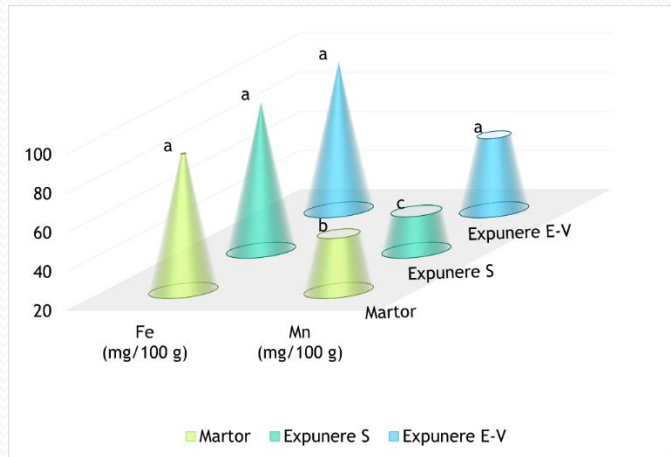
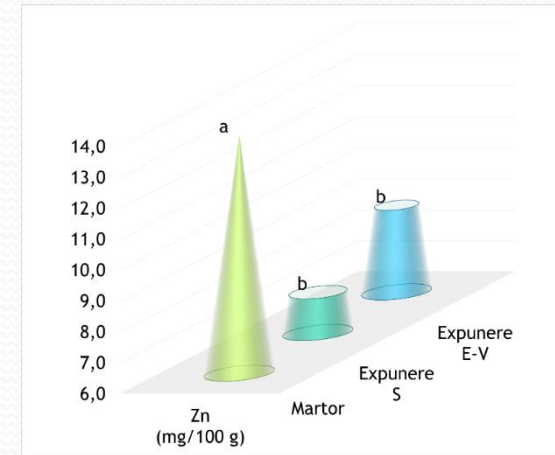
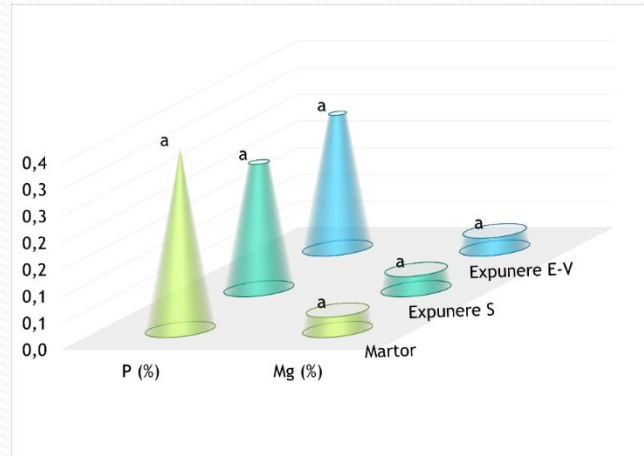
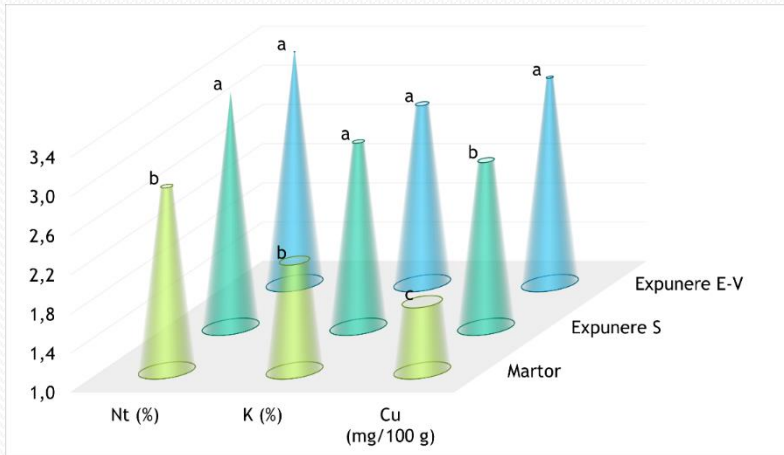
## Efectul panourilor fotovoltaice asupra proprietăților agrochimice ale solului



### Observații:

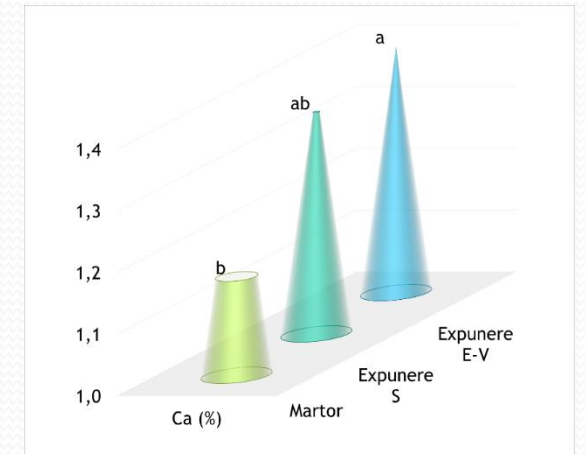
- ✓ Proprietățile de fertilitate ale solurilor din loturile experimentale studiate au înregistrat modificări, fără a depăși însă domeniile valorilor normale, favorabile culturilor pomice. S-au observat diferențe semnificative statistic în ceea ce privește aprovizionarea solului cu elemente de nutriție în funcție de gradul de umbră (orientarea panourilor fotovoltaice).

## Efectul panourilor fotovoltaice asupra conținuturilor de elemente minerale în frunzele de coacăz roșu



### Observații:

- ✓ **Nutriția minerală a plantelor** de coacăz roșu studiate, reflectată de compoziția minerală a frunzelor, este normală, chiar foarte bună. Plantele acumulează cantități de elemente nutritive suficiente pentru creștere și dezvoltare, pentru desfășurarea proceselor fiziologice. Microelementele ale căror conținuturi în sol depășesc limitele domeniilor valorilor ridicate (cupru, zinc) sau care se acumulează în plantă peste nivelul de aprovizionare ridicată (fier) ori nu se acumulează în frunze peste nivelurile normale de conținut (zinc) ori nu ridică probleme de dezechilibru nutrițional (fier).

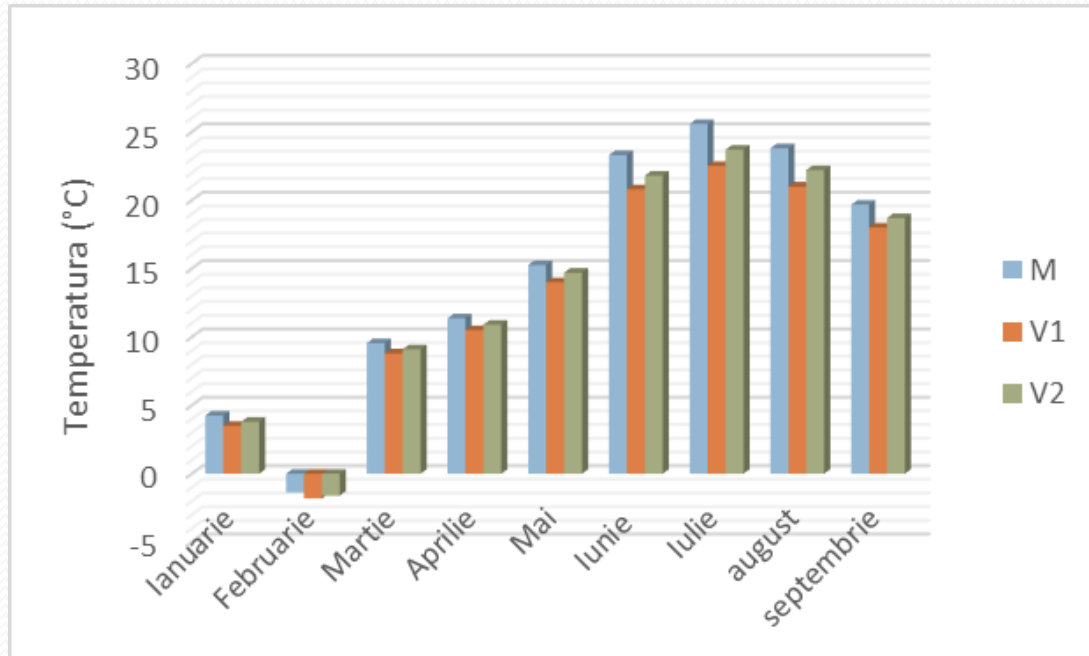


## Rezultate Partenerul 3 – SCDP Băneasa

- În faza a III-a a proiectului, partenerul 3 - SCDP Băneasa a continuat analiza indicatorilor biometrici și a celor fizico-chimici ai fructelor, precum și determinări ale indexului conținutului foliar de clorofilă.
- A efectuat observații fenologice și s-au monitorizat principalii indicatori pentru caracterizarea microclimatului creat sub panourile fotovoltaice cu ajutorul senzorilor pentru înregistrarea temperaturii aerului și solului, umidității și altor parametri climatici la diferite adâncimi și înălțimi.
- A completat baza de date inițiată în faza II a proiectului.
- Datele înregistrate în această fază au fost prelucrate statistic și analizate pentru a evalua efectul variantelor de acoperire a culturii de căpșun cu panouri fotovoltaice cu grade diferite de transparență asupra productivității și calității fructelor, precum și asupra parametrilor în care se dezvoltă plantația.



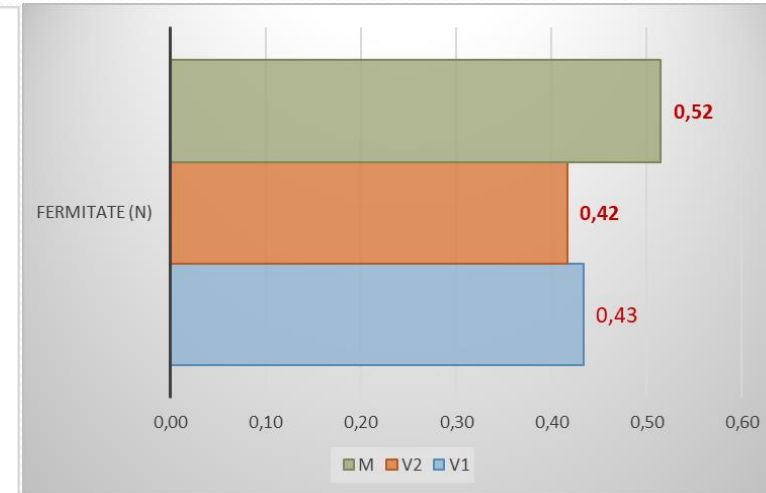
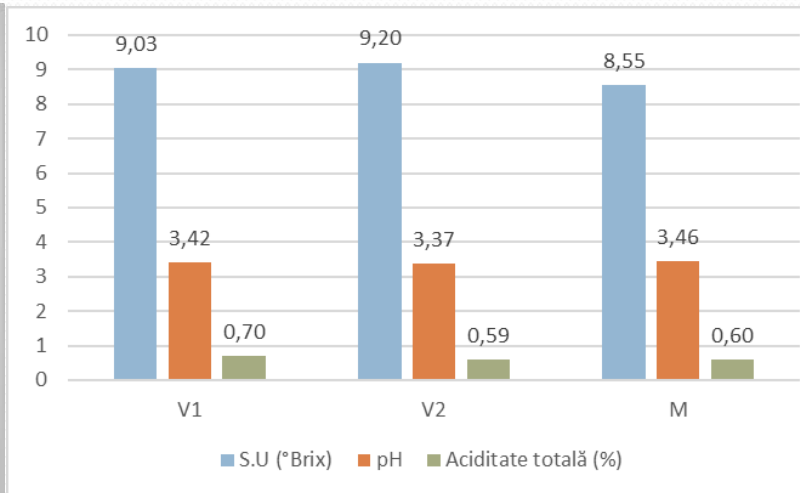
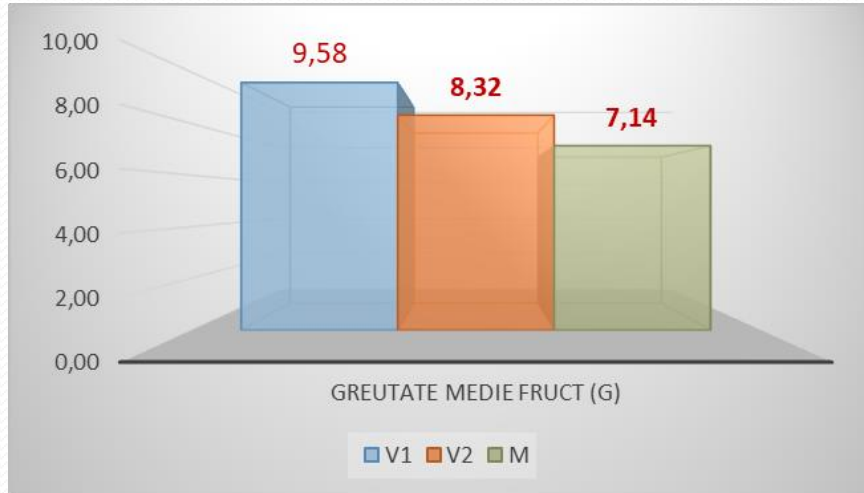
### Date climatice și de microclimat



- Anul 2025 a fost caracterizat de o primăvară umedă și o vară aridă, cu temperaturi de peste 32°C și precipitații neregulate, alternând între exces hidric (mai) și secetă severă (iunie–august). Umiditatea aerului a scăzut sub 35% în august, amplificând stresul termic și hidric asupra culturilor. Corelarea acestor factori confirmă un regim termohidric specific anilor secetoși, cu impact direct asupra echilibrului hidric și a microclimatului sub panourile hortivoltaice, care au contribuit la atenuarea stresului termic și la menținerea unui mediu mai favorabil culturii de căpșun.

Analiza microclimatică din perioada ianuarie–septembrie 2025 a evidențiat eficiența panourilor fotovoltaice semitransparente în reglarea parametrilor de mediu ai culturii de căpșun. Temperaturile medii sub panouri au fost cu 1–2,5°C mai scăzute, iar maximele de vară reduse cu până la 6°C, confirmând atenuarea stresului termic. În același timp, umiditatea relativă a fost mai ridicată (62,4% la V1; 58,7% la V2 față de 55,3% la martor), indicând reducerea evapotranspirației și menținerea unui microclimat mai umed. Varianta V1 (49%) a oferit cea mai bună protecție termică, iar V2 (77%) a asigurat un echilibru între răcire și iluminare, favorabil fotosintezei. În concluzie, sistemul hortivoltaic a demonstrat capacitatea de a stabili regimul termohidric, protejând cultura de stresul termic și hidric specific verilor secetoase din sud-estul României.

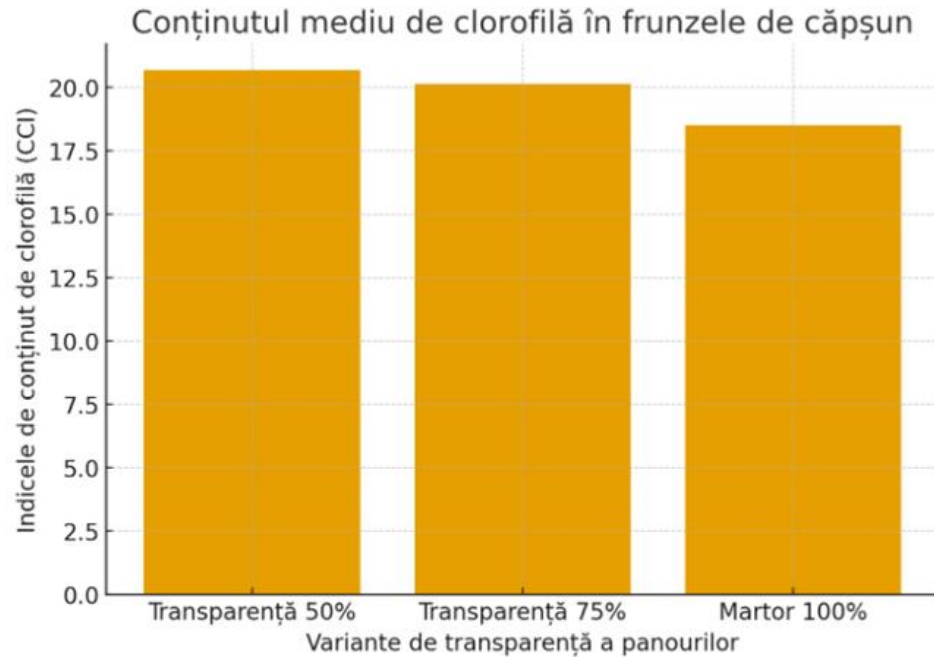
## Indici de calitate ai fructelor



### Observații:

- ✓ Analiza parametrilor morfologici și de calitate a arătat că **gradul de transparență al panourilor fotovoltaice semitransparente influențează semnificativ dimensiunea, uniformitatea și compoziția biochimică a fructelor de căpșun.**
- ✓ Varianta V<sub>1</sub> (49%) a generat **cele mai mari fructe (9,58 g)**, iar V<sub>2</sub> (77%) a oferit **cel mai bun echilibru zahăr-acid (9,20 °Brix; 0,59% AT)**, datorită luminii difuze care favorizează sinteza glucidelor. Fructele din sistemul hortivoltaic au prezentat **textură uniformă, hidratare superioară și maturare echilibrată**, în timp ce martorul expus direct radiației a avut **fructe mai mici și mai ferme.**
- ✓ În ansamblu, **panourile semitransparente optimizează simultan parametrii morfologici și senzoriali**, creând un **microclimat moderat** care reduce stresul termic, menține hidratarea și îmbunătățește **calitatea comercială și postrecoltare** a fructelor de căpșun.

### Efectul variantelor de acoperire cu panouri fotovoltaice asupra indexului conținutului foliar de clorofilă la specia căpșun



#### Observații:

- ✓ Determinarea indicelui de clorofilă (CCI) a evidențiat o **corelație clară între transparența panourilor fotovoltaice și eficiența fotosintetică** a frunzelor de căpșun.
- ✓ Valorile au variat de la **19,19 (martor)** la **22,32 (V1 – 49%)** și **24,01 (V2 – 77%)**, confirmând că **transparența intermediară (~75%)** maximizează sinteza de clorofilă și activitatea fotosintetică.
- ✓ Lumina difuză filtrată de panourile semitransparente asigură o **distribuție uniformă a radiației fotosintetic active**, reducând stresul fotooxidativ și menținând **un aparat foliar sănătos și activ**.
- ✓ Rezultatele demonstrează că **reglarea gradului de transparență** constituie un factor tehnologic esențial pentru optimizarea **microclimatului și eficienței fotosintetice** la culturile sensibile la lumină, confirmând **rolul sistemelor hortivoltaice** în echilibrarea captării energiei solare cu productivitatea agricolă.

# Concluzii

## Concluzii CP - ICDP Pitești-Mărăcineni

- ✓ Microclimatul creat sub panourile fotovoltaice în august nu constituie un factor limitativ major pentru fotosinteză la coacăzul roșu, însă poate reduce ușor activitatea fotosintetică în condiții de temperaturi ridicate. La valori moderate ale temperaturii și în prezența unei umidități adecvate a solului, stomatele își mențin funcționalitatea, iar procesul fotosintetic nu este afectat semnificativ. Reducerea radiației directe și creșterea proporției de lumină difuză sub panouri contribuie, de asemenea, la menținerea echilibrului hidric și la compensarea parțială a efectului unei umidități aeriene mai scăzute.
- ✓ Orientarea est-vest (E-V) pare cea mai echilibrată, oferind un compromis între umbră, conservarea umidității solului și stimularea masei fructelor.
- ✓ Orientarea spre sud determină o umiditate atmosferică ridicată și posibil stres termic la nivelul plantelor, ceea ce poate reduce acumularea de zaharuri — fiind astfel mai puțin recomandată pentru culturile de coacăz.
- ✓ În condiții de acoperire cu panouri, se recomandă:
  - monitorizarea atentă a irigației, deoarece umiditatea crescută a aerului poate masca stresul hidric real al plantelor;
  - ventilarea suplimentară a spațiului sub panouri, pentru a evita acumularea de vapori și supraîncălzirea solului;
  - utilizarea senzorilor multipli de microclimat, pentru calibrarea irigației în funcție de evapotranspirația reală.
- ✓ Rezultatele sugerează că, deși acoperirea cu panouri poate modifica benefic microclimatul solului și crește masa fructelor, sunt necesare studii de o mai mare durată pentru a afla dacă în microclimatul de sub panouri apar condiții de stres termic care să cauzeze semnificativ reducerea calității organoleptice a fructelor.

## Concluzii Partenerul 1 – USAMV București

- Rezultatele obținute contribuie la fundamentarea conceptuală și la baza de date necesară proiectării modelului hortivoltaic pentru speciile pomicole. Integrarea panourilor fotovoltaice oferă atât o sursă sustenabilă de energie, cât și condiții microclimatice favorabile pentru specii cu cerințe moderate față de lumină.

## Concluzii Partenerul 2 – INCDPAPM-ICPA București

- Proprietățile de fertilitate ale solurilor din loturile experimentale studiate au înregistrat modificări, fără a depăși însă domeniile valorilor normale, favorabile culturilor pomicole. S-au observat diferențe semnificative statistic în ceea ce privește aprovizionarea solului cu elemente de nutriție în funcție de gradul de umbrire (orientarea panourilor fotovoltaice).
- Nutriția minerală a plantelor de coacăz roșu studiate, reflectată de compoziția minerală a frunzelor, este normală, chiar foarte bună. Plantele acumulează cantități de elemente nutritive suficiente pentru creștere și dezvoltare, pentru desfășurarea proceselor fiziologice. Microelementele ale căror conținuturi în sol depășesc limitele domeniilor valorilor ridicate (cupru, zinc) sau care se acumulează în plantă peste nivelul de aprovizionare ridicată (fier) ori nu se acumulează în frunze peste nivelurile normale de conținut (zinc) ori nu ridică probleme de dezechilibru nutrițional (fier).

## Concluzii Partenerul 3 – SCDP Băneasa

### ❖ *Concluzii și perspective*

- ✓ Etapa de cercetare derulată în anul 2025 a vizat monitorizarea microclimatului și a răspunsurilor fiziologice ale culturii de căpșun (*Fragaria* × *ananassa* cv. 'Murano') cultivate în sistem hortivoltaic cu panouri fotovoltaice semitransparente
- ✓ Rezultatele obținute confirmă atingerea obiectivelor propuse pentru această fază, prin caracterizarea completă a interacțiunilor dintre parametrii climatici, microclimatici și fiziologici, precum și prin validarea impactului sistemului hortivoltaic asupra performanței plantelor și calității fructelor
- ✓ Propuneri pentru continuarea proiectului
- ✓ Extinderea cercetărilor asupra altor specii pomice și arbuști fructiferi (afin, mur, aronia), pentru validarea universalității efectului hortivoltaic asupra diverselor tipuri de metabolism fotosintetic.
- ✓ Integrarea senzorilor IoT și a sistemelor de monitorizare automatizată pentru înregistrarea continuă a parametrilor microclimatici, fiziologici și energetici.
- ✓ Analiza comparativă a tipurilor de panouri (transparență, material, orientare) în raport cu eficiența agronomică și producția de energie.
- ✓ Evaluarea durabilității economice a sistemului prin analiza cost-beneficiu și modelarea fluxurilor energetice și de producție.
- ✓ Dezvoltarea unui model experimental demonstrativ „Hortivoltaic Smart Field”, care să servească drept platformă educațională și de transfer tehnologic în rețeaua ASAS și în parteneriatele internaționale.

### ❖ *Concluzie generală*

- ✓ Rezultatele fazei confirmă atingerea obiectivelor propuse și demonstrează că sistemul hortivoltaic cu panouri fotovoltaice semitransparente reprezintă o soluție inovatoare și eficientă pentru adaptarea pomiculturii la schimbările climatice.
- ✓ Prin crearea unui microclimat echilibrat, optimizarea proceselor fiziologice și menținerea calității fructelor, tehnologia hortivoltaică se conturează drept o direcție strategică pentru dezvoltarea agriculturii sustenabile și a bioeconomiei verzi în România

## Diseminarea rezultatelor

- În perioada 2023–2024, colectivul de cercetare din cadrul proiectului ADER 6.3.23, din partea fiecărui partener a participat la diseminarea rezultatelor parțiale ale proiectului prin publicarea de articole, participarea la congrese, conferințe, manifestări științifice și organizarea de workshop-uri în cadrul cărora au fost prezentate dispozitivele experimentale atât către comunitatea academică, științifică cât și către publicul larg.
- A fost actualizată pagina web a proiectului, care va fi unul din principalele mijloace de diseminare a obiectivelor, implementării și rezultatelor proiectului: <https://icdp.ro/cercetare/proiecte-nationale/plan-sectorial-madr/ader-6-3-23/>
- Participarea, prezentarea și publicarea de articole la diferite manifestări științifice (congrese, conferințe, simpozioane):
  - ❖ Agriculture for Life, Life for Agriculture, USAM/București, 5-7 iunie 2025
  - ✓ „The effect of photovoltaic systems on berries production. A review”, Lavinia - Mhaela UDREA (IUESCU), Mirela Florina CĂLINESCU\*, Ivona Cristina MAZILU\*, Emil CHIȚU Florin PLĂIAȘU
  - ✓ Study on the impact of semi-transparent photovoltaic panels in hortivoltaic systems on microclimate and strawberry production in Romania”, autori: Damian Dragomir, Cătălin-Viorel Oltenacu, Dragoș Vasile Ofriș Cristian Căliniță, Bogdan Alexandru Ofriș Dragoș Mhai Ofriș
  - ❖ Simpozion „Hortus Academicus” Iași – 9-10 aprilie 2025
  - ✓ “Biochemical composition of pawpaw (*Asimina triloba* (L.) Dunal.) fruits - comparison between some cultivars and hybrids”, autori: Gird Teodor Mhai, Ioana Mhaela Mhalcioiu, Alen Luis Gabriel Olteanu, Andrei Tabacu, Ana Comelia Butcaru, Florin Stanică
  - ❖ Conferința „One Health”, 4-6 decembrie 2024
  - ✓ “Hortivoltaic system-preliminary results in pawpaw (*Asimina triloba* (L.) Dunal.) orchard”, autori: Alen Luis Gabriel OLTEANU, Ioana Mhaela MĂLCOIU, Ana Comelia BUTCARU, Cosmin Alexandru MHAU, Florin STĂNCĂ
  - ❖ Simpozionul „Present Environment and Sustainable Development”, Univ. Al. I. Cuza din Iași, 13-15 iunie 2025
  - ✓ „Soil fertility properties in the ICDP Pitești - Mărăcineni fruit tree plantation as related to fruit tree growing technologies”, autori: Mhaela Lungu, Cristian Păltineanu, Mirela Călinescu, Emil Chițu, Iulia Grafu
  - ❖ Simpozionul „Factori și procese pedogenetice din zona temperată”, Mercurea Ciuc, 1-5 octombrie 2025
  - ✓ “Calitatea solului și starea de nutriție minerală a plantelor de coacăz roșu într-o experiență sub panouri fotovoltaice”, autori: Mhaela Lungu, Mirela Călinescu, Emil Chițu, Mariana Rozsnyai, Rodica Lazăr

## Diseminarea rezultatelor

➤ Evenimente organizate:

- ✓ În cadrul proiectului Horizon Europe project CLIMATE FARM DEMO (2022-2029), la ICDP Pitești-Mărăcineni a fost organizat workshopul „A European-wide Network of Pilot Farmers implementing and demonstrating Climate Smart Solutions for a carbon neutral Europe”. Cu acest prilej a fost prezentat participanților sistemul hortivoltaic din cadrul proiectului ADER 6.3.23. și s-au discutat avantajele includerii acestui tip de sistem în tehnologia de cultură a unor specii sensibile la stresul termic și radiativ din perioada de vară (8 aprilie 2025).



## Diseminarea rezultatelor

### ➤ Evenimente organizate:

Colectivul de cercetători a organizat mai multe evenimente de diseminare a rezultatelor cercetărilor efectuate în cadrul proiectului ADER 6.3.23:

- ✓ Workshop *"New Fruit Species Resilient to Climate Change Blended Intensive Programme 2021/2027, Climate Change Impact on Global Horticulture -Trends and Challenges"*, 7 mai 2025;
- ✓ Au fost organizate mai multe Expoziții și Degustări de fructe (printre care și banana nordului) în cadrul Centrului de Cercetare pentru Studiul Calității Produselor Agroalimentare (HORTINVEST);
- ✓ În cadrul evenimentului Zilele Horticulturii Bucureștene – a organizat Atelierul *"Forme noi de coroană pentru pomi în contextul investițiilor moderne cu panouri solare"*, 10 mai 2025.



# Diseminarea rezultatelor

## ➤ Evenimente organizate:

- În etapa III, Partenerul 3-SCDP Băneasa a organizat și a participat la o serie de activități științifice, profesionale și de diseminare, desfășurate atât în format fizic, cât și online, în cadrul cărora au fost prezentate proiectele de cercetare în derulare, inclusiv proiectul ADER 6.3.23. Prin prezentări științifice, ateliere tematice și sesiuni de transfer tehnologic, SCDP Băneasa a promovat sistemul hortivoltaic ca model integrator al producției pomicele cu tehnologiile energetice sustenabile, evidențiind beneficiile acestei soluții în creșterea rezilienței agroecosistemelor la schimbările climatice. În cadrul acestor acțiuni, s-au evidențiat mai multe momente relevante:
- ✓ În cadrul Workshopului RRN cu tema DR 15 – „Investiții în exploatarea pomicele”, organizat de Rețeaua Rurală Națională și ICDP Pitești-Mărăcineni, P3- SCDP Băneasa a susținut prezentarea „COOPERARE PENTRU CERCETARE ȘI INOVARE ÎN VIITORUL POMCULTURII”, 10-11.12.2024, Cluj-Napoca;
- ✓ Atelierul privind eco-scheme și standarde voluntare colective unde P3- SCDP Băneasa a fost prezentat lucrarea „Sistemul de producție hortivoltaic – optimizarea resurselor pentru o pomicultură productivă și sustenabilă”, precum și la Întâlnirea anuală Climate Farm Demo/România, organizată în format hibrid la Balotești, 14.01.2025;
- ✓ Promovarea rezultatelor cercetărilor privind digitalizarea proceselor agricole și tranziția verde în horticultură (din cadrul proiectului ADER 6.3.23) prin participarea P3- SCDP Băneasa la *Digital Innovation Summit Bucharest*, 8-11.04.2025, Palatul Parlamentului, București;
- ✓ „Cooperation for Research and Innovation for the Future of Pomology” (6 iunie 2025) și Conferința Internațională “Parteneriat pentru Cercetare și Inovare în Pomicultură” (17-18 iunie 2025), organizată de P3 – SCDP Băneasa, în colaborare cu parteneri științifici și tehnologici. Evenimentul a reunit prezentări despre sistemele hortivoltaice, integrarea IoT și soluțiile de energie regenerabilă, urmate de Atelierul “Hortivoltaic 360°”, axat pe interconectarea tehnologiilor agroenergetice.

