I. Raportul Ştiinţific şi Tehnic 2021

- **Contract nr. 21 PTE/2020**

Etapa nr. 2/2021

Cod proiect: PN-III-P2-2.1-PTE-2019-0670

Titlu proiect: Tehnologie și sistem cu imersie temporară în bioreactoare cu comandă digitală, destinate micropropagării plantelor

Etapa II: Realizarea prototipului și validarea în condiții reale, în laboratorul de micropropagare al agentului economic

- **Rezumatul etapei**:

Obiectivul general al proiectului vizează dezvoltarea și experimentarea de la nivel TRL 4 la TRL 6 a unui prototip pentru un nou sistem de imersie temporară în bioreactoare cu unitate de decizie și control digitalizată (TIBS-D) destinat micropropagării plantelor, testarea și validarea prototipului în condiții reale de funcționare în laboratorul de micropropagare al SC Renard Olunden SRL și brevetarea acestuia pentru exploatarea comercială pe piața internă și internațională. Sistemul de imersie temporară în bioreactoare cu unitate de decizie și control digitalizată, propus de noi, este primul sistem automat, autonom, cu un program personalizabil pentru fiecare bioreactor din sistem.

Pentru realizarea acestui obiectiv, in etapa a II-a a proiectului cercetările au atins nivelul de maturitate tehnologica TLR5, respectiv a fost validat modelul de laborator al bioreactorului. Astfel, a fost realizat prototipul prin asamblarea tuturor componentelor obținînd o configurație a bioreactorului similară produsului final în aproape toate aspectele de funcționare. Au fost realizate mai multe variante de prototip pentru bioreactoarul cu unitate de decizie și control digitalizată care au fost testate în condiții de laborator. Pe baza rezultatelor obținute, o serie de parametri au fost optimizati. În paralel au fost achizitionate și alte tipuri de bioreactoare existente pe piață pentru a fi testate comparativ, respectiv bioreactorul SETIS și bioreactorul RITA. S-au continuat experimentele de micropropagare comparative în bioreactor și medii solide agarizate pentru diferite specii de interes pentru SC Renard Olunden SRL (afinul cu tufa inalta, căpșun, menta, stevia).

- **Descrierea ştiinţifică şi tehnică, cu punerea în evidență a rezultatelor etapei și a gradului de realizare a obiectivelor – se vor indica rezultatele şi modul de diseminare a rezultatelor.**

1. Execuția prototipului bioreactorului digital pentru micropropagare

1.1. Descrierea prototipului

In etapa 1 a proiectului s-a realizat documentare conceptuală pentru analiza și definirea caracteristicilor tehnice ale tehnologiilor de micropropagare în sisteme cu imersie temporară în

bioreactoare, s-au definit cerințele tehnice și s-a realizat proiectarea conceptuală a bioreactorul cu unitate de control și decizie digitală. Prin urmare, principalul obiectiv al etapei II a proiectului a fost realizarea prototipului bioreactorului.

De asemenea, în această etapă s-a definitivat schema de ansamblu a bioreactorului având în vedere coroborarea informațiilor din literatura de specialitate legate de procesele și mecanismele de micropropagare cu necesitățile și posibilitățile tehnice actuale.

Produsul final a fost ales după o serie de procese de testare, ajustare, transformare și perfecționare. Acest produs final a oferit posibilitatea de a realiza un ansamblu prototip, funcțional și care a trecut toate testele propuse (vezi figura 3). Testele efectuate asupra ansamblelor și a componentelor au fost:

- testul de fiabilitate în condiții normale de lucru;
- rezistență fizică la sterilizare prin autoclavare;
- etanșitatea circuitului steril (pentru evitarea contaminării cu germeni din mediul exterior);
- funcționarea optimă și corespunzătoare la parametri propuși, ex. duza trebuie să pulverizeze mediu de cultură uniform, fără să deplaseze plantulele mici în primele cilcluri de irigare și nu trebuie să se înfunde după un ciclul complet de cultură;
- toți parametri propuși trebuie să rămană stabili și după eventuale pene de alimentare cu curent de la rețea;
- stabilitate fizică și chimică la factorii externi de mediu;
- plantele trebuie să se dezvolte normal și armonios la un ciclu complet de cultură.

Astfel, bioreactorul cu unitate de control și decizie digitală a fost conceput din două unități majore:

A. **Unitatea de bază (UB) sau vasul de cultură al bioreactorului**;

B. **Unitatea de control și de decizie (UCD**).

Realizarea prototipului bioreactorului s-a derulat în trei faze:

- Faza 1: proiectarea și realizarea unității de bază a bioreactorului (UB)
- Faza 2: realizarea programului(codului sursă) pentru placa de dezvoltare ARDUINO UNO.
- Faza 3: proiectarea și realizarea unității de control și decizie (UCD)

1.2. Realizarea prototipului

Pe parcursul etapei II 2021 au fost asamblate toate componentele obținînd mai multe configurații ale bioreactorului. Au fost efectuate o serie de testări preliminarii, unele au eșuat. Toate testările eșuate, au ajutat în procesul de realizare a prototipului final deoarece testările și ajustările pas cu pas ale prototipurilor testate a dus la evitare unor neajunsuri și la perfecționarea produsului finit.

2. Testarea și optimizarea prototipului în condiții reale de funcționare. Demonstrarea funcționalității; validarea prototipului

Pentru a demonstra funcționalitatea prototipului bioreactorului cu unitate de decizie și control digitalizată (TIBS-D) propus de noi s-au inființat culturi in vitro, în paralel, în prototip, în bioreactorul Plantform achiziționat din comerț și pe medii solidificate cu agar.

Experimentul I. In primul experiment s-a luat în studiu *Stevia rebaudiana* (stevia), această specie având o creștere rapidă în condiți de culturi in vitro, fapt ce permite realizarea mai multor cicluri de cultură/an.

Pentru a testa prototipul bioreactorului TIBS-D (Fig. 7a) s-a utilizat mediul de cultură Murashige and Skoog, 1962 (codificat în continuare MS) având în compoziție micro și macroelemente în concentrație întreagă, Myo-inositol 100 mg/l, Thiamine 1 mg/l, Pyridoxine 0,5 mg/l, Acid nicotinic 0,5 mg/l și 30 g l/zahar și fără regulatori de creștere. pH-ul mediilor a fost ajustat la 5,8 înainte de autoclavare.

Cantitatea de mediu distribuită în fiecare bioreactoar a fost de 500 ml.

Autoclavarea mediilor de cultură s-a facut la 0,11 MPa și 121 ° C timp de 20 de minute iar componentele au fost adăugate înainte de autoclavare. Toate componentele au fost achiziționate de la Duchefa Biochemie B.V, Olanda.

Minibutașii cu 1 nod folosiți pentru inoculare au provenit din culturi in vitro de 4 săptămâni de pe mediu de cultură MS fără regulatori de creștere gelificat cu 4 g/l Plant agar și s-au inoculat 25 minibutași/bioreactor. Timpul de pulverizare a inoculilor cu mediul de cultură a fost de 1 minut la patru ore.

Culturile au fost menținute în camera de creștere la o fotoperioadă de 16 ore lumina/8 ore întuneric cu o intensitate luminoasă de 32.4 µmol $m^{-2}s^{-1}$ (Philips CorePro LED tube 1200 mm 16W865 CG, 1600lm Cool Daylight), o temperatură de 23 ± 3 ° C și 50 ± 2% umiditate conform protocolul descris de Clapa și colab., 2018. Durata culturilor in vitro a fost de 30 de zile.

În pararel, în aceleasi condiții, a fost înființate culturi de stevia și în bioreactorul Plantform (Fig. 7b) (achiziționat din comerț) pentru a compara parametrii de creștere. În acest caz timpul de imersie a fost de 1 minut la patru ore, iar aerarea s-a facut în fiecare oră timp de 4 minute.

Rezultatele obținute în cele două tipuri de bioreactoare au fost comparate cu cele obținute la culturile in vitro pe medii solide gelificate cu 4 g/l Plant agar. În acest caz, ca vase de cultura s-au folosit borcane de 800 ml cu capac metalic prevazut cu filtre pentru ventilație. În fiecare borcan au fost inoculați 15 minibutasi uninodali.

(a)

(b)

Figura 7. Culturi in vitro de *Stevia rebaudina* pe medii lichide in bioreactoare: (a) În prototipul bioreactorului cu unitate de decizie și control digitalizată (TIBS-D); (b) În bioreactorul Plantform.

După o lună de cultură plăntuțele au fost scoase din mediile de cultură și s-a măsurat lungimea lăstarilor și greutatea acestora. Apoi plăntuțele au fost introduse în etuva, la 60°C timp 48 de ore și s-

a măsurat greutatea uscată. Așa cum se poate observa în figura 8, nu au existat diferente semnificativ statistic între lungimea și greutatea lăstarilor de stevia obținuți pe mediile lichide în cele două bioreactoare. În comparație, pe mediul de cultură agarizat, diferențele privind greutatea și lungimea lăstarilor au fost semnificativ statistic mai mari față de lăstarii crescuți în cele două tipuri de bioreactoare.

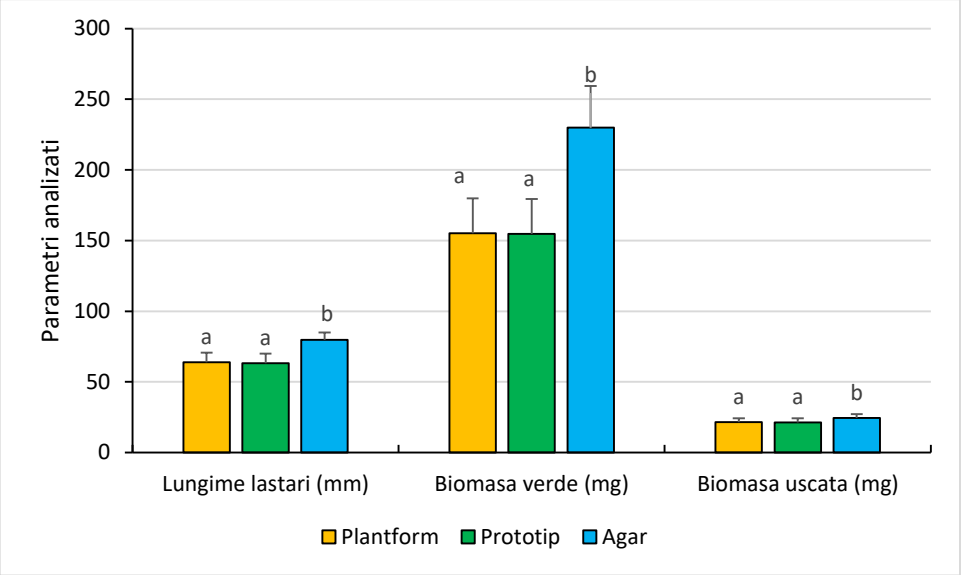


Figura 8. Parametrii lăstarilor de *Stevia rebaudiana* cultivați in vitro în cele trei sisteme de cultura: bioreactorul Plantform, prototipul bioreactorului cu unitate de decizie și control digitalizată (TIBS-D) și în mediu solidificat cu 4 g/l Plant agar.

Experimentul II. În cel de-al doilea experiment s-a luat în studiu menta (*Mentha piperita*), de asemenea o specie cu o creștere rapidă în condiții de culturi in vitro, fapt ce permite realizarea mai multor cicluri de cultură/an.

Mediul de cultură utilizat pentru cultura in vitro a fost MS avand în compozitie micro și macroelemente în concentrație întreagă, Myo-inositol 100 mg/l, Thiamine 1mg/l, Pyridoxine 0,5 mg/l, Acid nicotinic 0,5 mg/l și 30 g l/zahar și fără regulatori de creștere. pH-ul mediilor a fost ajustat la 5,8 înainte de autoclavare.

Atât în prototip cât și in bioreactorul Plantform cantitatea de mediu distribuita a fost de 500 ml iar în borcane s-a distribuit cate 100 ml mediu de cultură gelificat cu 5 g Plant agar/l de mediu.

Autoclavarea mediilor de cultură s-a facut in vasele de cultură la 0,11 MPa și 121 ° C timp de 20 de minute, toate componentele au fost adăugate înainte de autoclavare.

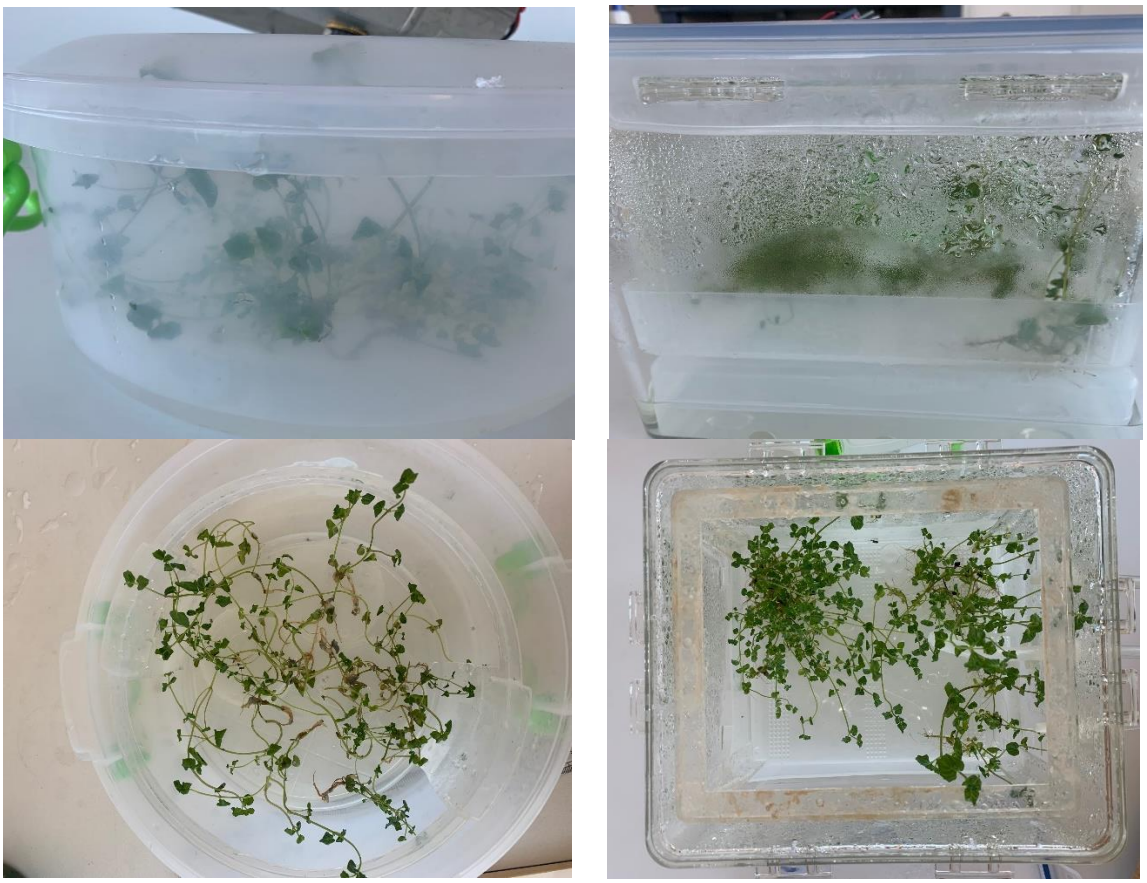
După răcirea mediilor de cultură s-a trecut la inocularea minibutașilor în hota cu flux laminar de aer steril. În toate cele trei sisteme de cultură s-au folosit minibutașii cu 1-2 noduri proveniți din culturi in vitro de 4 săptămâni de pe mediu de cultură MS suplimentat cu 5 mg/l BA și gelificat cu 4 g/l Plant agar.

S-au inoculat cate 30 minibutași/bioreactor și 10 minibutași/borcan cu mediu solid.

În prototip (Fig. 9a), timpul de pulverizare a inoculilor cu mediul de cultură a fost de 1 minut la patru ore.

În bioreactorul Plantform (Fig. 9b) timpul de imersie a fost de 1 minut la patru ore, iar aerarea s-a facut în fiecare oră timp de 4 minute.

Culturile au fost menținute în camera de creștere la o fotoperioadă de 16 ore lumina/8 ore întuneric cu o intensitate luminoasă de 32.4 µmol $m^{-2}s^{-1}$ (Philips CorePro LED tube 1200 mm 16W865 CG, 1600lm Cool Daylight), o temperatură de 23 ± 3 ° C și 50 ± 2% umiditate. Durata culturilor in vitro a fost de 30 de zile.



(a) (b)

Figura 9. Culturi in vitro de *Menta piperita* pe medii lichide in bioreactoare: (a) În prototipul bioreactorului cu unitate de decizie și control digitalizată (TIBS-D); (b) În bioreactorul Plantform.

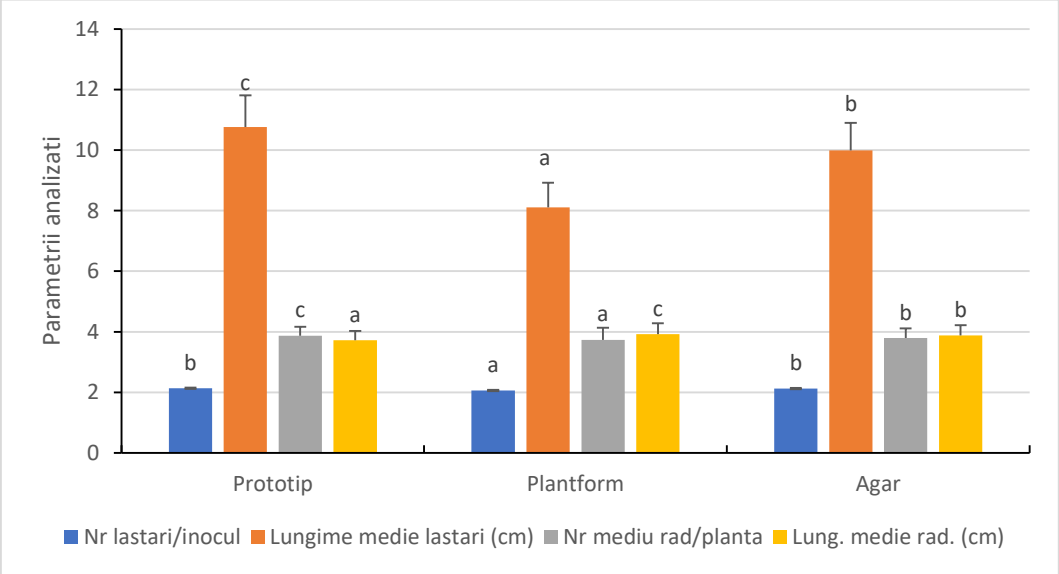


Figura 10. Parametrii lăstarilor de *Menta piperita* cultivati in vitro in cele trei sisteme de cultura: bioreactorul Plantform, prototipul bioreactorului cu unitate de decizie și control digitalizată (TIBS-D) și in mediu solidificat cu 5g/l Plant agar.

După o lună de cultură in vitro plăntuțele au fost scoase din mediile de cultură și s-au măsurat numărul de lîstari/inocul, lungimea lăstarilor, numărul de rădăcini/plantulă și lungimea rădăcinilor. Așa cum se poate observa în figura 10, cei mai lungi lastari (10,76 cm) s-au obținut în prototip, urmat de agar (9,98 cm) și Plantform (8,11 cm). De asemenea, în prototip s-a înregistrat cel mai mare număr de rădăcini/plantulă (3,86).

Experimentul III. În cel de-al treilea experiment s-a luat în studiu portaltoiul de cireș Gisela 6 (*Prunus cerasus X Prunus canescens*) pentru a testa modul în care acest portaltoi se pretează la înmulțirea in vitro în mediu lichid, în bioreactor (figura 11).

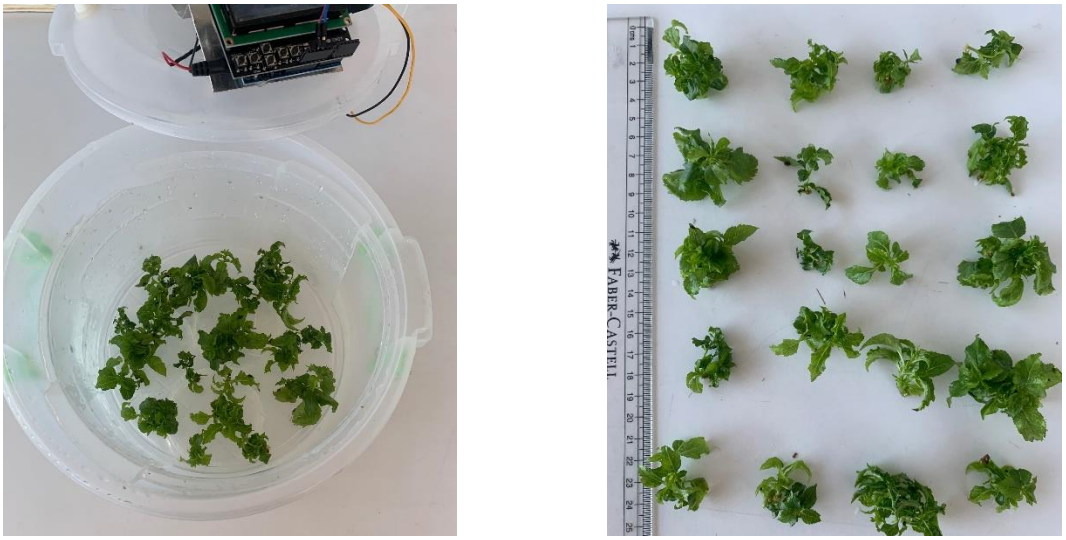
Mediul de cultură utilizat pentru cultura in vitro a fost MS având în compoziție micro și macroelemente în concentrație întreagă, Myo-inositol 100 mg/l, Thiamine 1mg/l, Pyridoxine 0,5 mg/l, Acid nicotinic 0,5 mg/l, 30 g l/zahar și suplimenta cu 0.4 mg/l 6-benziyladenine(BA). pH-ul mediilor a fost ajustat la 5,8 înainte de autoclavare.

Cantitatea de mediu distribuită în fiecare bioreactor a fost de 500 ml.

Autoclavarea mediilor de cultură s-a facut în vasele de cultură la 0,11 MPa și 121 ° C timp de 20 de minute, toate componentele au fost adăugate înainte de autoclavare.

După răcirea mediilor de cultură s-a trecut la inocularea minibutașilor în hota cu flux laminar de aer steril și s-au inoculat cate 20 minibutași/bioreactor iar timpul de pulverizare a inoculilor cu mediul de cultură a fost de 1 minut la patru ore.

Culturile au fost menținute în camera de creștere la o fotoperioadă de 16 ore lumina/8 ore întuneric cu o intensitate luminoasă de 32.4 µmol $m^{-2}s^{-1}$ (Philips CorePro LED tube 1200 mm 16W865 CG, 1600lm Cool Daylight), o temperatură de 23 ± 3 ° C și 50 ± 2% umiditate. Durata culturilor in vitro a fost de 30 de zile.



(a) (b)

Figura 11. Cultura in vitro a portaltoiului de cireș Gisela 6 (Prunus cerasus X Prunus canescens) în medii lichide în prototipul bioreactorului cu unitate de decizie și control digitalizată (TIBS-D): plante în vasul bioreactorului (a); aspectul plantutelor micropropagate în prototip.

Rata de proliferare/inocul obținută pe mediul de cultură lichid MS suplimentat 0.4 mg/l BA în prototipul bioreactorului cu unitate de decizie și control digitalizată (TIBS-D) a fost de 1,66±0,18 iar lungimea medie a lastarilor proliferați a fost de 2.55±0,36 cm (figura 12). De menționat este faptul că s-au obținut lăstari fără urme de vitrificare iar testarea altor medii de cultură și concentrații de regulatori de creștere este încurajatoare pentru a obține rate mai mari de multiplicare.

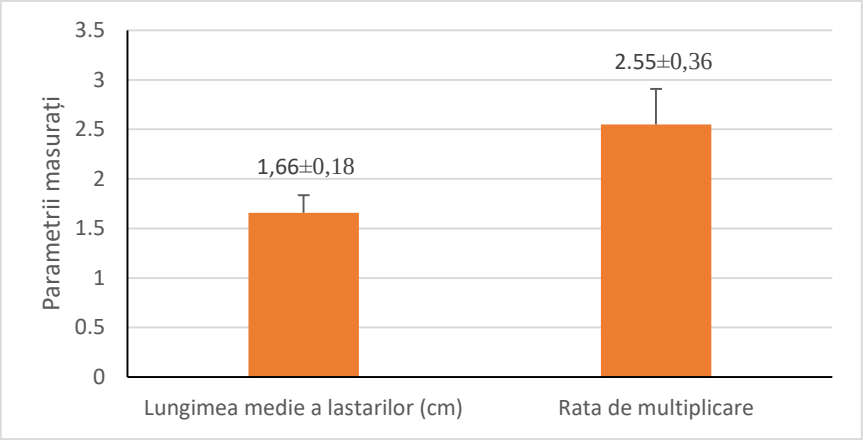
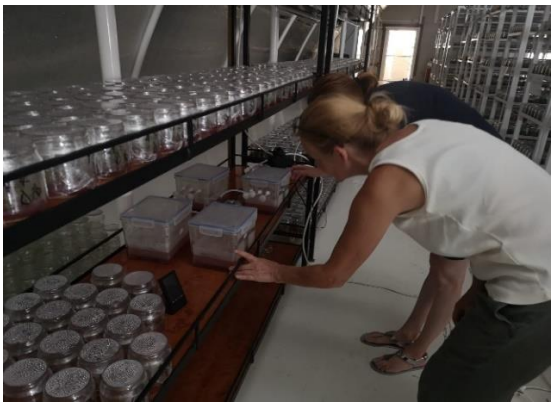


Figura 12. Rata de multiplicare/inocul și lungimea medie a lăstarilor proliferați în cultura in vitro a portaltoiului de cireș Gisela 6 (*Prunus cerasus X Prunus canescens*) în mediul de cultură lichid MS suplimentat 0.4 mg/l BA în prototipul bioreactorului cu unitate de decizie și control digitalizată (TIBS-D).

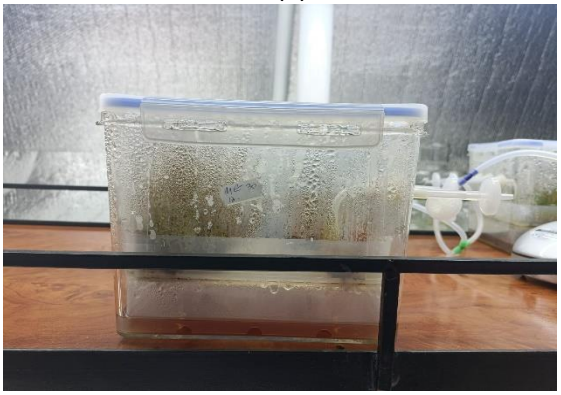
3. Implementarea sitemului de microropagare în bioreactorul digitalizat la SC Renard Olunden SRL

Un alt obiectiv al etapei II 2020 a fost de a implementa în laboratorul de culturi in vitro al SC Renard Olunden SRL culturi in vitro in bioreactoare și de a testa prototipul în condiții reale de funcționare.



(a)

(b)



(c)

(d)

Figura 13. Bireactoare instalate la SC Renard Olunden SRL: montarea bioreactoarelor (a, b); plantule de merișor după trei luni de cultură pe medii lichide în bioreactor (c); plantule de afin după trei luni de cultura in vitro pe medii lichide în bioreactor.

În prima fază, echipa de cercetători ai partenerului USAMV Cluj-Napoca a desfășurat activități de instruire a personalului care deservește laboratorul de culturi in vitro al coordonatorului proiectului pentru a deprinde abilități în utilizarea bioreactoarelor. În acest sens au fost înființate culturi in vitro de afin (*Vaccinium corymbosum*), soiul Brigitta și merișor (*Vaccinium vitis – idaea*), soiul Erntesegen la SC Renard Olunden SRL (Figura 13) în bioreactorul Plantform.

Pentru testarea prototipului în condiții reale de funcționare în laboratorul de micropropagare al SC Renard Olunden SRL au fost înființate culturi in vitro pentru specia căpșun (*Fragaria x ananassa* Duch.), soiul Tecla (Figura 14).

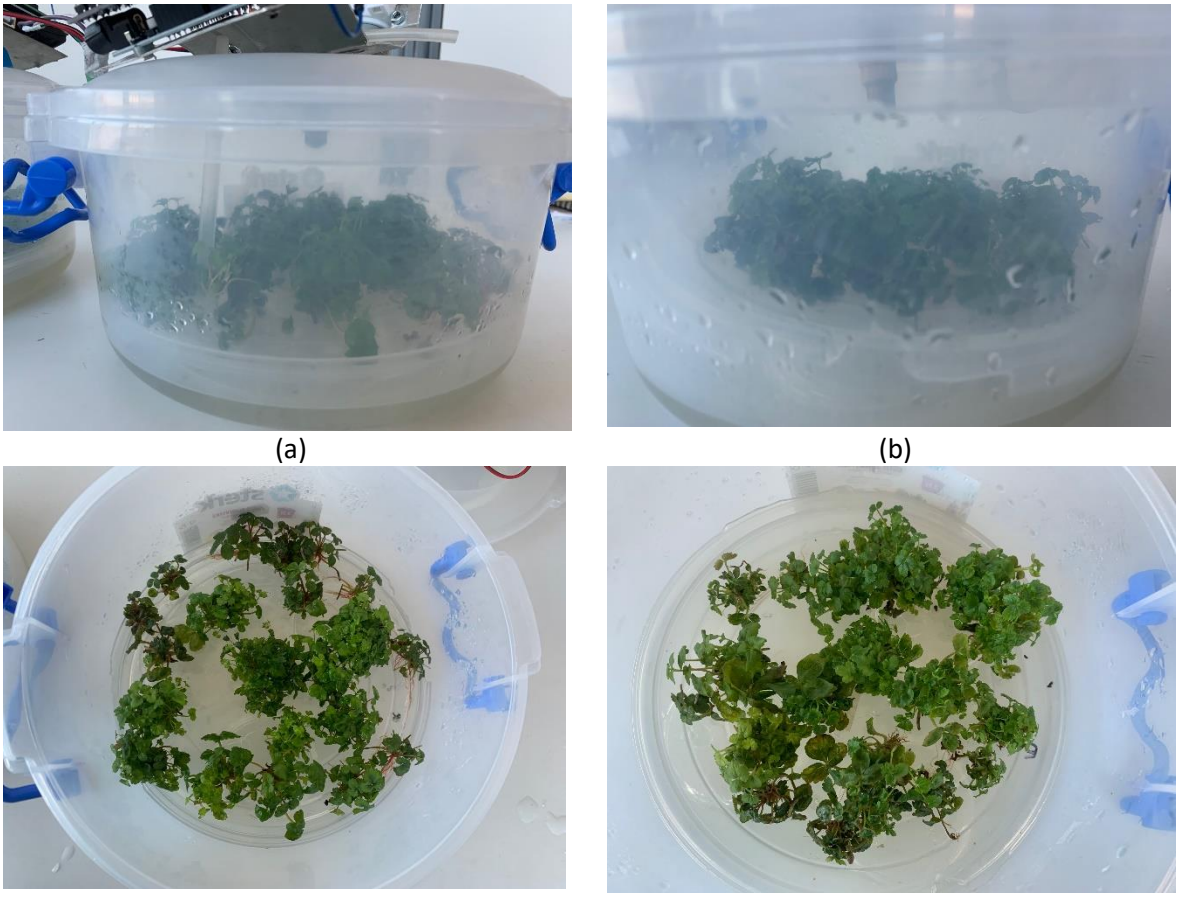


Figura 14. Cultura in vitro a capșunului (*Fragaria x ananassa* Duch.), soiul Tecla în medii lichide în prototipul bioreactorului cu unitate de decizie și control digitalizată (TIBS-D): Tecla în prototipul bioreactorului în mediul lichid MS suplimentat cu 0.2 mg/l BA (a, c); Tecla în prototipul bioreactorului în mediul lichid MS suplimentat cu 0.4 mg/l BA (b, d).

Mediul de cultură utilizat pentru cultura in vitro la căpșun a fost MS avand în compoziție micro și macroelemente în concentrație întreagă, Myo-inositol 100 mg/l, Thiamine 1mg/l, Pyridoxine 0,5 mg/l, Acid nicotinic 0,5 mg/l, 30 g l/zahar în două variante experimentale, respectiv suplimentat cu 0.2 mg/l 6-benziyladenine (BA) (Figura 14 a, c) si cu 0.4 mg/l BA. (Figura 14 b, d). pH-ul mediilor a fost ajustat la 5,8 înainte de autoclavare.

Cantitatea de mediu distribuită în fiecare bioreactor a fost de 500 ml.

Autoclavarea mediilor de cultură s-a facut în vasele de cultură la 0,11 MPa și 121 ° C timp de 20 de minute, toate componentele au fost adăugate înainte de autoclavare.

După răcirea mediilor de cultură s-a trecut la inocularea minibutașilor de căpșun în hota cu flux laminar de aer steril și s-au inoculat cate 20 minibutași/bioreactor iar timpul de pulverizare a inoculilor cu mediul de cultură a fost de 1 minut la patru ore.

Culturile au fost menținute în camera de creștere la o fotoperioadă de 16 ore lumina/8 ore întuneric cu o intensitate luminoasă de 32.4 µmol $m^{-2}s^{-1}$ (Philips CorePro LED tube 1200 mm 16W865 CG, 1600lm Cool Daylight), o temperatură de 23 ± 3 ° C și 50 ± 2% umiditate. Durata culturilor in vitro a fost de 30 de zile.

Nu a existat diferență semnificativă în ceea ce privește rata de multiplicare/inocul obținută pe mediul de cultură lichid MS suplimentat 0.4 mg/l BA și 0.2 mg/l BA în prototipul bioreactorului cu unitate de decizie și control digitalizată (TIBS-D). Rata de multiplicare/inocul a fost de 5.2±0.76 suplimentat 0.4 mg/l BA iar reducerea concentratiei de BA la 0.2 mg/l a dus la obținerea unei rate de multiplicare 5.4±0.76. Lungimea medie a lăstarilor proliferați a fost de 2.0±0.56 cm MS suplimentat 0.4 mg/l BA și aceasta scăzut la 1.7±0,06 cm pe mediul de cultura suplimentat cu 0.2 mg/l BA (figura 15).

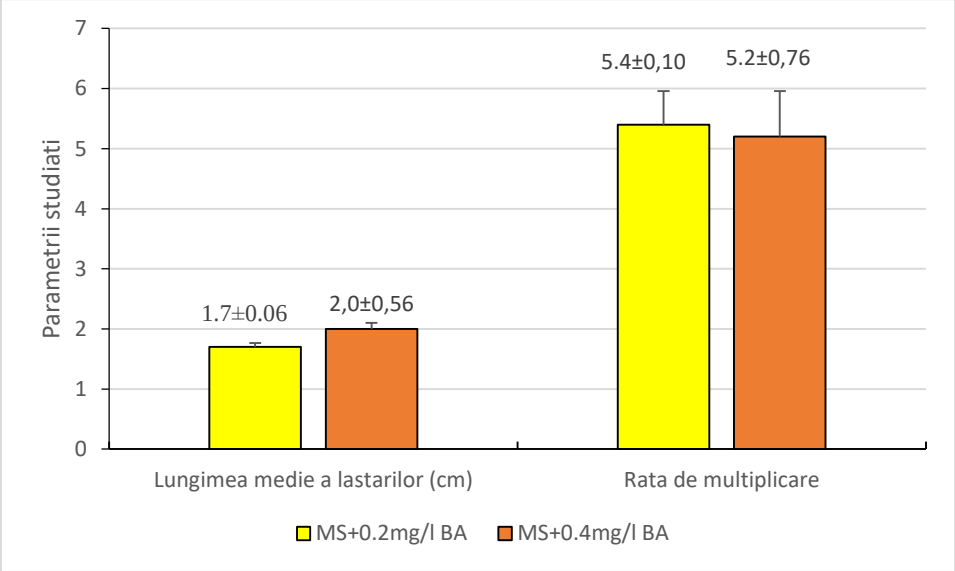


Figura 15. Rata de multiplicare/inocul și lungimea medie a lăstarilor proliferați în cultura in vitro a capșunului (*Fragaria x ananassa* Duch.), soiul Tecla în medii lichide în prototipul bioreactorului cu unitate de decizie și control digitalizată (TIBS-D).

4. Draft cerere de brevet

Un alt obiectiv al etapei II a fost elaborarea unui draft pentru cerea ce brevet cu titlul ***Bioreactoar cu unitate de decizie și control digitalizată destinat micropropagării plantelor***, care va fi depusă la OSIM în etapa III de derulare a proiectului. Draftul de brevet cuprinde următoarele capitole:

1. *Descrierea invenției*: în acest capitol s-a trecut în revistă bibliografia în domeniu, problema tehnică pe care o rezolvă invenția, avantajele care se obțin în raport cu stadiul tehnicii prin aplicarea acestei invenţii, prezentarea pe larg a invenției prin descriere și figuri, cazurile în care se poate folosi invenția, exemple de culturi in vitro care s-au obținut în prototip, importanța practică a invenției și, în incheiere literatura citată.
2. Revendicări.
3. Rezumat.

III. Diseminarea rezultatelor prin publicarea națională și internațională de articole stiinfice

1.Lucrari publicate:

A. În reviste ISI cu factor de impact:

1. **Clapa, D.; Hârța, M**. Establishment of an Efficient Micropropagation System for Humulus lupulus L. cv. Cascade and Confirmation of Genetic Uniformity of the Regenerated Plants through DNA Markers. Agronomy 2021, 11, 2268. **IF=3.417** https://doi.org/10.3390/agronomy11112268

2. Mureșan, L.; **Clapa, D***.; Rusu, T.; Wang, T.T.Y.; Park, J.B. Soybean Callus—A Potential Source of Tocopherols. Plants 2021, 10, 2571. https://doi.org/10.3390/plants10122571, **IF=3.935**

B. În reviste indexate ISI:

1. Doina CLAPA, Monica HÂRȚA Effects of PEG 6000 stress on strawberry *(Fragaria x ananassa duch.)* in vitro propagation , Scientific Papers. Series B. Horticulture Vol. LXV, No. 1, 2021, p 66-71.

C. În reviste indexate BDI:

1. Doina Clapa, Monica Hârța, Cornel Viorel Pop. 2021. Micropropagation of raspberries (*Rubus idaeus* l.) In liquid medium by temporary immersion bioreactor in comparison with solid culture. Buletin USAMV, seria Horticultura, Vol 78, No 2 (2021), 56-62.

2. Monica HÂRȚA, Doina CLAPA, Rodica POP, Doru Pamfil. 2021. Effect of silver nitrate on in vitro culture of ornamental Gesneriaceae species. Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology – in curs de publicare

2.Participări la conferințe on line:

1. *International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture"*, organizată de Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară din Bucuresti 3-5 iunie 2021 cu lucrarea stiintifica:

- Effects of PEG 6000 stress on strawberry *(Fragaria x ananassa duch.)* in vitro propagation,

autori: Doina CLAPA, Monica HÂRȚA

2. *Multidisciplinary Conference on Sustainable Development*, organizata de Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului din Timisoara, 20-21 mai 2021, cu lucrarea stiintifica:

- Effect of silver nitrate on in vitro culture of ornamental Gesneriaceae species

autori: Monica HÂRȚA, Doina CLAPA, Rodica POP, Doru Pamfil.

3. *19th International Conference "Life Sciences for Sustainable Development"* organizată de Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară din Cluj-Napoca, 23-24 septembrie 2021.

Au fost prezentate trei lucrari stiintifice:

- Micropropagation of raspberries (*Rubus idaeus* l.) In liquid medium by temporary immersion bioreactor in comparison with solid culture
  autori: Doina Clapa, Monica Hârța, Cornel Viorel Pop
- Micropropagation of ornamental gesneriaceae species and genetic uniformity assessment of in vitro plants using ScoT markers

autori: Monica Hârţa, Doina Clapa

- The effect of hydric stress of in vitro highbush blueberry investigated by EPR spectroscopy
  autori: Cornel Viorel Pop, Doina Clapa

- **Concluzii:**

Obiectivele propuse în etapa 2 2021 au fost realizate după cum sunt descrise în prezentul raport și anume:

- S-a realizat prototipul pentru bioreactorul cu unitate de decizie și control digitalizată (TIBS-D) destinat micropropagării plantelor.
- S-au înființat culturi in vitro pentru speciile *Stevia rebaudiana, Menta piperita, Fragaria x ananassa* Duch. și *Prunus cerasus X Prunus canescens* în prototip pentru testarea acestuia în laboratorul de micropropagare al USAMV Cluj-Napoca.
- Pe baza rezultatelor obținute în urma testelor s-au stabilit parametrii care trebuie optimizați.
- S-a implementat sitemului de microropagare în bioreactorul digitalizat la SC Renard Olunden SRL.
- S-au înființat culturi in vitro de căpșun (*Fragaria x ananassa* Duch.) în prototip pentru testarea acestuia în condiții reale de funcționare în laboratorul de micropropagare al SC Renard Olunden SRL.
- S-a realizat draftul pentru cererea de brevet.
- Diseminarea rezultatelor s-a realizat prin participarea la 3 simpozioane internationale (planificate 3) cu cinci prelegeri (*20th International Conference "Life Sciences for Sustainable Development"* organizată de Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară din Cluj-Napoca, 22-25 septembrie 2021; *International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture"*, organizată de Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară din Bucuresti 3-5 iunie 2021; *Multidisciplinary Conference on Sustainable Development*, organizată de Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului din Timisoara, 20-21 mai 2021) și prin publicarea a 5 articole științifice cu acknowledgment-ul proiectului (Panificat: 2 articole ISI și 2 articol BDI; Realizat: 3 articole ISI și 2 articole BDI).