

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contract nr.: 9N/01.01.2023

Proiect **PN 23 04 02 05** - "Tehnologie inovativă pentru valorificarea superioară a inflorescențelor și a semințelor de plante medicinale"

Faza: **F1 - Parțial: Stadiul nivelului actual privind Șofrănelul; importanța culturii, recoltarea mecanizată și valorificarea acestei specii. Execuție model experimental mașină de recoltat plante medicinale.**

Activitatea 1.1.: *Studiu prospectiv privind recoltarea mecanizată a Șofrănelului*

Termen de încheiere a fazei: **31.07.2023**

1. Obiectivul fazei urmărește realizarea a două studii prospective care au drept scop pe de o parte, analiza stadiului actual al cercetărilor și realizărilor privind recoltarea mecanizată a Șofrănelului în funcție de utilizările acestuia (situație existentă la nivel național și internațional), iar de cealaltă parte, importanța cultivării și modalitățile de valorificare ale acestei specii. De asemenea, în cadrul primei faze se va realiza execuția modelului experimental (ME) de mașină de recoltat plante medicinale sub formă de herba, prin desfășurarea unor acțiuni specifice (analiza documentației de execuție, identificarea și aprovizionarea cu principalele materii prime și materiale, întocmirea documentației tehnologice, execuția reperelor folosind mașină cu programare numerică, montajul și controlul final, asistența tehnică, etc.).

2. Rezumatul fazei F1 - Parțial:

2.1: Recoltarea mecanizată a Șofrănelului, unde a fost prezentat stadiul actual al realizărilor din domeniul recoltării mecanizate a semințelor și a petalelor de Șofrănel.

2.1.1.: Recoltarea mecanizată a semințelor de Șofrănel

În literatura de specialitate (pe plan intern și internațional) există puține informații referitoare la recoltarea mecanizată a semințelor de Șofrănel. Recoltarea semințelor are loc atunci când planta este complet uscată, frunzele sunt maro, iar semințele au o umiditate cuprinsă între 8-11%. Colectarea semințelor de Șofrănel se realizează cu o combină de recoltat, echipată cu header pentru grâu, reglată corespunzător caracteristicilor acestei culturi. Viteza de lucru va fi mai mică decât cea pentru cereale, iar turația rabatorului se corelează cu aceasta, pentru a nu scutura semințele. Viteza scuturărilor se va ajusta, fiind mai mare decât cea uzitată pentru cereale cu semințe mici, iar cea a ventilatorului se va regla pentru a îndepărta carcasele goale. Experimentările pentru recoltarea mecanizată a semințelor de Șofrănel au fost efectuate în Sardinia (Italia). Plantele (fig. 1) au fost semănate la distanța de 45 cm între rânduri, având o densitate de 42 plante/1 m², cu o înălțime medie de 131,1 cm (fără plante culcate), capitulele florilor având un diametru mediu de 23,4 mm, fiind în medie în număr de 8,4 pe plantă și de aproximativ 354 plante/1 m². Pentru colectare s-a utilizat o combină Laverda (fig. 2) având: viteza de rotație a bătătorului de 800 rot./min, distanța între batator și contra bătător de 54 mm, viteza de rotație a ventilatorului 400 rot./min, sita superioară cu orificii de 11 mm, iar cea inferioară cu orificii de 6 mm. Recoltarea s-a efectuat cu o viteză de lucru egală cu 3,7 km h⁻¹, pentru carea rezultat o

capacitatea efectivă de lucru de $1,32 \text{ ha/h}^{-1}$. În urma analizei pierderilor de semințe s-a obținut o valoare de 3,2%, din care 1,7% au fost semințe deteriorate și 22,8% impurități. Rezultatele obținute demonstrează că recoltarea mecanizată a semințelor de Șofrănel se poate realiza eficient cu un header tipic pentru grâu.



Fig. 1.: Cultură de Șofrănel ajunsă la maturitatea de recoltare



Fig. 2.: Recoltarea semințelor de Șofrănel

(Sursă: Pari și colab., 2020)

2.1.2.: Recoltarea mecanizată a petalelor de Șofrănel

Recoltarea manuală a petalelor de Șofrănel este o operație greoaie, obositoare, lentă și costisitoare, deoarece majoritatea soiurilor cultivate au numeroși spini. La toate acestea se adaugă și pierderile de petale ce au loc în timpul colectării. Pentru un hectar cultivat cu Șofrănel, masa petalelor (depinde de mai mulți factori), a fost estimată la cca. 60-70 kg în India și respectiv la cca. 96 kg în Iran. Lipsa forței de muncă a determinat efectuarea de studii și cercetări privind dezvoltarea unor tehnologii de colectat petalele de Șofrănel, bazate pe echipamente eficiente și ușor de manevrat. Aceste echipamente au fost realizate la nivel de modele experimentale sau cel mult de prototip, cercetările privind optimizarea lor aflându-se în plină desfășurare.

2.1.2.1: Recoltarea petalelor prin aspirație

Au fost realizate modele experimentale de echipamente portabile de recolat petale de Șofrănel, bazate pe aspirația acestora, acționate cu motor electric sau termic.

Echipamentul de recolat Șofrănel acționat de un motor electric cu baterie (fig.3) a fost realizat în India, fiind alcătuit din: motor electric de curent continuu ($U=12 \text{ V}$, $P=27 \text{ W}$; $n=5000 \text{ rpm}$) montat pe un ventilator, acționat de la o baterie ($U=12 \text{ V}$, $I=14\text{A}$), având o carcasă adecvată, care conține și un ciclon. Conductele sunt din PVC, iar capătul care se apropie de floare are o formă potrivită slăbirii poziției petalelor de pe inflorescență, pentru a putea fi aspirate de depresiunea creată de ventilator. Elementele sunt montate pe un suport portabil, dimensiunile de gabarit ale echipamentului ($L \times l \times h$) fiind de $250 \times 230 \times 500 \text{ mm}$, iar masa fiind de 9,4 kg. În urma experimentelor efectuate, s-a constatat că presiunea aerului de 30-35 mm H_2O este optimă pentru aspirația petalelor. La presiuni mai mari au fost aspirate pe lângă petale și alte materiale vegetale de tipul bracteelor, semințelor, etc. De asemenea, s-a înregistrat pentru echipament o productivitate pentru recoltarea petalelor de 0,4 kg/zi, de 1,6 ori mai mare comparativ cu recoltarea manuală a acestora (max. 0,25 kg/zi). Utilizarea echipamentului se pretează pentru suprafețe mici, în scopuri experimentale, în agricultura ecologică.

Trebuie specificat că ziua de muncă în cazul recoltării petalelor de Șofrănel (datorită dificultății) este considerată ca fiind de 6 ore. O încărcare a bateriei echipamentului a durat aproximativ 3 ore și de aceea a fost proiectat un panou solar fotovoltaic (PV) pentru a încărca bateriile pe teren. Panoul fotovoltaic având o suprafață de $1,52 \text{ m}^2$ cu o tensiune în circuit deschis de $18,4 \text{ V}$ (ieșire de $5,6 \text{ A}$) a produs aproximativ 58 W la o insolație medie de 800 W/m^2 . Sistemul a fost capabil să încarce două baterii pe zi pentru a fi utilizate alternativ pentru echipament.



Fig.3.: Echipament de recoltat Șofrănel acționat de un motor electric cu baterie
(Sursă: A.K. Rajanvashi, 2004)

În Iran, pentru mecanizarea operației de recoltare a petalelor, a fost conceput un prototip de echipament (fig.4), alcătuit din: motor (1), ventilator (2), sistem de aspirație (3), difuzor (4), incintă de stocare (5), montate pe un cărucior, pentru o deplasare facilă în cultură. Motorul termic în doi timpi, alimentat cu benzină, este destinat acționării ventilatorului, având o putere de $0,7 \text{ kW}$ și o turație maximă de 5.500 rpm . Ventilatorul radial cu 12 pale este utilizat pentru aspirație, fiind caracterizat de: diametru $0,3 \text{ m}$, lățime $0,06 \text{ m}$, turație 4400 rpm și un coeficient de $0,09$, a rezultat un debit de aer de $0,384 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ și respectiv o viteză specifică de $6,157 \text{ m s}^{-1}$, la o presiune statică de 3161 Pa . Sistemul de aspirație este alcătuit dintr-un cap de aspirație și un tub flexibil cu diametrul interior de $0,03 \text{ m}$, conectat la difuzor. S-a determinat viteza curentului de aer, având valoarea de $25,55 \text{ m s}^{-1}$, pentru o presiune dinamică de aprox. $388,57 \text{ Pa}$, o temperatură în tub de aprox. 28°C , umiditate relativă de $20,9\%$ și densitatea aerului de $1,19 \text{ kg m}^{-3}$. Difuzorul este o incintă destinată scăderii presiunii dinamice și a vitezei fluxului de aer, prin mărirea suprafeței, petalele căzând în incinta de stocare, prin propria greutate. Difuzorul de formă cilindrică a fost dimensionat pentru ca viteza aerului să scadă în interiorul său la aprox. 2 m s^{-1} , rezultând astfel pentru acesta o rază de $0,0536 \text{ m}$. Incinta de stocare, dotată în partea inferioară cu o ușă de golire etanșă, are un volum de 4 litri , stabilit în conformitate cu densitatea petalelor și performanța echipamentului.

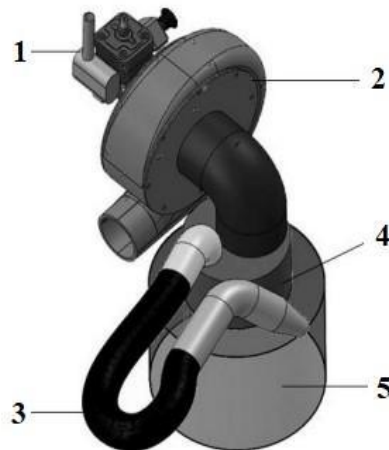


Fig. 4.: Echipament de recoltat petale de Șofrănel acționat de motor termic
(Sursă: Azimi și colab., 2012)

Echipamentul de recoltat Șofrănel prin aspirație a fost testat pentru mai multe umidități ale petalelor, respectiv de 70%, 60%, 50%, 40%, comportându-se bine în toate cazurile. S-a efectuat și o analiză economică, evaluându-se eficiența economică a echipamentului, iar aceasta a fost mult mai ridicată, comparativ cu recoltarea manuală. Pentru echipamentul de recoltat Șofranel prin aspirație se recomandă utilizarea unui motor hibrid, în locul celui termic, pentru protecția mediului. Creșterea productivității se poate realiza prin montarea mai multor sisteme de aspirație pe un cadru purtat de un tractor, acționarea lor fiind realizată de la acesta.

2.1.2.2.: Recoltarea petalelor prin aspirație combinată cu tăiere

În China, pentru îmbunătățirea eficienței procesului de recoltare a Șofranelului, a fost realizat un echipament de recoltare a petalelor, care combină tăierea cu aspirația. Schema acestuia este prezentată în figura 5, fiind alcătuit din: ventilator/exhaustor (1), sistem de filtrare (2), cameră de colectare (3), tunel de aer (.4), motor (5), angrenaj planetar (6), gura de poziționare capitele de șofranel (7), sistem de tăiere (8), carcasă (9), mâner (10).

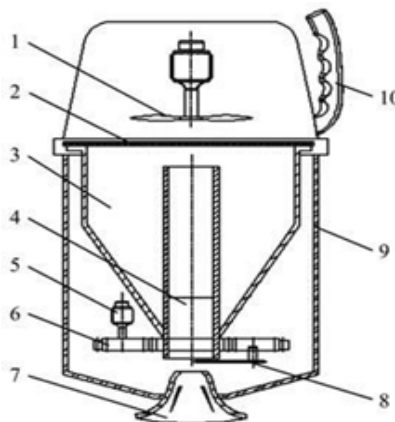


Fig.5.: Schema dispozitivului de recoltare a petalelor de Șofrănel (Sursă: Ge și colab., 2016)
În timpul funcționării echipamentului, ventilatorul/exhaustor generează un flux de aer pe parcursul desfășurării procesului de recoltare. Petalele de Șofrănel ajung în poziție

verticală, datorita presiunii de aspirație, fiind desprinse de capitul prin tăiere, executată de sistemul de tăiere, acționat de la motor prin angrenajul planetar. Apoi, petalele sunt aspirate prin tunelul de aer spre camera de colectare, unde fluxul de aer se destinde, iar petalele cad spre partea ei inferioară. Parametrii structurali ai dispozitivului și selecția ventilatorului de aspirație sunt factori cruciali care afectează eficiența și calitatea procesului. Pornind de la combinația dintre tăiere și aspirație descrisă anterior, a fost realizat și testat în laborator un robot (fig.6) pentru recoltarea petalelor de Șofrănel alcătuit din: 1-roți motrice acționate electric, 2-cadru, 3-sistem de poziționare, 4-controler, 5-servomotor, 6-ventilator pentru aspiratie, 7-furtun de transport, 8-cutie de colectare, 9-roți de deplasare, 10-dispozitiv de recoltare.

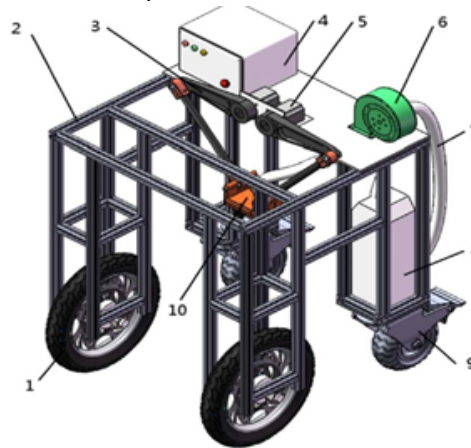


Fig.6.: Schema robotului de recoltat petale de Șofranel
(Sursă: Guo și colab., 2022)

Sistemul de poziționare, ale cărui brațe se mișcă independent, asigură mișcarea plan paralelă pentru dispozitivul de recoltare (fig.7), elementele principale fiind: 1-placă motor, 2-brat acționare, 3-braț condus, 4-adaptor, 5-motor pas cu pas, 6-camera video CCD, 7- dispozitiv de recoltare. Mașina se deplasează și se oprește când ajunge în zona unde se află Șofrănelul pentru a fi recoltat. Poziția capitolului de Șofranel, caracterizată prin coordonatele sale, este înregistrată și procesată în prealabil. Ulterior, un PLC (controler logic programabil) controlează rotația arborelui fiecărui motor conectat la fiecare braț activ al sistemului de poziționare, astfel încât dispozitivul de recoltare să se deplaseze pe verticală în poziția țintă. Capitolul intră în orificiul de tăiere al dispozitivului de recoltare, petalele fiind direcționate vertical datorită presiunii negative din capătul furtunului de transport, generate de ventilator. Petalele sunt tăiate prin forfecare alternativă, fiind aspirate în cutia de colectare, prin furtunul de transport.

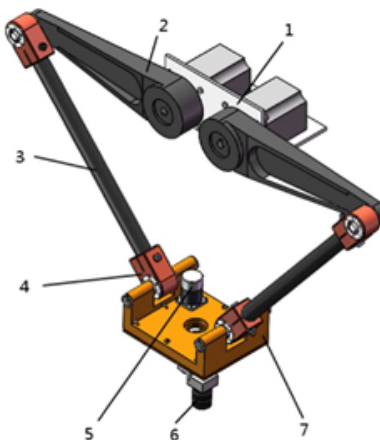


Fig.7.: Schema sistemului de poziționare cuplat la dispozitivul de recoltare (Sursă: Guo și colab., 2022)

În vederea verificării fezabilității robotului, acesta a fost testat în laborator (fig. 8), pentru a colecta petalele plantelor de Șofrănel cultivate în ghivece. Robotul are o structură compactă, fiind capabil să recunoască capitulul de Șofrănel, să-l poziționeze, să culeaga petalele și să le colecteze. Pentru experiment, în urma cultivării plantelor de Șofrănel în ghivece, au fost selectate în total 15 ghivece. Înălțimea plantei de Șofrănel a variat între 0,43–0,86 m (de la sol), iar lățimea coroanei a variat între 0,14–0,38 m. În cadrul testărilor, în care pe lângă robotul de recoltat s-au utilizat aparate și instrumente de specific (balanță electronică, tahometru, ruleta, pensetă, etc), s-a realizat analiza ciclului de recoltat și a gradului de recoltare a petalelor de Șofrănel. Ciclul de recoltat se referă la timpul scurs de la sfârșitul recoltatului ultimului buton floral până la sfârșitul recoltatului globului de flori curent, care este înregistrat de cronometru. În urma efectuării testelor, perioada medie a unui ciclu de recoltare a fost de 16 s, iar gradul mediu de recoltare al petalelor a fost de 87.91 % (luând în considerare numai petalele care au ajuns în cutia de colectare). Comparativ cu recoltarea manuală, gradul de recoltare al echipamentului ar trebui îmbunătățit, iar durata ciclului de recoltare ar trebui scurtată. În continuare, este necesară optimizarea paramerilor fiecărui subansamblu, care oferă o referință pentru îmbunătățirea ulterioară a testelor.



a) Robotul în timpul lucrului



b) Planta după recoltare

Fig.8.:Testarea robotului de recoltat în laborator

2.1.2.3.: Recoltarea petalelor cu dispozitiv cu role

Tot pentru recoltarea petalelor de Șofrănel a fost conceput un dispozitiv de recoltat cu role, bazat pe smulgerea petalelor prin frecare. La această metodă nu mai este necesară poziționarea precisă a capitulului florii (pe direcția curentului de aer de aspirație), caracteristică celor anterioare. Elementul principal al dispozitivului îl constituie două role cilindrice de cauciuc, de același diametru care se rotesc în sens opus (poz.4, 9 din fig.9). Distanța dintre role se poate regla, ca și viteza acestora. Mișcarea de rotație rapidă a rolor generează un curent de aer, astfel încât o parte din petalele sunt absorbite pe rolă. Apoi se alimentează golul dintre role cu celelalte petale, mișcarea acestora continuând. Datorită frecării și extrudării, petalele sunt smulse, căzând apoi în cutia de colectare, datorită gravitației. Utilizând un banc de testare (fig. 9), s-au determinat factorii care influențează procesul de recoltare a petalelor de Șofrănel și valorile acestora. S-a ținut cont de variația formei capitulului și a umidității petalelor pe parcursul a mai multor zile după înflorire (fig.9 și fig.10).

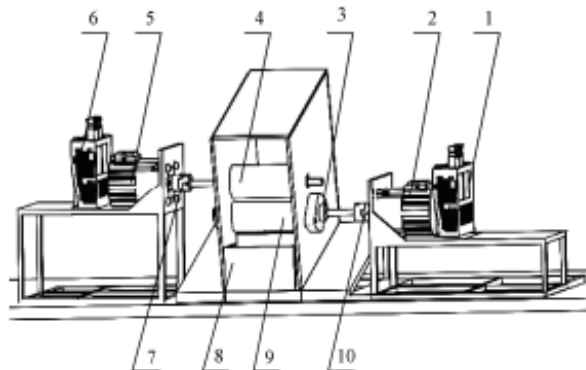


Fig.9.: Banc de testare cu role duble pentru recoltarea petalelor de Șofrănel 1, 6 motor acționare; 2, 5 servo motor; 3 rulmenți; 4 rolă de cauciuc superioară; 7, 10 cuplaje; 8 cutia de colectare a petalelor; 9 rolă de cauciuc inferioară (Sursă: Ge și colab., 2015)



Fig.10.: Forma capitulului de Șofrănel în diferite zile, după înflorire (Sursă: Ge și colab., 2015)

Rezultatele obținute au fost diseminate prin comunicări și publicarea de articole, după cum urmează:

- Participarea în plen cu comunicare la International Symposium "Actual Task on Agricultural Engineering – **ATAE 2023**", Opatija, Croatia, 28 february – 2 march, 2023;
- Publicarea în Proceeding-ul Simpozionului ATAE 2023 a lucrării: "*Intercative, modulated system for the protection of vegetable crops*" – Tudora C., Stroe C., Burnichi F., Muscalu A., Vlăduț N. V., pp. 245 – 254, ISSN 1848- 4425, (lucrare indexată ISI);

- Participare în plen cu comunicare la 11th International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development **TE-RE-RD 2023**, Bucharest, Romania, 08 June - 10 June 2023;
- În curs de publicare în Proceeding-ul Conferinței TE-RE-RD 2023 a lucrării: "Mechanized harvesting of Safflower (*Carthamus tinctorius* L., fam. Asteraceae)" – Muscalu A., Tudora C., Sorică C., Anghelache D., (lucrare BDI);
- Tăbărașu A.M., Anghelache D.N., Găgeanu I., Biriș S.Ș., Vlăduț N.V., "Considerations on the use of active compounds obtained from Lavender (review)", Sustainability, vol. 15 (11), 8879, doi.org/10.3390/su15118879 (F.I. 3,9).

3. Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului

Rezultatele planificate ale fazei sunt realizate integral și sunt concretizate prin elaborarea "*Studiului prospectiv privind recoltarea mecanizată a Șofrănelului*". Tot ca rezultate ale acestei etape, menționez participarea cu 2 comunicări la Simpozionul internațional - **ATAE 2023 (Opatija, Croația)**; Conferința internațională – **TE-RE-RD 2023 (București, România)** și publicarea a 3 articole (1 articol ISI - Sustainability, 1 articol indexat ISI și 1 articol BDI).

Realizarea fazei nu a necesitat modificări, aceasta fiind realizată în conformitate cu planul de realizare, atingându-se obiectivele propuse. Activitățile de cercetare-dezvoltare ale INMA s-au desfășurat în condiții optime ca urmare a infrastructurii performante de cercetare cu care este dotată și a unei experiențe bogate a angajaților pe teme similare. Proiectul utilizează următoarele infrastructuri proprii conform platformei <https://eeris.eu/>:

1. Sisteme de proiectare, execuție și optimizare a echipamentelor tehnice și tehnologice (<https://eeris.eu/ERIF-2000-000F-0231>);
2. Infrastructura de cercetare pentru sisteme tehnice din agricultură, silvicultură și industria alimentară (<https://eeris.eu/ERIF-2000-000L-0243>);

Concluzii: Spre deosebire de alte culturi oleaginoase, Șofrănelul poate fi recoltat cu ușurință cu combina de grâu. În ceea ce privește recoltarea petalelor, echipamentele prezentate au fost realizate experimental, iar rezultatele încercărilor, relativ mulțumitoare care s-au obținut, sunt importante pentru optimizarea diverselor tipuri de subansambluri componente. De asemenea ele constituie o referință importantă pentru testările ulterioare, scopul fiind colectarea cât mai eficientă a petalelor, într-un timp cât mai scurt. Cercetările în domeniu vor continua, datorită caracteristicilor și multiplelor utilizări ale Șofrănelului, tendințele actuale privind cultivarea și exploatarea sa, manifestându-se intens în multe zone și țări de pe glob.

Responsabil proiect:
dr. ing. Cătălina **TUDORA**