



**DENUMIREA PROGRAMULUI-NUCLEU:** CERCETĂRI MULTIDISCIPLINARE ÎN DOMENIUL AGRICULTURII DIGITALE PENTRU COMPETITIVITATE ECONOMICĂ ȘI DEZVOLTARE DURABILĂ, ÎN CONTEXTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE – SUSTAIN – DIGI -AGRI

**Denumirea obiectivului:** O1. CERCETAREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI DIGITALIZAREA PROCESELOR DIN AGRICULTURĂ ȘI INDUSTRIE ALIMENTARĂ, DEZVOLTAREA DE NOI TEHNOLOGII, INSTRUMENTE ȘI ECHIPAMENTE TEHNICE PENTRU PRODUCȚIA DE BIORESURSE COMPATIBILE ȘI COMPETITIVE CU ARIA EUROPEANĂ DE CERCETARE SPECIFICĂ CONCEPTELOR DE AGRICULTURĂ 4.0

**CONTRACTUL NR.:** 9N / 01.01.2023

**PROIECTUL:** PN 23 04 01 01 - TEHNOLOGIE INTELIGENTĂ PENTRU APLICAREA CU PRECIZIE RIDICATĂ A PRODUSELOR DE PROTECȚIA PLANTELOR, FERTILIZANȚILOR ȘI PENTRU ÎNSĂMÂNȚAREA ÎN ZONE GREU ACCESIBILE

**PERIOADA DE DESFĂȘURARE A PROIECTULUI:** 2023 - 2026

**OBIECTIVUL PROIECTULUI:** Obiectivul principal al proiectului constă în dezvoltarea unor tehnologii pentru a optimiza aplicarea produselor de protecție a plantelor, fertilizanților și semințelor în principalele culturi agricole din România pentru a reduce cantitățile de materiale folosite în vederea scăderii costului de producție, creșterea imunității plantelor, creșterea calității produselor și a ratei de producție.

**REZULTATE PRECONIZATE PENTRU ATINGEREA OBIECTIVULUI:**

Rezultate estimate	An 2023	An 2024	An 2025	An 2026
Studiu prospectiv	1	-	-	-
Studiu tehnologic	1	-	-	-
Tehnologie	1	-	-	-
Plan tehnic	-	3	-	-
Model experimental	-	3	-	-
Metodologie de încercări	-	-	3	-
Metodologie de demonstrare	-	-	-	3
Cerere de brevet de invenție	-	-	1	1
Lucrare științifică în reviste de specialitate indexate ISI	1	1	1	1
Lucrare științifică în reviste de specialitate indexate BDI	3	3	3	3
Comunicare științifică prezentată la conferințe internaționale	2	2	2	2
Participare la târguri și expoziții	2	2	2	2
Produs omologat	-	-	-	2
Pliant	-	-	-	2
Fișă tehnică	-	-	-	2
CD ROM	-	-	-	1
Pagină web	1	-	-	-

**RESPONSABIL DE PROIECT:** Ing. Gheorghe Gabriel



## REZULTATE OBTINUTE:

**Faza: 1 - F1 - PARTIAL - Documentare privind tehnologiile și soluțiile constructive de sistemele pentru aplicarea produselor de protecția plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile. elaborare tehnologie inteligentă pentru aplicarea cu precizie ridicată a produselor de protecția plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile**

*Act. 1.1 - Studiu prospectiv privind aplicarea produselor de protecția plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile;*

**Termen: 31.07.2023**

**Studiu prospectiv: 1 buc**

- **Rolul Agriculturii inteligente în domeniul aplicării produselor de protecție a plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile**

Agricultura inteligentă este o abordare de management agricol care utilizează tehnologia pentru a optimiza și îmbunătăți eficiența și productivitatea operațiunilor agricole. Aceasta implică utilizarea de senzori, cartografiere GPS, drone și alte tehnologii avansate pentru a culege date despre condițiile solului, sănătatea culturilor, modelele meteorologice și alți factori care afectează creșterea și randamentul culturilor. Aceste date sunt apoi analizate pentru a dezvolta practici agricole mai precise și direcționate, cum ar fi ajustarea ratelor de irigare și aplicare a îngrășămintelor și identificarea zonelor de câmp care necesită mai mult sau mai puțină atenție..

- Situația în România privind companiile specializate pentru soluții inovatoare destinate aplicării produselor de protecție a plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile:
  - Model experimental de sistem pentru protecția culturilor de câmp conform Agriculturii 4.0. destinate fermei SMART
  - Tricopter hexa-rotor multifuncțional pentru mediul unei agriculturi de precizie
- Situația pe plan internațional privind companiile specializate pentru soluții inovatoare destinate aplicării produselor de protecție a plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile

**Faza: 1-FINAL - Studii privind tehnologiile și soluțiile constructive ale sistemelor pentru lucrările de întreținere a plantațiilor pomicole și documentație de execuție model experimental sistem pentru tăierea rădăcinilor la pomi**

*- Activitate 1.2 – Studiu tehnologic privind aplicarea produselor de protecția plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile;*

*- Activitate 1.3 – Elaborare tehnologie inteligentă pentru aplicarea cu precizie ridicată a produselor de protecția plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile;*

**Termen: 08.12.2023**

**Studiu tehnologic: 1 buc.**

**Tehnologie: 1 buc.**

**Studiul tehnologic este compus din următoarele subcapitole:**

- **Tehnologii privind aplicarea produselor de protecția plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile**

- Tehnologii privind aplicarea produselor de protecție a plantelor;

- Tehnologii și metode privind aplicarea fertilizanților;

- Tehnologii și echipamente privind aplicarea produselor de protecție a plantelor.

- **Elaborare tehnologie inteligentă pentru aplicarea cu precizie ridicată a produselor de protecție a plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile**

- Sisteme inteligente utilizate pentru aplicarea produselor de protecție a plantelor;

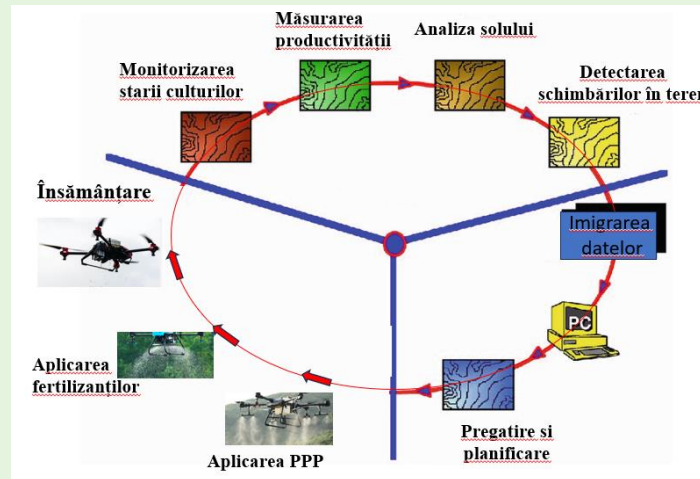
- Sisteme inteligente utilizate pentru aplicarea fertilizanților;

- Sisteme inteligente utilizate pentru însămânțarea în zone greu accesibile.



### Tehnologie inteligentă pentru aplicarea cu precizie ridicată a produselor de protecția plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile

În baza studiului tehnologic privind tehnologiile utilizate pentru aplicarea cu precizie ridicată a produselor de protecția plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile se propune ca în cadrul tehnologiei adoptate să se integreze anumite etape, care generează realizarea ulterioară a anumitor sisteme tehnice care susțin tehnologia prezentată, conform următoarei scheme:



### Diseminarea și publicarea rezultatelor pe scară largă Anul 2023

#### Articole ISI: 1 buc.

Nr. Crt.	Nume Autori	Titlul articolului	Denumire jurnal, an, volum, pagina nr.
1	Mihai Gabriel MATACHE, Iuliana GĂGEANU, Gabriel Valentin GHEORGHE, Cătălin PERSU, Marian CHIRIȚESCU, Mihaela NITU,	DEVELOPMENT OF A TRICOPTER-HEXAROTOR AGRICULTURAL UAV DESTINED FOR THE REALIZATION OF PRECISION SPRAYING WORKS	INMATEH - Agricultural Engineering, Vol. 70, No. 2 / 2023 ,pp.11-20

#### Articole BDI: 3 buc

Nr. Crt.	Nume Autori	Titlul articolului	Denumire jurnal, an, volum,
1	Gheorghe G., Mateescu M., Baltatu C., Cismaru E.M.	Analysis of a UAV system in the plum orchard in order to determine the coverage level	Proceedings of International Symposium ISB-INMA-TEH 2023 - Agricultural And Mechanical Engineering, 2023, pp. 694-699, ISSN 2537-3773
2	Cismaru E.M., Gheorghe G., Baltatu C., Marin E., Manea D., Mateescu M., Dumitru D.	The impact of UAV (Unmanned Aerial Vehicle) technologies in agriculture	Proceedings of International Symposium ISB-INMA-TEH 2023 - Agricultural And Mechanical Engineering, 2023, pp. 684-693, ISSN 2537-3773
3	Gheorghe G., Mateescu M., Baltatu C., Cismaru E.M.,	Experimental research on the evaluation of the degree of coverage obtained with a UAV system into the corn crop	AGRI-INMA -Sustainable Agriculture and Environmental Protection, Vol. 3/No.2/2023, pp.76-83 ISSN 3008-4415,



- Comunicări: 2 buc.

Nr. Crt.	Nume Autori	Titlul comunicării	Manifestarea științifică (denumire, dateși loc desfasurare)
1	Gheorghe G., Mateescu M., Baltatu C., Cismaru E.M.	Analysis of a UAV system in the plum orchard in order to determine the coverage level	Proceedings of International Symposium ISB-INMA-TEH 2023 - Agricultural And Mechanical Engineering, 2023, pp. 694-699, ISSN 2537-3773
2	Gheorghe G., Mateescu M., Baltatu C., Cismaru E.M.,	Experimental research on the evaluation of the degree of coverage obtained with a UAV system into the corn crop	AGRI-INMA -Sustainable Agriculture and Environmental Protection, Vol. 3/No.2/2023, pp.76-83 ISSN 3008-4415,

#### Faza: 2 – F2.1 - Documentație de execuție modele experimentale destinate tehnologiei inteligente

Act. - Documentație de execuție model experimental de sistem de aplicare cu precizie ridicata a produselor de protecția plantelor;

Act. - Documentație de execuție model experimental de sistem de distribuție cu precizie ridicata a îngrășămintelor minerale;

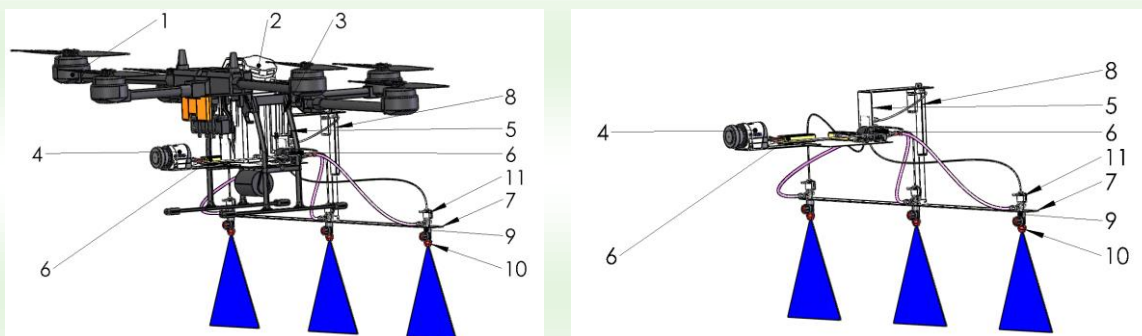
Act. - Documentație de execuție model experimental de sistem de semănat cu precizie ridicată în zone greu accesibile;

**Termen: 30.04.2024**

- **Documentație de execuție model experimental de sistem de aplicare cu precizie ridicata a produselor de protecția plantelor**

Documentația de execuție ME de sistem de aplicare cu precizie ridicata a produselor de protecția plantelor SAPPP, este un indicator important al proiectului și va sta la baza realizării fizice a modelului experimental.

Echipamentul este alcătuit, în principal, din următoarele componente, conform Fig. 1:



**a)** Drona împreună cu sistemul inteligent pentru aplicarea cu precizie ridicată a produselor lichide de protecție a plantelor

**b)** Sistem inteligent pentru aplicarea cu precizie ridicată a produselor lichide de protecție a plantelor

**Fig.1.** Modelul 3D al sistemului de aplicare cu precizie ridicata a produselor de protecția plantelor

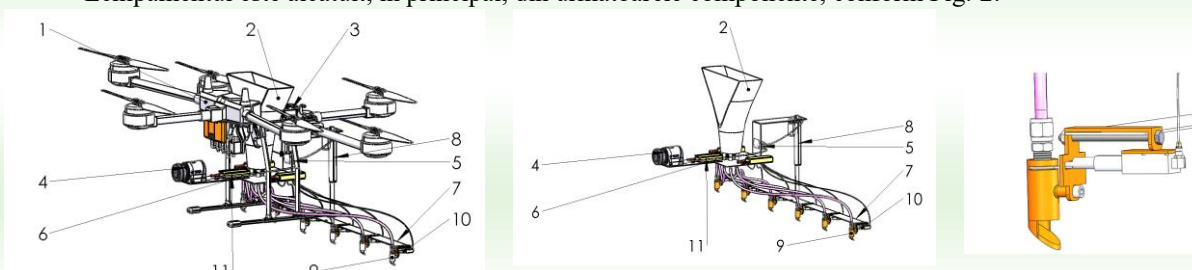
1. Dronă agricolă; 2. Rezervor; 3. Baterie dronă; 4. Senzor Lidar.; 5. Sistem de control (Arduino UNO); 6. Pompă electrică 12Vcc.; 7. Rampa de stropit; 8. Actuator electric; 9. Suport portduză; 10. Duze de stropit; 11. Electrovalve; 12. Baterii 16000mAh



- **Documentație de execuție model experimental de sistem de distribuție cu precizie ridicată a îngrășămintelor minerale**

Documentația de execuție ME de sistem de distribuție cu precizie ridicată a îngrășămintelor minerale SDF, este un indicator important al proiectului și va sta la baza realizării fizice a modelului experimental.

Echipamentul este alcătuit, în principal, din următoarele componente, conform Fig. 2:



a) Dronă împreună cu sistemul inteligent pentru aplicarea fertilizanților solizi

b) Sistem inteligent pentru aplicarea fertilizanților solizi

c) Duza pt. fertilizant solid

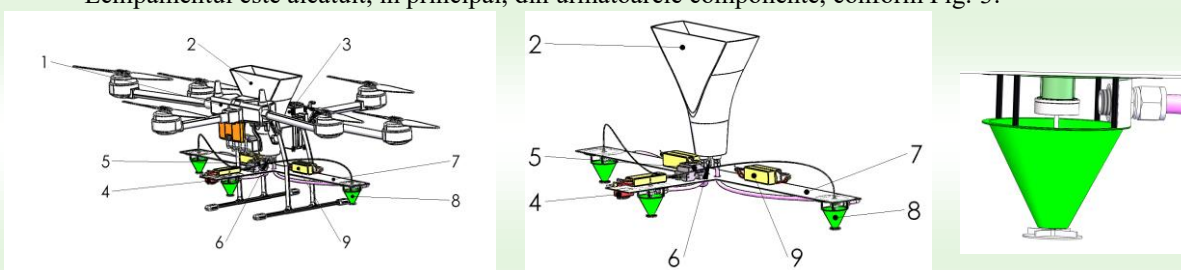
**Fig.2.** Modelul 3D al sistemului de distribuție cu precizie ridicată a îngrășămintelor minerale

1. Dronă agricolă; 2. Rezervor; 3. Baterie dronă; 4. Senzor Lidar; 5. Sistem de control (Arduino UNO); 6. Comutator rotativ; 7. Rampa; 8. Actuator electric; 9. Duza fertilizant; 10. Actuator electric; 11. Baterii 16000mAh

- **Documentație de execuție model experimental de sistem de semănat cu precizie ridicată în zone greu accesibile**

Documentația de execuție ME de sistem de semănat cu precizie ridicată în zone greu accesibile SSGA, este un indicator important al proiectului și va sta la baza realizării fizice a modelului experimental.

Echipamentul este alcătuit, în principal, din următoarele componente, conform Fig. 3:



a) Dronă împreună cu sistemul inteligent pentru însămânțarea în zone greu accesibile

b) Sistem inteligent pentru însămânțarea în zone greu accesibile

c) Duza de semănat

**Fig.3.** Modelul 3D al sistemului de semănat cu precizie ridicată în zone greu accesibil

1. Dronă agricolă; 2. Rezervor; 3. Baterie dronă; 4. Cameră multispectrală; 5. Sistem de control (PLC); 6. Comutator rotativ; 7. Rampa; 8. Duza de semănat; 9. Baterii 16000mAh

În urma elaborării documentației de execuție pentru proiectul Tehnologie inteligentă pentru aplicarea cu precizie ridicată a produselor de protecția plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile, a rezultat 3 cereri de brevet de invenție: „Sistem inteligent pentru aplicarea cu precizie ridicată a produselor lichide de protecție a plantelor”, înregistrată la OSIM cu numărul A/00212/24.04.2024; „Sistem pentru aplicarea cu precizie ridicată a fertilizanților solizi”, înregistrată la OSIM cu numărul A/00211/24.04.2024; „Sistem inteligent pentru însămânțarea în zone greu accesibile”, înregistrată la OSIM cu numărul A/00213/24.04.2024;



## Faza: 2 – F2.2 - Execuție modele experimentale destinate tehnologiei inteligente

*Act. – Realizare model experimental de sistem de aplicare cu precizie ridicata a produselor de protecția plantelor;*

*Act. -Realizare model experimental de sistem de distribuție cu precizie ridicata a îngrășămintelor minerale;*

*Act. – Realizare model experimental de sistem de semănat cu precizie ridicată culturi ierboase în zone greu accesibile;*

**Termen: 29.11.2024**

- Execuție modele experimentale destinate tehnologiei inteligente**

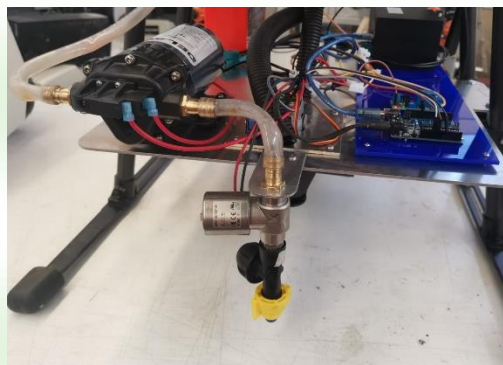
Echipamentul este alcătuit, în principal, din componentele prezentate în figura 1:



**Fig.4.** Modele experimentale: sistem de aplicare cu precizie ridicata a produselor de protecție a plantelor, sistem de distribuție cu precizie ridicata a îngrășămintelor minerale, sistem de semănat cu precizie ridicată în zone greu accesibile

1. Dronă agricolă; 2. Rezervor; 3. Baterie dronă; 4. ZED X Stereo Camera.; 5. Sistem de control (Arduino UNO); 6. ZED Box; 7. Pompă electrică 12Vcc; 8. Sistem dozare (lichid/fertilizant/seminte); 9. Baterie 30000mAh;

- Realizare model experimental de sistem de aplicare cu precizie ridicata a produselor de protecția plantelor (fig.5)**



**Fig.5** Sistem dozare produse de protecție a plantelor – lichid



- **Realizare model experimental de sistem de aplicare cu precizie ridicata a produselor de protecția plantelor (fig.6)**



**Fig.6.** Sistem dozare cu precizie ridicata a îngrășămintelor minerale

- **Realizare model experimental de sistem de semănat cu precizie ridicată în zone greu accesibile (fig.7)**

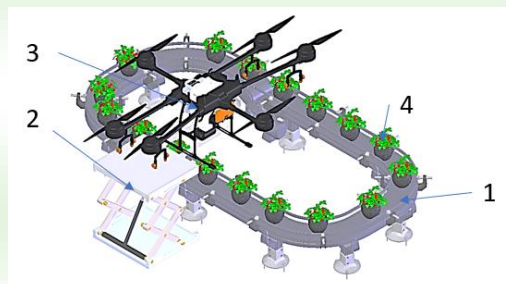


**Fig.7.** Sistem dozare a semințelor cu precizie ridicată în zone greu accesibile

- **Documentație de execuție și realizarea standului pentru testarea modelelor experimentale de sisteme**

Realizarea standului pentru testarea modelelor experimentale, va permite realizarea testelor experimentale de laborator, precum și antrenarea sistemului ZED Box, care încorporează un computer puternic AI care oferă capabilități de calcul spațial pentru robotică autonomă și analist video inteligent. După definitivarea testelor în condiții de laborator sa va trece la experimentarea în condiții de câmp.

Standul (fig.8) este format din conveierul **1**, sistemul de reglare a înălțimii **2**, **drona cu cele 3 sisteme dezvoltate în cadrul proiectului 3** și ghivecele cu diferite culturi **4**.



**Fig.8.** Proiectarea 3D a standului pentru testarea modelelor experimentale de sisteme



**Diseminarea și publicarea rezultatelor pe scară largă  
Anul 2024**

**Articole ISI: 1 buc.**

Nr. Crt.	Nume Autori	Titlul articolului	Denumire jurnal, an, volum, pagina nr.
1	Gabriel-Valentin GHEORGHE, Dragoș-Nicolae DUMITRU, Radu CIUPERCĂ, Marinela MATEESCU, Stefano Andrea MANTOVANI, Elisabeta PRISACARIU, Alin HARABAGIU	ADVANCING PRECISION AGRICULTURE WITH UAV'S: INNOVATIONS IN FERTILIZATION	INMATEH - Agricultural Engineering, Vol. 74, No. 3 / 2024 ,pp.1057-1072

**Articole BDI: 3 buc**

Nr. Crt.	Nume Autori	Titlul articolului	Denumire jurnal, an, volum,
1	Gabriel GHEORGHE, Marinela MATEESCU, Stefano Andrea MANTOVANI, Elisabeta PRISACARIU, Alin HARABAGIU, Stefan DUMITRU	SYSTEMS FOR HIGH PRECISION APPLICATION OF PLANT PROTECTION PRODUCTS, FERTILIZERS AND FOR SEEDING IN DIFFICULT AREAS	Proceedings of International Symposium ISB-INMA-TEH 2024 - Agricultural And Mechanical Engineering, 2024, pp. 666-673, ISSN 2537-3773
2	Gabriel GHEORGHE, Elena-Melania CISMARU, Elisabeta PRISACARIU, Alin HARABAGIU, Stefan DUMITRU, Marinela MATEESCU	STUDY ON THE SMART APPLICATION OF PLANT PROTECTION PRODUCTS	Proceedings of International Symposium ISB-INMA-TEH 2024 - Agricultural And Mechanical Engineering, 2024, pp. 674-683, ISSN 2537-3773
3	Ștefan DUMITRU, Gabriel GHEORGHE, Dragoș-Nicolae DUMITRU, Dragoș MANEA, Lucreția POPA, Vasilica ȘTEFAN, Ana ZAICA, Mihai NICOLESCU	COMPARATIVE STUDY OF THE COVERAGE DEGREE WHEN APPLYING PHYTOSANITARY TREATMENTS IN WINTER TO CANOLA CROP	Proceedings of International Symposium ISB-INMA-TEH 2024 - Agricultural And Mechanical Engineering, 2024, pp. 1096-1102, ISSN 2537-3773
4	Gabriel GHEORGHE, Alexandra- Liana VIȘAN, Radu CIUPERCĂ, Elena-Melania CISMARU	CURRENT STATE OF DEVELOPMENT REGARDING TECHNOLOGIES DESIGNED TO APPLY PHYTOSANITARY PRODUCTS IN HARD-TO-REACH AREAS	Sustainable Agriculture and Environmental Protection, Vol.5/No. 2 / 2024, pp. 102-114, ISSN 3008-4415,

**Faza: 3 – F3.1 - Experimentarea tehnologiei inteligente pentru aplicarea cu precizie ridicată a produselor de protecția plantelor, fertilizanților și pentru însămânțarea în zone greu accesibile în condiții de laborator**

*Cu următorii indicatori:*

- 1 metodologie de experimentare pentru sistemul de aplicare cu precizie ridicată a produselor lichide de protecția plantelor;
- 1 metodologie de experimentare pentru sistemul de distribuție cu precizie ridicată a îngrășămintelor minerale;
- 1 metodologie de de experimentare pentru sistemul de semănat cu precizie ridicată în zone greu accesibile.

**Termen: 30.06.2025**

**INTRODUCERE** - Pentru fiecare dintre cele trei funcționalități s-au formulat metodologiile specifice, aliniate cu standardele și bunele practici din cercetarea agricolă și ingineria sistemelor autonome. Aceste metodologii asigură o abordare riguroasă, repetabilă și obiectivă, fiind construite astfel încât să permită: *simularea aplicării reale într-un mediu de laborator stabil și lipsit de variabile exterioare necontrolabile; măsurarea exactă a cantităților aplicate, a poziționării în spațiu și a distribuției pe țintă; compararea performanțelor sistemelor față de cerințele funcționale stabilite în faza de proiectare; identificarea eventualelor limitări sau abateri în funcționare, pentru calibrare ulterioară.*



**Mediul de testare-** Testele au fost realizate pe un *stand multifuncțional de laborator*, dotat cu următoarele echipamente și subansamble: Platformă de susținere a dronei, cu reglaj de înălțime prin masă electrohidraulică; Conveior cu zale pentru deplasarea automată a ghivecelor sau tăvilor de testare; Sisteme de poziționare a țintei (frunze cu marcatori, dispozitive de captare a semințelor, ghivece pentru fertilizant); Sisteme de analiză optică și cântărire, respectiv hârtii hidrosensibile, camere video, cântare digitale; Sistem inteligent de comandă, format din camera stereo ZED X, unitate ZED Box, placă de control microprogramabilă și software de analiză imagine (NI Vision Builder).

**Structura metodologiilor experimentale** - fiecare metodologie aplicată în testele de laborator a fost structurată în capitole conforme, pentru asigurarea unei evaluări coerente: Obiectul metodologiei – definește scopul testului și tipul de sistem analizat; Domeniul de aplicare – limitează contextul experimental și condițiile specifice; Echipamente și aparatură – lista completă a elementelor utilizate în fiecare test; Condiții inițiale și acțiuni prealabile – configurarea și calibrarea înaintea testului; Descrierea desfășurării experimentului – pașii de execuție a testării efective; Evaluarea rezultatelor – parametrii analizați, metodele de măsurare și uneltele software; Criterii de validare – praguri de acceptare și condiții pentru considerarea testului drept reușit.

**Importanța aplicării metodologiilor** - Aplicarea acestor metodologii oferă mai mult decât o validare funcțională – ea creează un cadru standardizat de testare ce poate fi extins sau repetat în alte condiții sau cu alți algoritmi. În plus, rezultatele obținute servesc drept bază de comparație între soluțiile actuale și potențialele versiuni viitoare ale sistemelor. Astfel, experimentarea în laborator devine o etapă de selecție și optimizare tehnologică.

## METODOLOGIA DE EXPERIMENTARE PENTRU SISTEMUL DE APLICARE CU PRECIZIE RIDICATĂ A PRODUSELOR LICHIDE DE PROTECȚIA PLANTELOR

**Obiect** - Prezenta metodologie are ca obiect stabilirea modului de testare și evaluare funcțională a sistemului experimental de aplicare a produselor lichide de protecție a plantelor, în condiții controlate de laborator. Obiectivul urmărit este determinarea capacității sistemului de a realiza o pulverizare uniformă, direcționată și adaptată zonelor țintite, în baza comenzilor automate generate de sistemul de viziune artificială.

**Domeniul de aplicare** - Metodologia se aplică la testarea sistemelor de aplicare lichidă montate pe platforme aeriene autonome (drone), dotate cu electrovalve, duze de pulverizare și senzori de detecție a plantei.

**Echipamente și aparatură utilizată:** Dronă multifuncțională cu sistem de control integrat (ZED X și ZED Box); Duze de pulverizare cu electrovalve comandate electronic; Masa electrohidraulică pentru reglarea înălțimii de aplicare; Conveior cu zale pentru deplasarea ghivecelor; Hârtie hidrosensibilă (albastră); Cameră foto și iluminare difuză; Cronometru digital, riglă milimetrică; Turometru; Camera de termoviziune; Software pentru procesarea imaginilor; Fișe de înregistrare a datelor.

**Condiții și acțiuni prealabile:** Verificarea funcționării duzei și a electrovalvei; Încărcarea sistemului cu lichid de test (apă); Reglarea înălțimii dronei la față de zona țintă; Montarea hârtiei hidrosensibile pe frunzele plantelor din ghivece; Asigurarea poziționării corecte a ghivecelor pe traseul conveiorului; Inițializarea sistemului de detecție și a comenzii automate.

### Descrierea desfășurării experimentului

- **Poziționarea echipamentului:** drona este fixată pe platforma mobilă, deasupra traseului conveiorului. Înălțimea de lucru este reglată cu ajutorul mesei electrohidraulice la diferite valori.
- **Desfășurarea testului:** pe ghivece se montează hârtii hidrosensibile; Sistemul este activat automat la detectarea plantei; Electrovalva este deschisă pentru 2 secunde; Se repetă procedura pentru 3 ghivece, în 3 serii; Se colectează hârtiile pentru analiză.

### Evaluarea rezultatelor

- **Indicatori analizați:** suprafața acoperită (%); densitatea picăturilor (picături/cm<sup>2</sup>); uniformitatea distribuției (analiză central-periferic); diametrul picăturilor (mediu și variație).
  - **Etapele de analiză**
- a) **Captura și arhivarea imaginilor:** Fiecare bucată de hârtie hidrosensibilă este fotografiată cu o cameră fixă montată perpendicular, în condiții constante de lumină difuză. Imaginile sunt salvate în format .png sau .tiff pentru procesare ulterioară.



- b) **Importul în NI Vision Builder:** Imaginile sunt încărcate în interfața NI VBAI pentru analiză vizuală automată; Se definește un *model de inspecție* care recunoaște petele albastre rezultate în urma contactului cu picătura de lichid.
- c) **Configurarea inspecției:** Se setează funcții automate de *deteție a obiectelor circulare (blob analysis)*; Se aplică filtre pentru eliminarea zgomotului de fundal și a artefactelor vizuale.
- d) **Calculul indicatorilor:**  
Software-ul măsoară: *numărul de picături* (identificarea tuturor conturilor circulare); *suprafața ocupată totală* de picături; *diametrele fiecărei picături* și mediile acestora; *distribuția spațială a picăturilor* (mapare pe grid pentru uniformitate).
- e) **Exportul datelor:** Rezultatele sunt exportate automat în format tabelar (.csv sau Excel); Pentru fiecare imagine sunt generate fișe de inspecție cu indicatorii calculați.
- f) **Corelare cu datele de test:** Datele din NI VBAI sunt comparate cu parametrii de declanșare ai sistemului (timp, presiune, debit); Se stabilesc corelații între controlul sistemului și eficiența aplicării.  
**Criterii de validare:** Activare corectă a electrovalvei la semnalul vizual; Acoperire de minimum 80% a zonei țintă; Repetabilitate a rezultatelor în cel puțin 85% dintre replici; Precizie de declanșare confirmată vizual și numeric.

***Prelucrarea datelor, interpretarea rezultatelor, întocmirea raportului de experimentare în condiții de câmp cu concluzii și propuneri***

Prelucrarea datelor experimentale se vor face utilizând tehnică de calcul și programe adecvate (Excel, Mathcad, etc.) și o formă de prezentare grafică sau tabelară cu precizarea erorilor de măsurare.

Se vor face interpretări ale rezultatelor obținute (analiza parametrilor tehnici, tehnologici, indicatorilor calitativi de lucru și a indicilor energetici determinați) în vederea analizării acțiunii benefice a echipamentului propus.

**METODOLOGIA DE EXPERIMENTARE PENTRU SISTEMUL DE DISTRIBUȚIE CU PRECIZIE RIDICATĂ A ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE**

**Obiect** - Prezenta metodologie are ca obiect testarea și evaluarea funcțională a sistemului de distribuție cu o singură duză de aplicare a îngrășămintelor minerale, comandată de un servomotor acționat pe baza detecției automate a culturii. Scopul testării este validarea capacității de aplicare precisă, localizată, cu dozaj controlat și repetabilitate ridicată.

**Domeniul de aplicare** - Metodologia se aplică la testarea experimentală a unui sistem integrat pe dronă, care distribuie fertilizant granular printr-o singură duză gravitațională, comandată electric printr-un servomotor. Activarea descărcării este declanșată pe baza informațiilor procesate de sistemul de viziune artificială ZED X + ZED Box.

**Echipamente și aparatură utilizată:** Dronă multifuncțională cu sistem de control integrat (ZED X + ZED Box); Rezervor pentru fertilizant cu un orificiu de descărcare; Servomotor SG90 (sau echivalent) pentru deschiderea/închiderea duzei; Duza gravitațională simplă cu control mecanic; Tavă colectoare standardizată; Cântar electronic de precizie (0,01 g); Cronometru digital, fișe de testare; Cameră video de înaltă viteză pentru observarea dispersiei; Software de calcul (Excel, Mathcad).

**Condiții și acțiuni prealabile:** Verificarea funcționării servomotorului și a mecanismului de închidere a duzei; Încărcarea rezervorului cu fertilizant granular omogen; Poziționarea dronei la înălțime variabilă deasupra tăvii colectoare; Configurarea sistemului de detecție pentru declanșare automată; Stabilirea duratei de deschidere a servomotorului (ex. 1-2 secunde); Pregătirea tăvilor și a cântarului pentru măsurători.

***Descrierea desfășurării experimentului***

- **Poziționarea echipamentului:** drona este fixată pe standul de testare, deasupra unei tăvii colectoare. Sistemul vizual este activ, iar alimentarea cu fertilizant este verificată.
- **Desfășurarea testului:** Zona țintă este simulată prin trecerea unei „culturi” artificiale (ex. ghiveci cu plantă) sub camera ZED X; ZED Box procesează imaginea și transmite comanda de deschidere către Arduino; Servomotorul acționează duza pentru o durată prestabilită; Fertilizantul se colectează gravitațional în tavă; Ciclul este repetat de 5 ori, în 3 serii (total 15 aplicări).



### ***Evaluarea rezultatelor***

- **Indicatori analizați:** Cantitatea de fertilizant aplicată (g) per ciclu; Variația dozajului între repetări; Precizia sincronizării între detecție și descărcare; Timp de răspuns al sistemului (ms).
- **Etapele de analiză:** Cântărirea fertilizantului colectat după fiecare ciclu; Înregistrarea valorilor într-un tabel comparativ; Calcularea mediei, deviației standard și a procentului de variație; Observarea sincronizării sistemului prin cronometru și/sau filmare.

**Criterii de validare:** Repetabilitate dozaj: variație sub  $\pm 5\%$  între cicluri; Activare corectă în  $>90\%$  din cazuri (fără întârziere); Cantitate minimă aplicată pe ciclu  $\geq X$  g (în funcție de calibrare); Fără scurgeri între cicluri sau pierderi necontrolate.

### ***Prelucrarea datelor, interpretarea rezultatelor, întocmirea raportului***

Datele obținute sunt centralizate în fișe și grafice. Se analizează comportamentul sistemului în funcție de timpii de activare, cantitatea livrată și variația între repetări. Se emit concluzii privind eficiența funcționării și se formulează recomandări pentru optimizarea duratei de activare și preciziei sistemului.

## **5.4 METODOLOGIA DE EXPERIMENTARE PENTRU SISTEMUL DE SEMĂNAT CU PRECIZIE RIDICATĂ ÎN ZONE GREU ACCESIBILE**

**Obiect** - Această metodologie are ca scop testarea sistemului experimental de semănat montat pe dronă, în condiții controlate de laborator. Se urmărește validarea capacității sistemului de a detecta automat zonele neacoperite de vegetație și de a aplica semințele în mod localizat, utilizând o singură duză de distribuție acționată electric.

**Domeniul de aplicare** - Metodologia este aplicabilă sistemului de semănat cu o duză acționată prin servomotor, conectată la un rezervor gravitațional și un disc de împrăștiere. Sistemul este destinat pentru aplicare punctuală, în pășuni, terenuri cu vegetație rară, sau spații izolate unde semănarea cu precizie este esențială.

**Echipamente și aparatură utilizată:** Dronă multifuncțională echipată cu cameră ZED X și unitate ZED Box; Rezervor cu descărcare gravitațională și duză direcțională; Servomotor (SG90 sau echivalent) pentru deschiderea duzei; Disc rotativ acționat de micro-motor electric pentru dispersia semințelor; Tavă colectoare lată, împărțită pe segmente (stânga, centru, dreapta); Cântar digital de precizie (0,01 g); Cameră video de înaltă viteză pentru observarea dispersiei; Cronometru digital, fișe de observație și software de calcul (Excel, Mathcad).

**Condiții și acțiuni prealabile:** Verificarea funcționării servomotorului și a discului rotativ; Încărcarea rezervorului cu semințe calibrate (ex. lucernă, muștar, ridiche); Poziționarea dronei deasupra tăvii colectoare la înălțimea de 500–600 mm; Configurarea sistemului vizual pentru declanșare la detectarea unei zone „goale”; Programarea temporizării de deschidere a duzei și a duratei de rotație a discului; Pregătirea sistemului de măsurare și înregistrare a datelor.

### ***Descrierea desfășurării experimentului***

- **Poziționarea echipamentului:** drona este poziționată deasupra tăvii de colectare, pe standul de test. Sistemul vizual ZED X este activ, iar placa de control este pregătită să primească comenzi.
- **Desfășurarea testului:** Sistemul identifică o zonă fără vegetație (marcaj negru pe tavă); La confirmarea detecției, servomotorul deschide duza pentru 1–2 secunde; Motorul discului este activat simultan pentru dispersia semințelor; Semințele sunt colectate în segmentele tăvii; Ciclul este repetat de 5 ori, în 3 serii.

### ***Evaluarea rezultatelor***

- **Indicatori analizați:** Număr de semințe aplicate per ciclu; Cantitate totală de semințe distribuită (g); Gradul de acoperire a zonei țintă; Rata pierderilor (semințe în afara zonei marcate); Repetabilitatea sistemului între cicluri.
- **Etapele de analiză:** Colectarea semințelor din fiecare segment al tăvii; Cântărirea și numărarea (la nevoie) a semințelor; Calculul procentelor de acoperire și pierdere; Evaluarea grafică a distribuției (opțional: imagistică); Corelarea comenzilor software cu acțiunile efective.



**Criteria de validare:** Minimum 90% din semințe trebuie să fie distribuite în zona țintă; Variație a cantității distribuite între cicluri sub  $\pm 5\%$ ; Pierderi în afara zonei sub 10% per aplicare; Funcționare corectă și sincronizată a servomotorului și discului.

***Prelucrarea datelor, interpretarea rezultatelor, întocmirea raportului***

Datele obținute în urma testelor vor fi înregistrate în format tabelar și analizate statistic. Pe baza rezultatelor se vor formula concluzii privind precizia, randamentul și uniformitatea semănării. Se vor face recomandări pentru optimizarea duratei de acționare și pentru calibrarea motorului de dispersie, dacă este cazul.

Testarea experimentală a sistemelor inteligente se va realiza pe standul de laborator cu conveior motorizat și ghivece cu plante artificiale reprezentând culturile de porumb și floarea-soarelui la primele 2 sisteme, la două stadii fenologice (30 și 60 de zile). Fiecare sistem a fost evaluat la trei viteze de deplasare ale conveiorului câte 3 probe:

- $V1 = 6,17 \text{ m/min}$ ;  $V2 = 6,93 \text{ m/min}$ ;  $V3 = 7,82 \text{ m/min}$ ;



a)



b)



c)

Pregătirea sistemelor și standului pentru testarea în condiții de laborator și calibrarea sistemelor