**Proiectul component PN 23 29 02 01:**

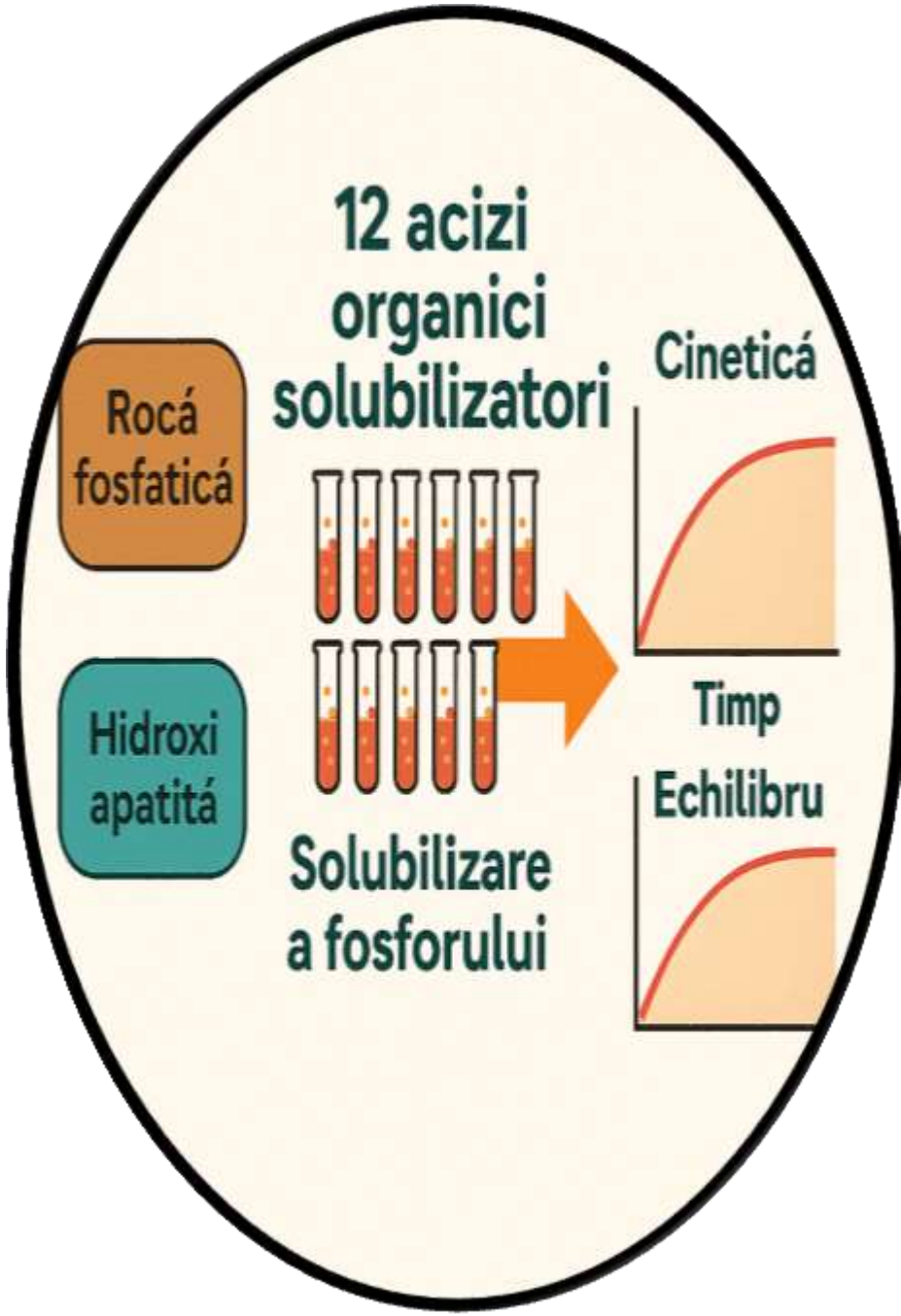
# “Noi produse fertilizante organice pentru agricultura sustenabilă în contextul utilizării eficiente a resurselor naturale”

**- 2024 -**

**Responsabil,**
**Dr. Sîrbu Carmen**

***Activitate și Rezultate Preconizate***

| Element | Descriere |
|---|---|
| **Titlul activității** | Determinarea capacității de solubilizare a fosforului în prezența de acizi organici solubilizatori (AOS) |
| **Obiectiv general** | Evaluarea efectului a 12 acizi organici solubilizatori asupra solubilizării fosforului din două surse |
| **Surse de fosfor investigate** | ✅ Rocă fosfatică<br>✅ Hidroxiapatită |
| **Metode de lucru** | - Variația concentrațiilor AOS (molare, normale, procentuale)<br>- Timpii de reacție diferiți (studiu cinetic)<br>- Determinarea capacității de solubilizare la echilibru |
| **Rezultate preconizate** | - Identificarea combinațiilor optime AOS-tip de fosfor<br>- Modele cinetice ale solubilizării<br>- Compararea eficienței între AOS |



| Element | Descriere |
|---|---|
| **Titlul activității** | Formularea și obținerea unor produse fertilizante organice |
| **Obiectiv general** | Crearea unor biostimulatori pentru plante pe bază de structuri sinergice între PpA și AOS |
| **Componentele formulate** | ✅ **PpA** – amestecuri de **proteine / peptide / aminoacizi**<br>✅ **AOS** – acizi organici solubilizatori |
| **Tip de produs** | Fertilizanți organici – biostimulatori |
| **Număr de formulări** | 5 variante experimentale |
| **Rezultate preconizate** | - Identificarea combinațiilor eficiente pentru stimularea plantelor<br>- Validarea compatibilității între AOS și PpA<br>- Produse adaptabile agronomic |

# Formularea și obținerea unor produse fertilizante organice

din categoria biostimulatori ai plantelor cu structuri sinergice

PpA

– amestecuri proteine / peptide / aminoacizi)

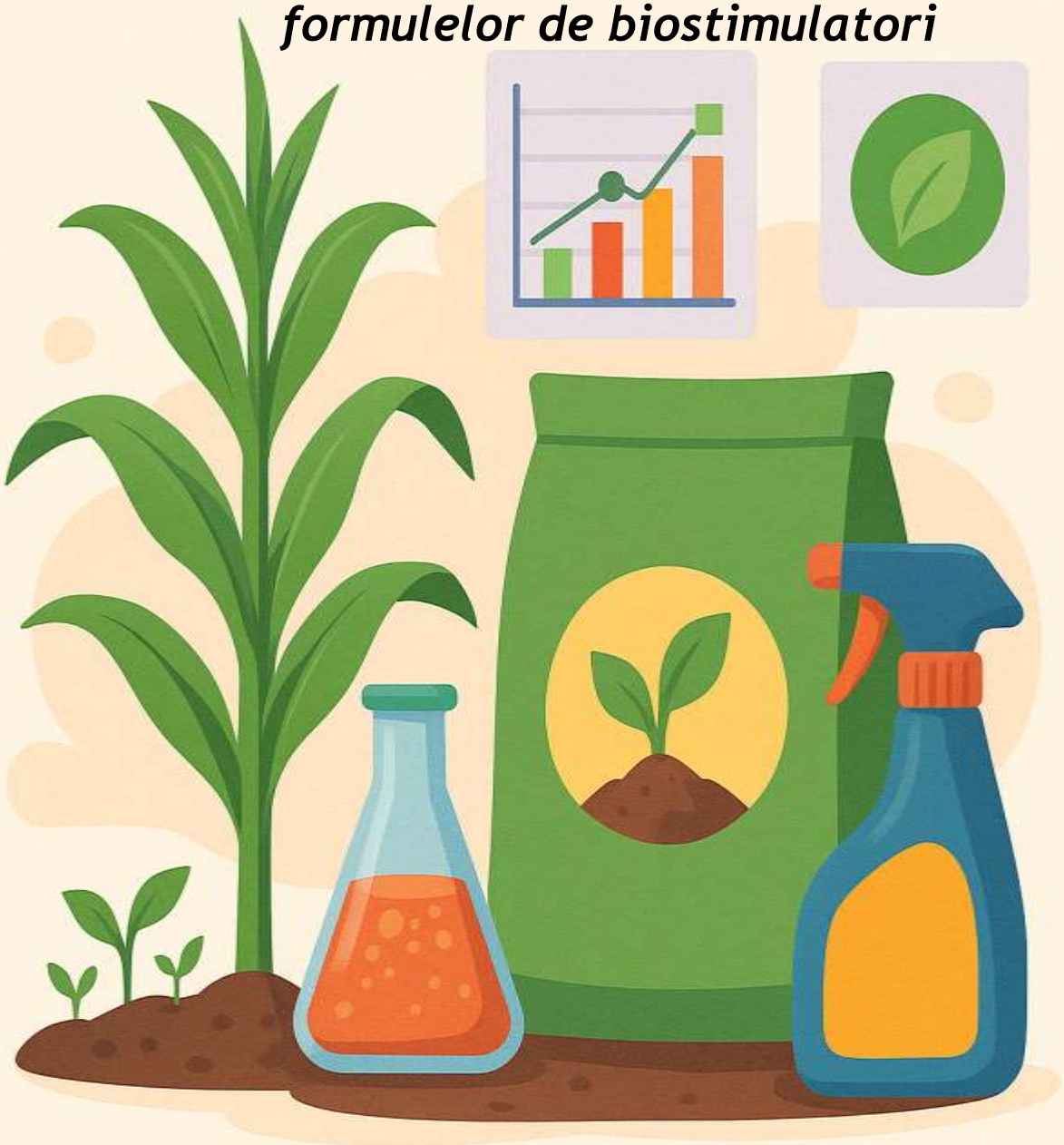
și AOS

(acizi organici solubilizatori)

5 formulări

# Concepere si obtinere biostimulatori

## *Evaluarea stabilității fizico-chimica în timp a formulelor de biostimulatori*

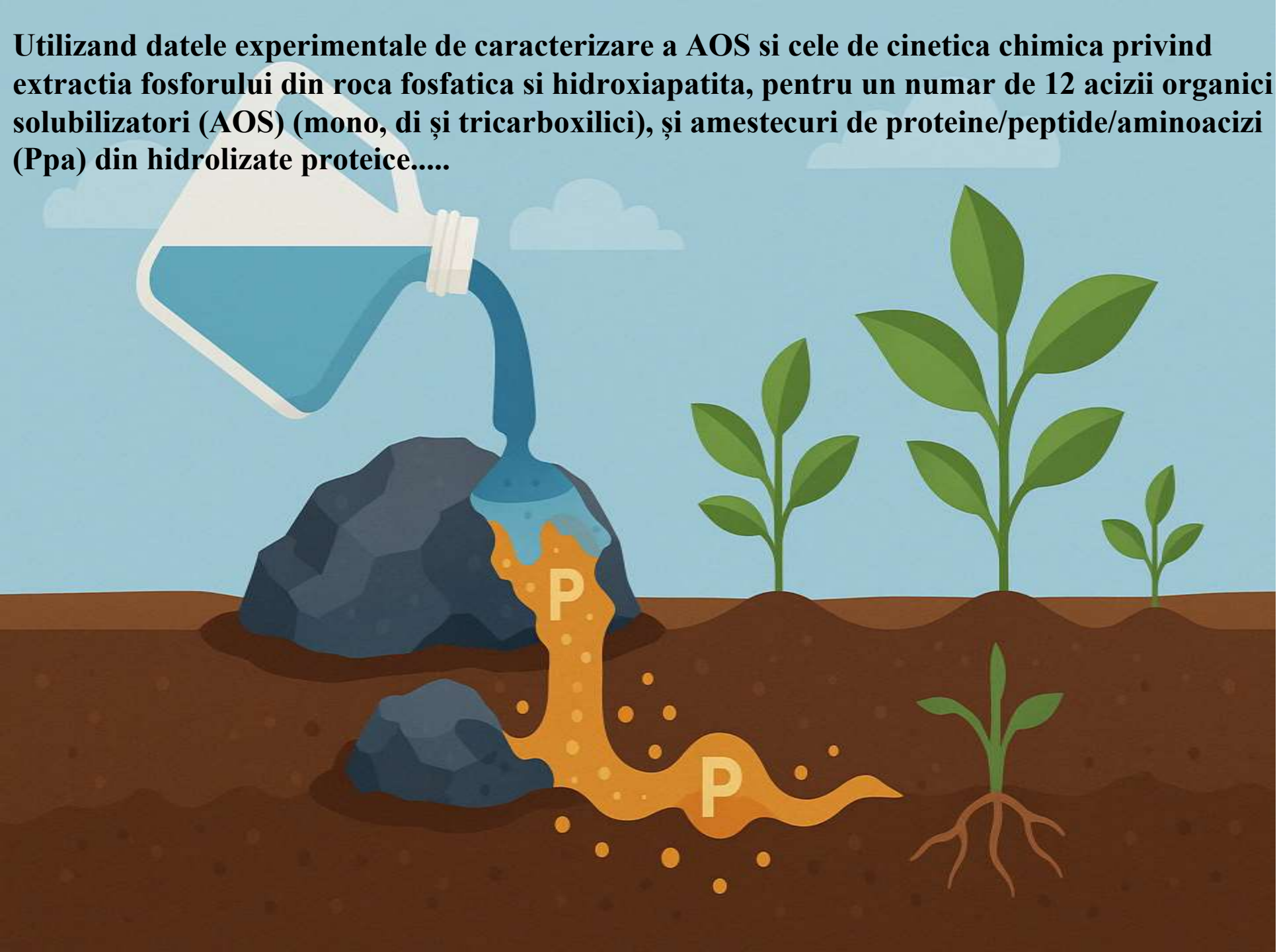


## *Caracterizarea complexa fizico - chimică a componenților și a formulelor de biostimulatori*

Testarea și evaluarea rezultatelor agrochimice ale celor patru formule de biostimulatori, prin aplicare la diferite culturi (fertilizate de bază cu rocă fosfatică, respectiv hidroxiapatită), în spații protejate și în câmp.

- ✓ *Elaborarea dosarelor pentru evaluarea conformității în vederea comercializarii în Uniunea Europeană, în acord cu Regulamentele 1009/2019 și 2018/848*
- ✓ *Elaborarea unui Ghid de bune practici al producătorului de fertilizanți pentru aplicarea Regulamentului 1009/2019*
- ✓ *Elaborarea a 2 brevete*

**Utilizand datele experimentale de caracterizare a AOS si cele de cinetica chimica privind extractia fosforului din roca fosfatica si hidroxiapatita, pentru un numar de 12 acizii organici solubilizatori (AOS) (mono, di și tricarboxilici), și amestecuri de proteine/peptide/aminoacizi (Ppa) din hidrolizate proteice.....**

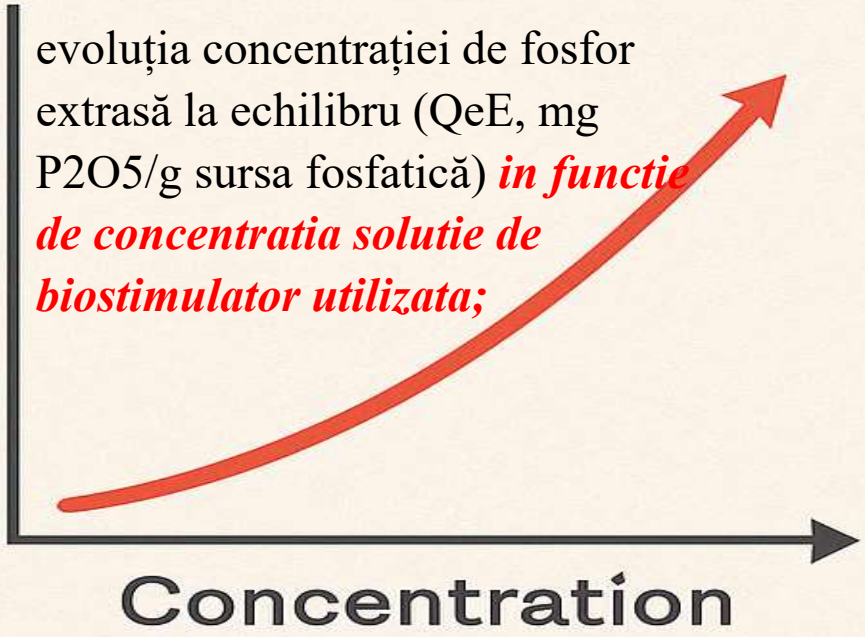



**.....au fost obtinute 4 formule de biostimlatori si mostrele de produse (variantele V1 – V4) in vederea caracterizarii si realizarea testarilor agrochimice.**

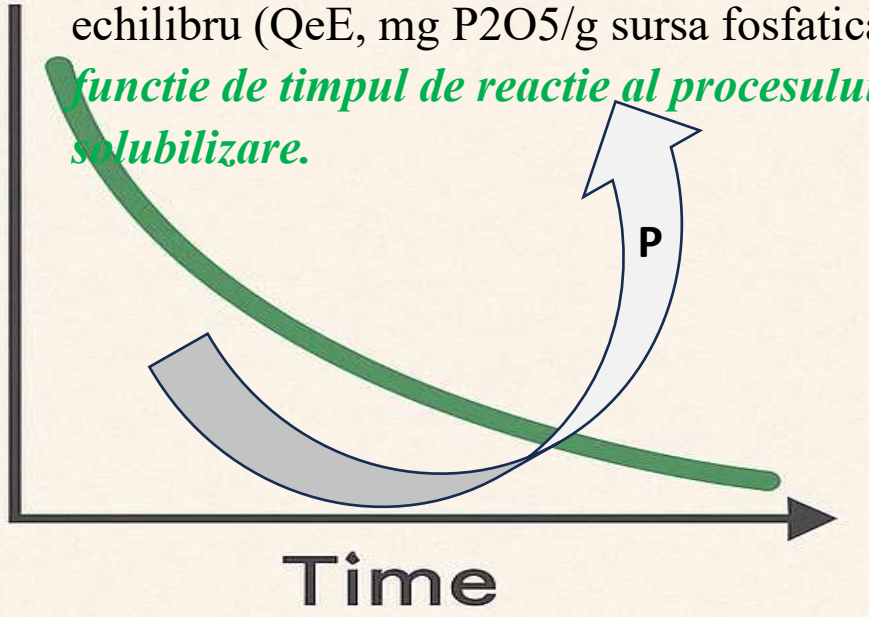
**Fiecare formula de biostimulator contine un numar de 5 – 7 AOS si amestecuri de proteine/peptide/amino acizi (Ppa) din hidrolizate proteice**

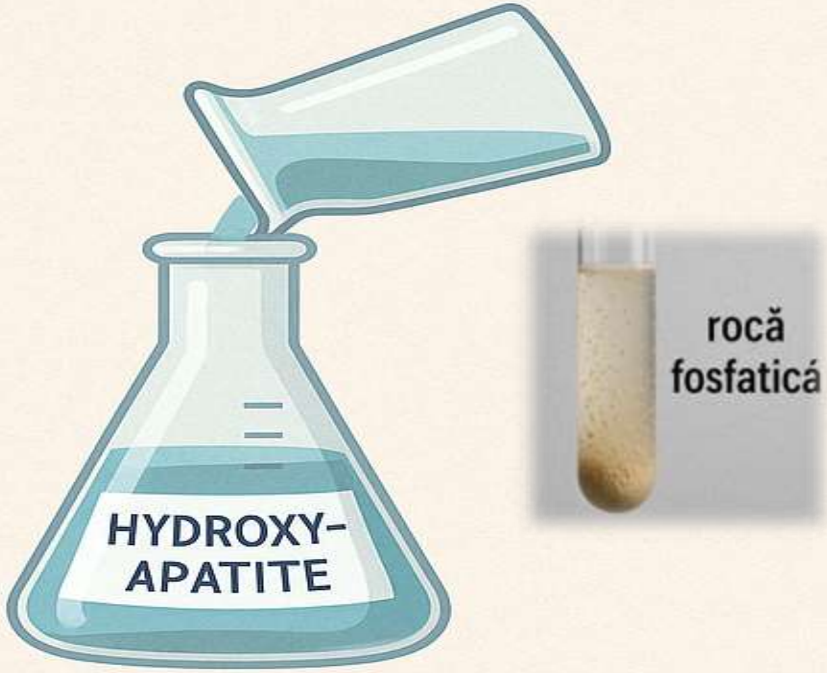
***Elaborarea protocoalelor și realizarea studiilor de cinetică chimică privind solubilizarea fosforului din două surse de origine naturala utilizând acizi organici solubilizatori (AOS) și hidrolizate proteice/peptide/aminoacizi (Ppa) - AOS_Ppa***

evoluția concentrației de fosfor extrasă la echilibru (QeE, mg P2O5/g sursa fosfatică) ***in functie de concentratia solutie de biostimulator utilizata;***




evoluția concentrației de fosfor extrasă la echilibru (QeE, mg P2O5/g sursa fosfatică) ***in functie de timpul de reactie al procesului de solubilizare.***



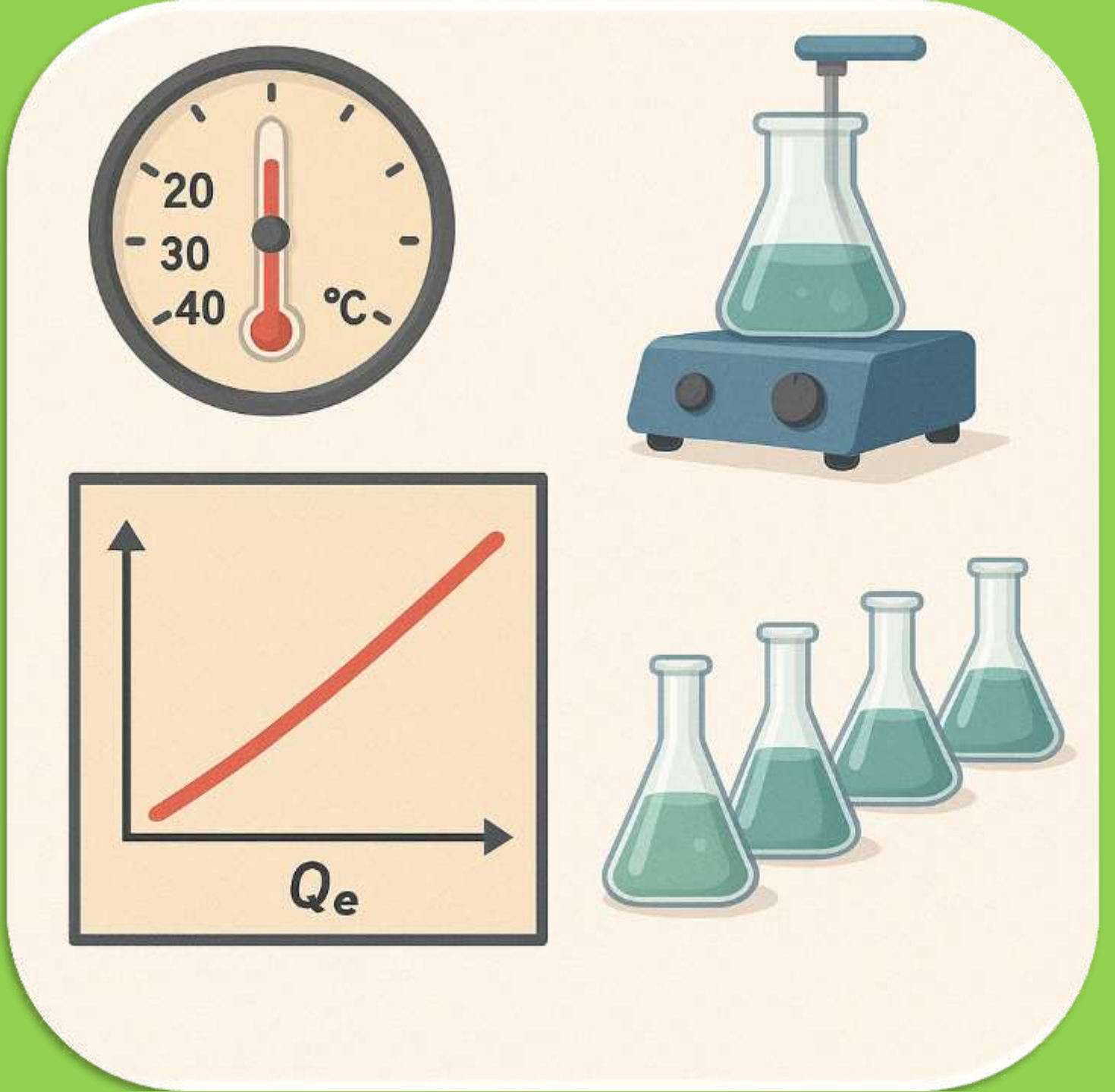
## *Studiu de cinetică chimică – Solubilizarea fosforului cu AOS_PpA*

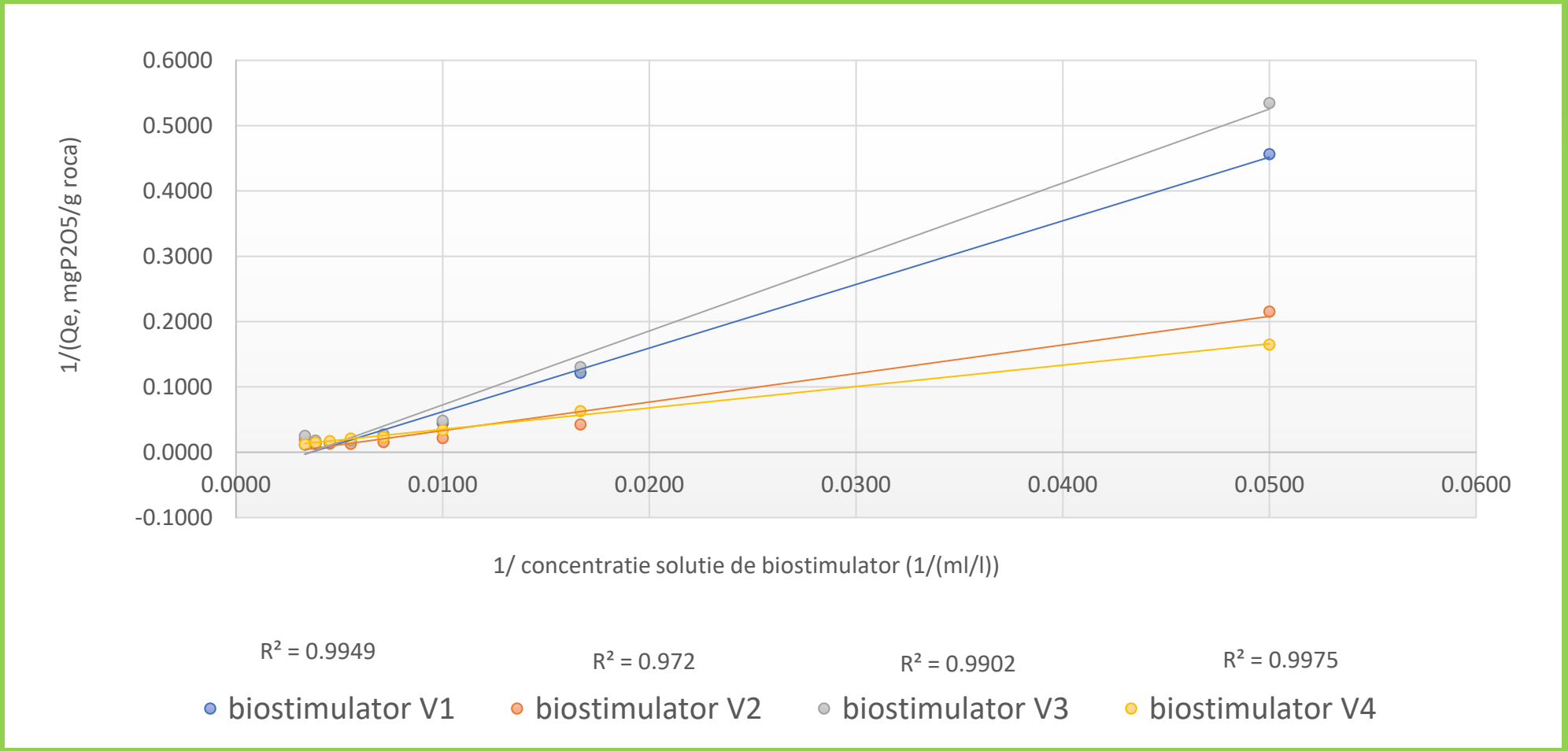
| Etapă | Descriere |
|---|---|
| **Obiectiv** | Analiza comportamentului fosforului extras din surse naturale sub acțiunea AOS și PpA |
| **Materiale utilizate** | - 2 surse de fosfor: Rocă fosfatică & Hidroxiapatită<br>- 12 acizi organici solubilizatori (AOS)<br>- Hidrolizate proteice/peptide/aminoacizi (PpA) |
| **Metoda de lucru** | Aplicarea protocoalelor experimentale pentru studiul solubilizării în funcție de: |
| 🔹 **Concentrația soluției de biostimulator** | Se evaluează **QeE** (mg $P_2O_5$/g sursă fosfatică) la **diferite concentrații** ale AOS_PpA |
| 🔹 **Timpul de reacție** | Se determină **QeE** în funcție de **durata procesului de reacție** |
| **Rezultat urmărit** | Obținerea curbe cinetice și a valorilor QeE la echilibru în diverse condiții experimentale |

Experimentul a fost desfășurat pe domeniul de concentratii 2-30%, timp de reacție 4 ore, la temperatura de 20-22$^0$C și sub agitare continuă.

4 variante de biostimulatori

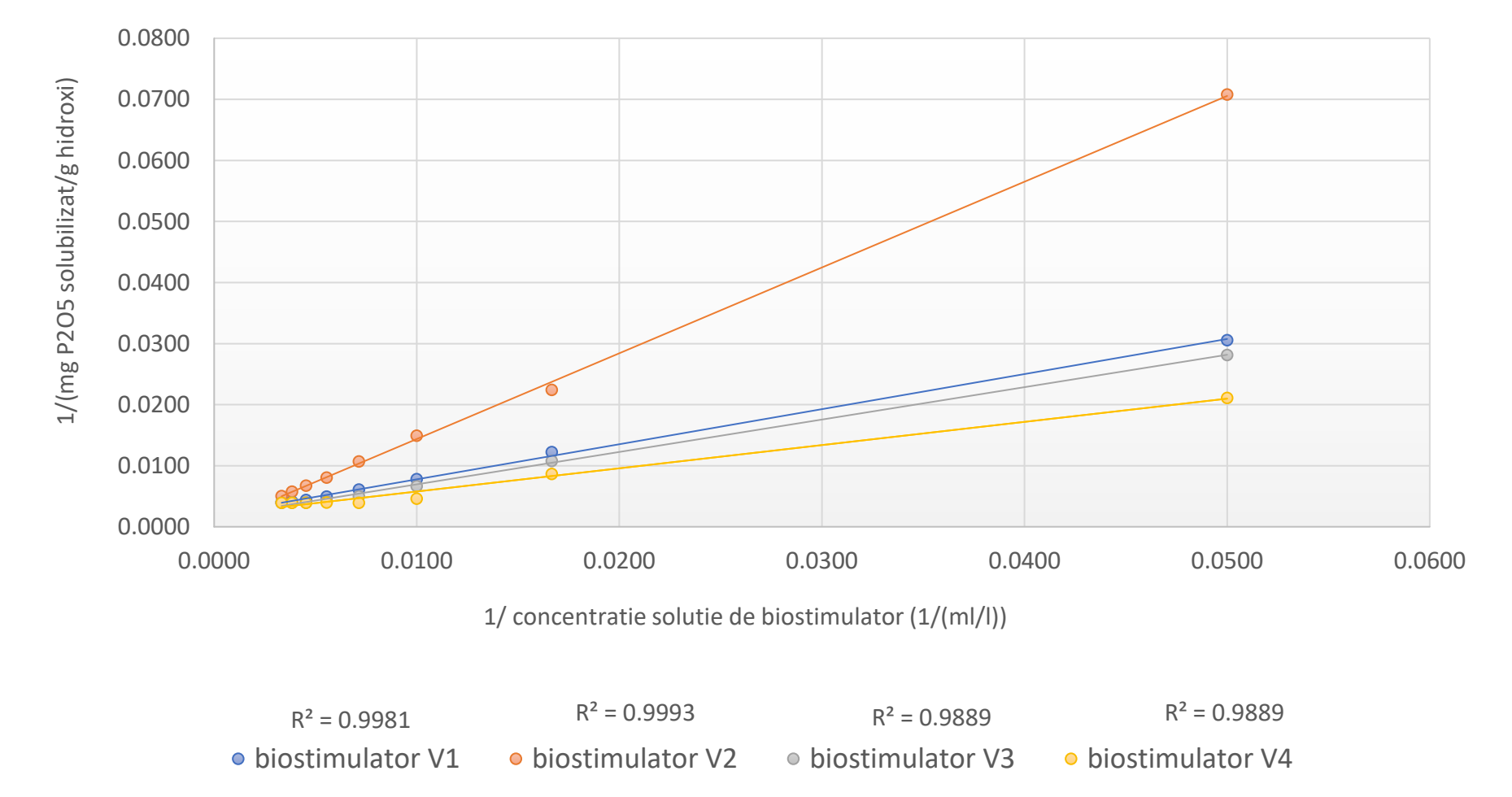
În domeniul de concentratii studiat, evoluția concentrației de fosfor extrasă la echilibru (QeE, mg P2O5/g sursa fosfatică) a fost descrisă utilizând o funcție liniară de tip Langmuir.






Ecuație liniară de tip Langmuir – Procesul de solubilizare a fosforului din **roca fosfatică** utilizand 4 variante experimentale de biostimulatori

Coeficient de determinare




Ecuație liniară de tip Langmuir – Procesul de solubilizare a fosforului din **hidroxiapatită** utilizand
4 variante experimentale de biostimulatori
Coeficient de determinare

S-au obținut valori foarte bune pentru coeficientul de determinare ($R^2$), astfel:

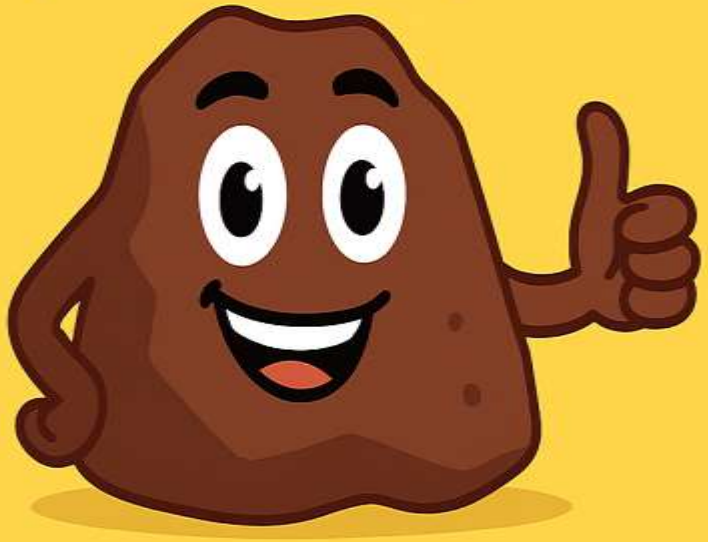
- pentru **roca fosfatică** valorile au fost cuprinse între 0,9902 pentru varianta V3 și 0,9975 pentru varianta V4.

- pentru **hidroxiapatita** valorile obținute s-au situat între 0,9889 pentru varianta V3 si V4 și 0,9993 pentru varianta V2

PHOSPHATE ROCK

$R^2$

0,9902-0,9975



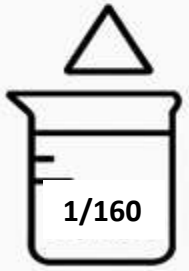
HYDROXYAPATITE

$R^2$

0.9889-0.9993

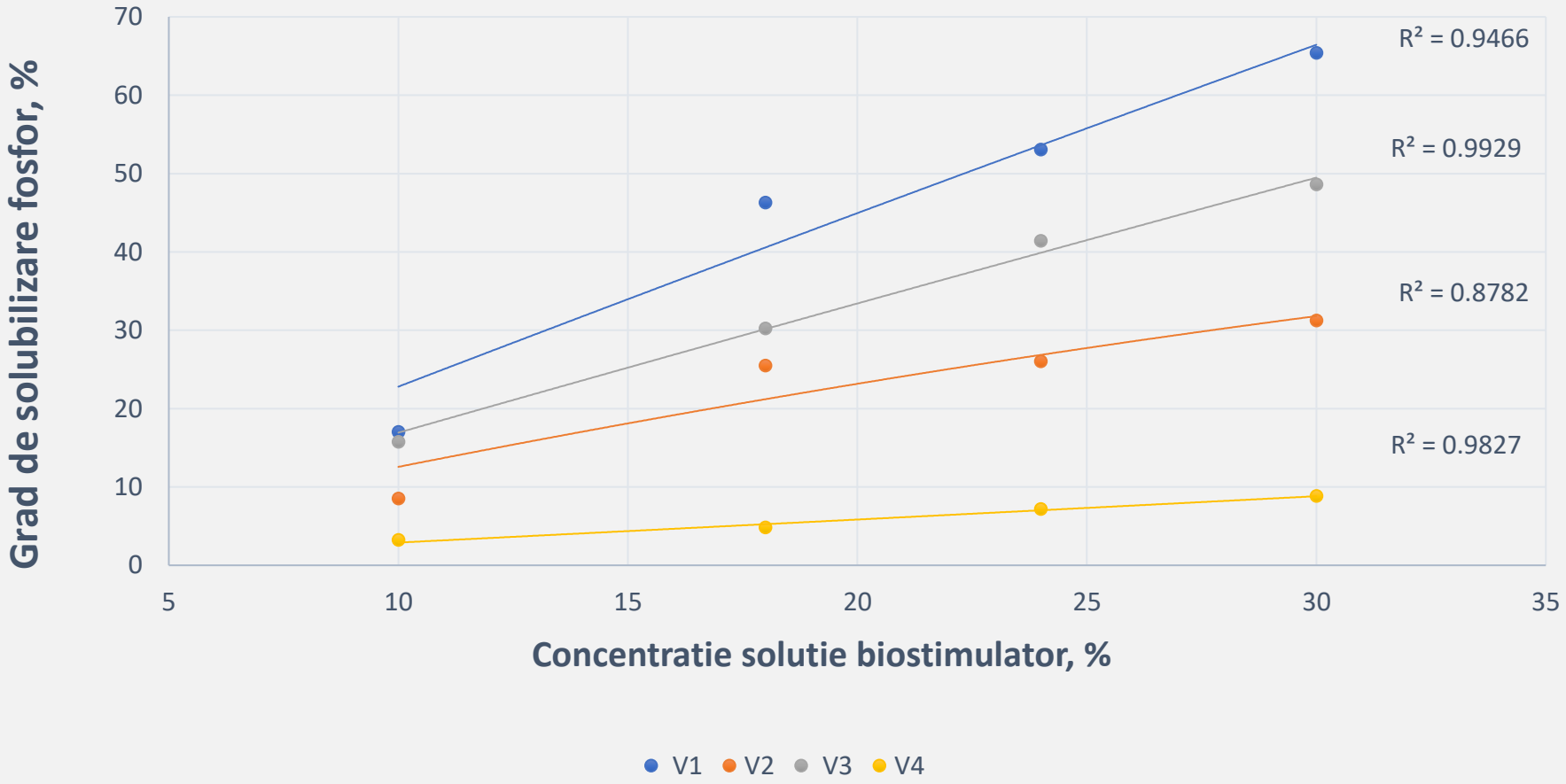
**Utilizând cele 4 formule de biostimulatori** s-a determinat și evaluat gradul de solubilizare a fosforului (%) din cele două surse, roca fosfatică și hidroxiapatita, folosind soluții cu concentrații cuprinse intre 10% –30%, un raport solid/lichid de 1/160, timp de reacție de 240 minute, la temperatura de 20-22°C și sub agitare continuă.

10%-30%

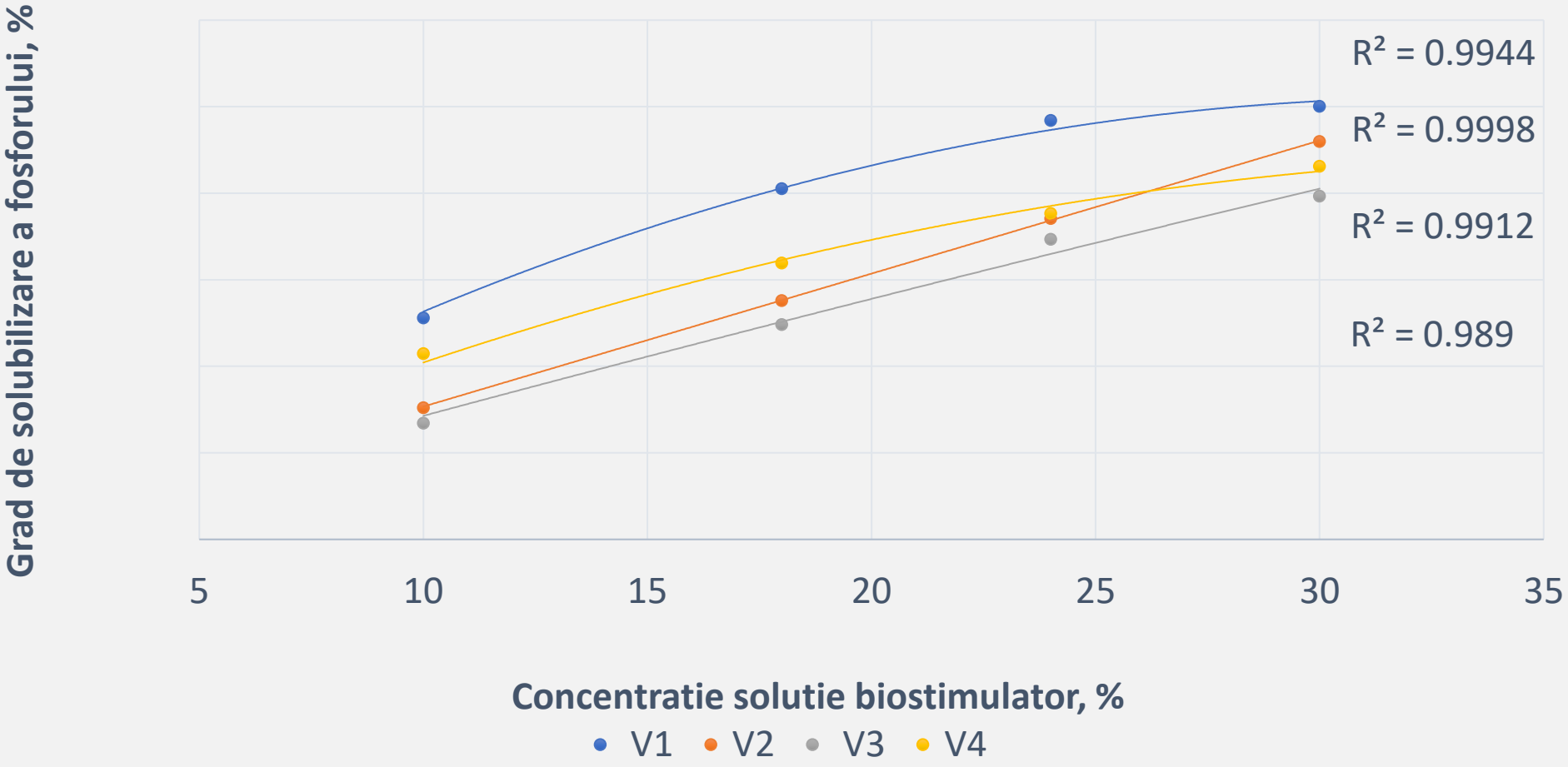


240 min

20–22°C




Gradul de solubilizare a fosforului (%) în funcție de concentrația soluției (**experiment pe roca fosfatică**).




Gradul de solubilizare a fosforului (%) în functie de concentrația soluției (**experiment pe hidroxiapatită**).

S-au obținut valori foarte bune pentru coeficientul de determinare ($R^2$), astfel:

În cazul solubilizării fosforului din roca fosfatică, $R^2$ a avut valori cuprinse între **0,8782 pentru varianta V2** și **0,9929 pentru varianta V3**, confirmând o **corelare puternică** între concentrația soluției de biostimulator și gradul de solubilizare a fosforului.

De asemenea, în cazul solubilizării fosforului din hidroxiapatită, $R^2$ a prezentat valori cuprinse între **0,989 pentru varianta V3** și **0,9998 pentru varianta V2**, ceea ce indică o **potrivire excelentă a modelului** aplicat relației dintre concentrația soluției și gradul de solubilizare a fosforului.

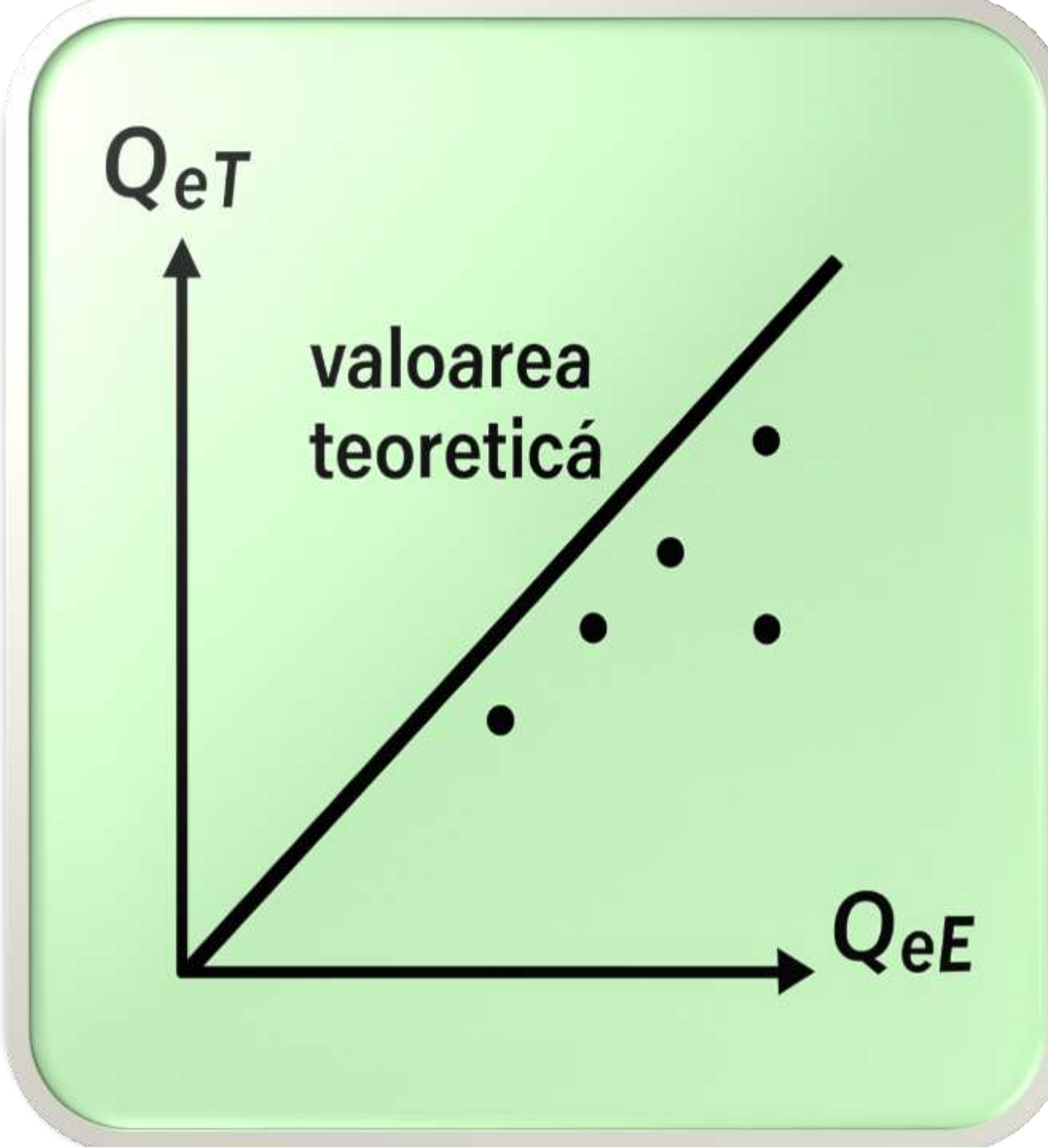
Capacitatea de solubilizare la echilibru (Qe, mg/g sursă de fosfor) a fost analizată în funcție de **timpul de reacție** utilizând 4 modele cinetice.

Ecuațiile cinetice utilizate pentru a descrie procesul solubilizării fosforului din cele două surse de fosfor de către acizii organici sunt următoarele:

| Modelele funcțiilor matematice utilizate pentru a descrie cinetica solubilizării fosforului | |
|---|---|
| **Modelul** | Ecuația cinetica |
| **Second order** | $\frac{1}{Q_t} = B + k_2 t$ |
| **Elovich** | $Q_t = \left(\frac{1}{\beta}\right) \ln(\alpha\beta) + \left(\frac{1}{\beta}\right) ln\ t$ |
| **Power function** | $ln\ Q_t = \ln a + b \ln t$ |
| **Second-order pseudo-kinetic model (Ho)** | $1/Qt = 1/ (k_2 Qe^2) + t/Qe$ |

Concordanța datelor obținute experimental (QeE) cu modelul de ecuație cinetică a fost evaluată în funcție de coeficientul său de determinare ($R^2$).

Utilizând parametrii vitezei de solubilizare a fosforului obținuți din ecuațiile cinetice liniarizate, **corelate prin ajustare**, au fost calculate *valorile concentrației teoretice de fosfor solubilizat la echilibru (QeT)* pentru fiecare model experimental, formulă de biostimulator și sursă de fosfor, iar ulterior acestea au fost comparate cu *valorile obținute experimental (QeE)*.



**Valorile obținute experimental** (QeE, mg $P_2O_5$/g rocă fosfatică) și

**calculate** (QeT, mg $P_2O_5$/g rocă fosfatică) .....

..... utilizând diferite **modele cinetice** și

**gradul de corelare** între acestea și modelul teoretic ($R^2$)

| Tip ecuație | Pseudo model de ord. 2, HO | | Ecuație Second order | | Ecuație Elovich | | Ecuație Power function | | Valori obt. exp. | Media val teoretice |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variantă biostimulator | QeT | $R^2$ | QeT | $R^2$ | QeT | $R^2$ | QeT | $R^2$ | *QeE* | *QeTm* |
| V1 | 37.31 | 0.9977 | 37.54 | 0.9193 | 25.03 | 0.9661 | 25.36 | 0.9798 | ***36.42*** | ***31.31*** |
| V2 | 78.12 | 0.9999 | 79.18 | 0.4927 | 71.93 | 0.8402 | 71.86 | 0.9623 | ***77.38*** | ***75.28*** |
| V3 | 35.21 | 0.9999 | 35.29 | 0.4122 | 34.57 | 0.7243 | 34.57 | 0.7228 | ***35.16*** | ***34.91*** |
| V4 | 52.63 | 0.9994 | 54.29 | 0.6719 | 42.66 | 0.9810 | 42.29 | 0.9623 | ***51.44*** | ***47.97*** |

**Media valorilor obtinute experimental QeE**

## V1

Experimental
36,42

Theoretic
31,31

## V2

Experimental
77,38

Theoretic
75,28

## V3

Experimental
35,16

Theoretic
34,91

## Rocá fosfaticá

Experimental
51.44

V4

Theoretic
47,97

**Media valorilor teoretice QeTm**

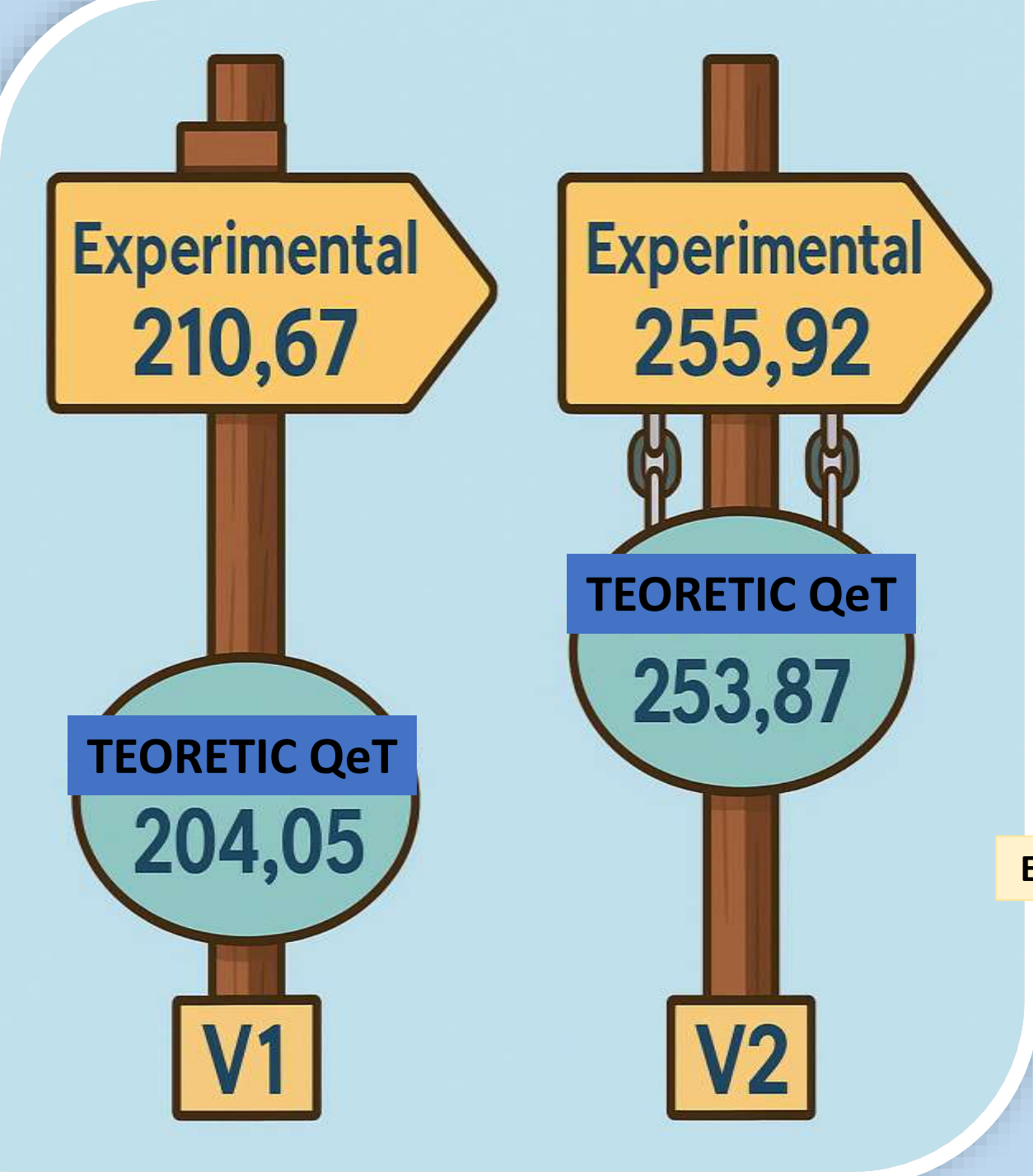
**Valorile obținute experimental** (QeE, mg $P_2O_5$/g hidroxiapatită) și

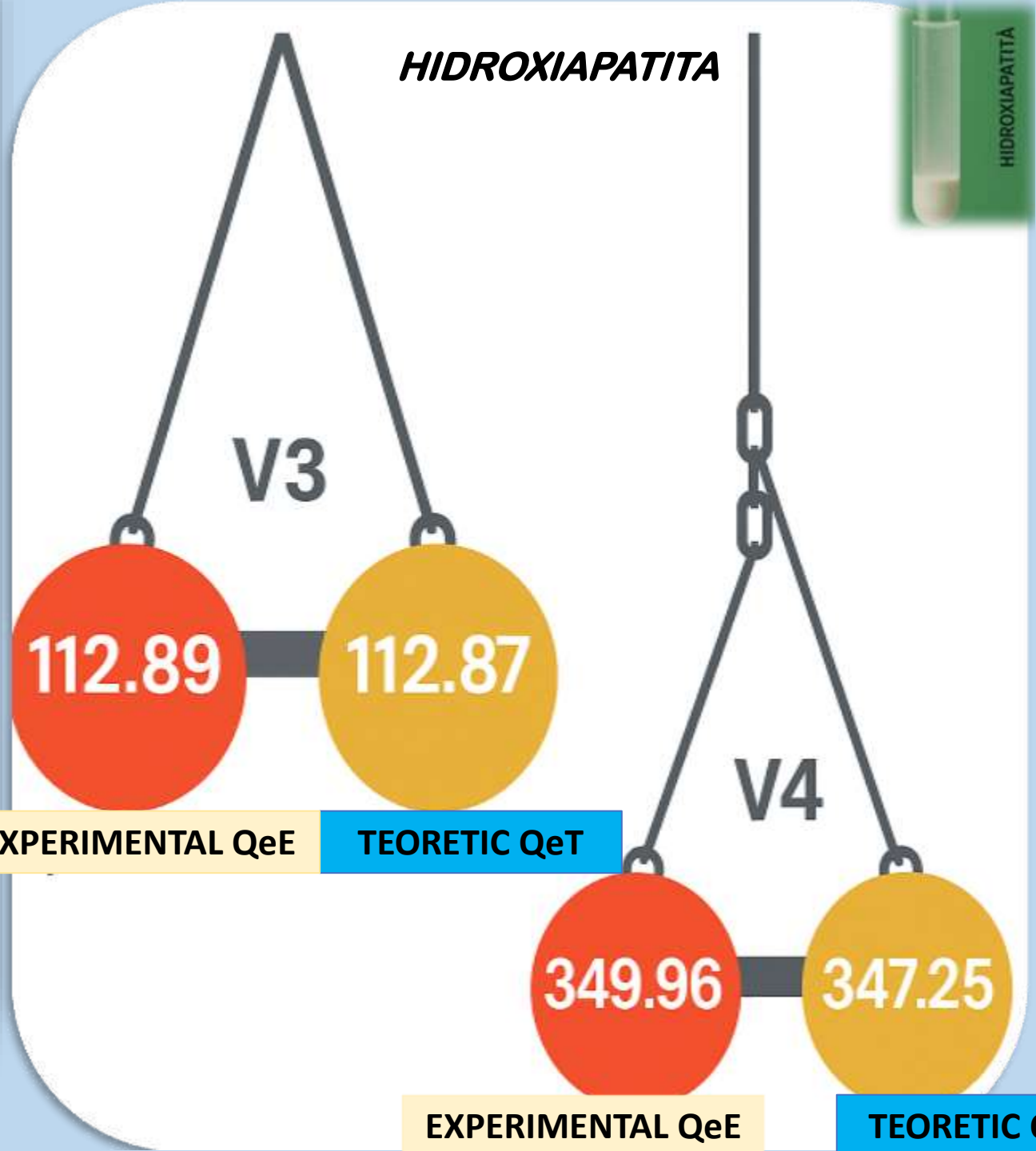
**calculate** (QeT, mg $P_2O_5$/g hidroxiapatită) .....

..... utilizând diferite **modele cinetice** și

**gradul de corelare** între acestea și modelul teoretic ($R^2$)

| Tip ecuație | Pseudo model de ord. 2, HO | | Ecuație Second order | | Ecuație Elovich | | Ecuație Power function | | Valori obt. exp. | Media val teoretice |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Varianta | QeT | $R^2$ | QeT | $R^2$ | QeT | $R^2$ | QeT | $R^2$ | **QeE** | **QeTm** |
| V1 | 212.766 | 0.9993 | 211.30 | 0.6504 | 196.06 | 0.9199 | 196.09 | 0.9199 | **210.67** | **204.05** |
| V2 | 256.410 | 0.9999 | 259.01 | 0.8000 | 250.06 | 0.9497 | 250.01 | 0.9495 | **255.92** | **253.87** |
| V3 | 113.636 | 0.9995 | 113.17 | 0.7050 | 107.66 | 0.9676 | 117.05 | 0.9627 | **112.89** | **112.87** |
| V4 | 357.143 | 0.9994 | 351.89 | 0.6763 | 340.02 | 0.9294 | 339.94 | 0.9272 | **349.96** | **347.25** |


Experimental
210,67
TEORETIC QeT
204,05
V1
Experimental
255,92
TEORETIC QeT
253,87
V2

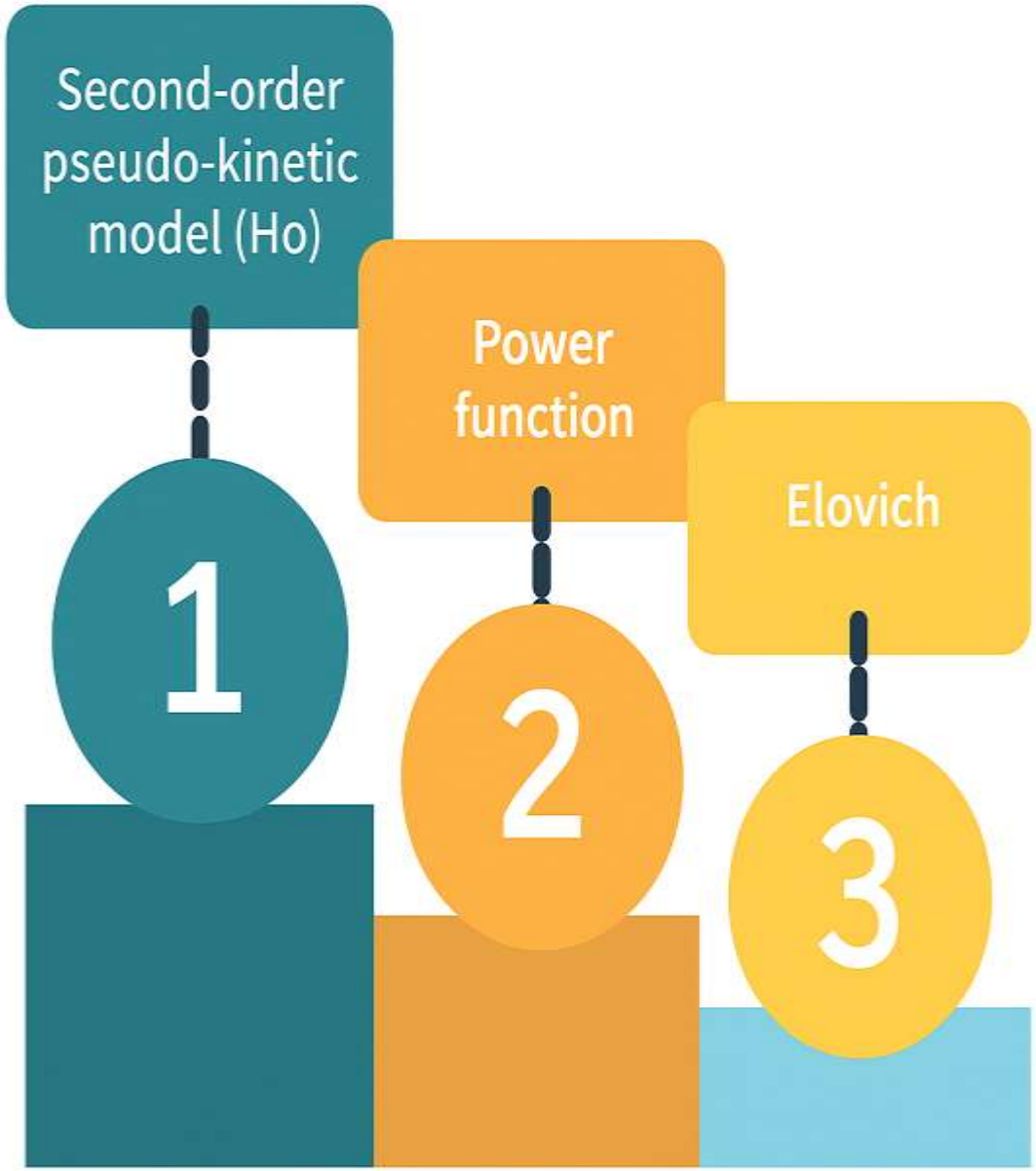

HIDROXIAPATITA
V3
112.89
112.87
EXPERIMENTAL QeE
TEORETIC QeT
V4
349.96
347.25
EXPERIMENTAL QeE
TEORETIC

📊 **Corelarea valorilor teoretice (QeTm) cu valorile experimentale (QeE)**

🔬 **Raportul QeTm / QeE pentru cele 4 variante de biostimulatori:**

| Sursa de fosfor | Interval QeTm / QeE |
|---|---|
| Rocă fosfatică | între **0,8598** (V1) și **0,9929** (V3) |
| Hidroxiapatită | între **0,9686** (V1) și **0,9998** (V3) |

✅ **Interpretare:**
Valorile apropiate de 1 indică o **foarte bună concordanță** între modelele teoretice și rezultatele experimentale, confirmând **validitatea experimentului** și **relevanța modelelor cinetice aplicate**.




Cea mai bună **concordanța a datelor obținute experimental (QeE) cu modelul teoretic de ecuație cinetică, în funcție de coeficientul său de determinare ($R^2$),** atât pentru experimente efectuate pe rocă fosfatică cât și hidroxiapatită, s-a obtinut în cazul modelului Second-order pseudo-kinetic model (Ho), .....urmat de Power function, .....Elovich și Second order.

Raportul intre media valorilor teoretice obtinute prin aplicarea celor 4 modele matematice (QeTm) si

valoarea obtinuta experimental (QeE) pentru fiecare varianta de biostimulator s-a situat pentru :

- roca fosfatica intre 0.86 (V1) si 0.99 (V3) ;
- hidroxiapatita între 0.97 (V1) si 0.99 (V3),

| Tip ecuație | Pseudo model de ord. 2 , HO | Ecuație Second order | Ecuație Elovich | Power function | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Varianta | Raport QeT / QeE, rocă fosfatica | | | | MIN | MAX |
| V1 | 1,0244 | 1,0305 | 0,6873 | 0,6962 | 0,6873 | 1,0305 |
| V2 | 1,0097 | 1,0233 | 0,9297 | 0,9287 | 0,9287 | 1,0233 |
| V3 | 1,0015 | 1,0036 | 0,9832 | 0,9832 | 0,9832 | 1,0036 |
| V4 | 1,0233 | 1,0555 | 0,8293 | 0,8222 | 0,8222 | 1,0555 |
| | | | | | | |
| | | | | | 0,6873 | 1,0555 |

Raportul intre media valorilor teoretice obtinute prin aplicarea celor 4 modele matematice (QeTm) si valoarea obtinuta experimental (QeE) pentru fiecare varianta de biostimulator s-a situat pentru :

- roca fosfatica intre 0.6873 (V1) si 1,0555 (V4);
- hidroxiapatita între 0.9306 (V1) si 1,0368 (V3).

| Tip ecuație | Pseudo model de ord 2., HO | Ecuație Second order | Ecuație Elovich | Power function | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Varianta | Raport QeT / QeE, hidroxiapatită | | | | MIN | MAX |
| V1 | 1,0099 | 1,003 | 0,9306 | 0,9308 | 0,9306 | 1,0099 |
| V2 | 1,0019 | 1,012 | 0,9771 | 0,9769 | 0,9769 | 1,012 |
| V3 | 1,0066 | 1,0025 | 0,9537 | 1,0368 | 0,9537 | 1,0368 |
| V4 | 1,0205 | 1,0055 | 0,9716 | 0,9714 | 0,9714 | 1,0205 |
| | | | | | | |
| | | | | | 0,9306 | 1,0368 |

**Testele preliminare în laborator pe „minicoloane de sol” pentru a evalua capacitatea de solubilizare a fosforului (studiu „in vitro”).**

Conditii experimentale:

- două surse naturale de fosfor (rocă fosfatică pentru V1, și V3 și hidroxiapatită pentru V2 și V4);
- 4 variante de biostimulatori;
- 1 inocul (*Bacillus megaterium*) produs comercial utilizat;
- cantitatea de sol in coloane: 350 g;
- cantitatea de fertilizant fosfatic (roca/hidroxiapatita)/vas: 250 mg;
- numar de repetitii 2;
- timp de desfasurare: 5 saptamani;
- numar de aplicari biostimulator/inocul: 3;
- aplicare biostimulatori; solutie de 6%;
- aplicare inocul; solutie de 1.25%;
- levigatul colectat saptamanal.

În cadrul experimentului, toate cele patru variante de biostimulatori au avut la bază **acizi organici solubilizatori (AOS)** și **amestecuri de proteine/peptide/aminoacizi (Ppa)**.

Aceste formule au fost **aplicate peste coloane de sol care conțineau una dintre cele două surse de fosfor**.

- Pentru **V1 și V3**, sursa de fosfor utilizată în coloane a fost **rocă fosfatică**.
- Pentru **V2 și V4**, sursa de fosfor utilizată în coloane a fost **hidroxiapatita**.
- Obiectivul acestui experiment a fost de a evalua influența biostimulatorilor pe bază de acizi organici și peptide asupra mobilizării nutrienților (N, P, K) prin aplicarea a două surse naturale de fosfor (rocă fosfatică și hidroxiapatită), prin analiza cantității de elemente levigate și potențial disponibile pentru plante.
- Aceste rezultate au fost analizate pe două surse de sol:

**Albota** – sol cu reacție acidă, pH 5,48, fosfor mobil redus (PAL = 40 mg/kg).

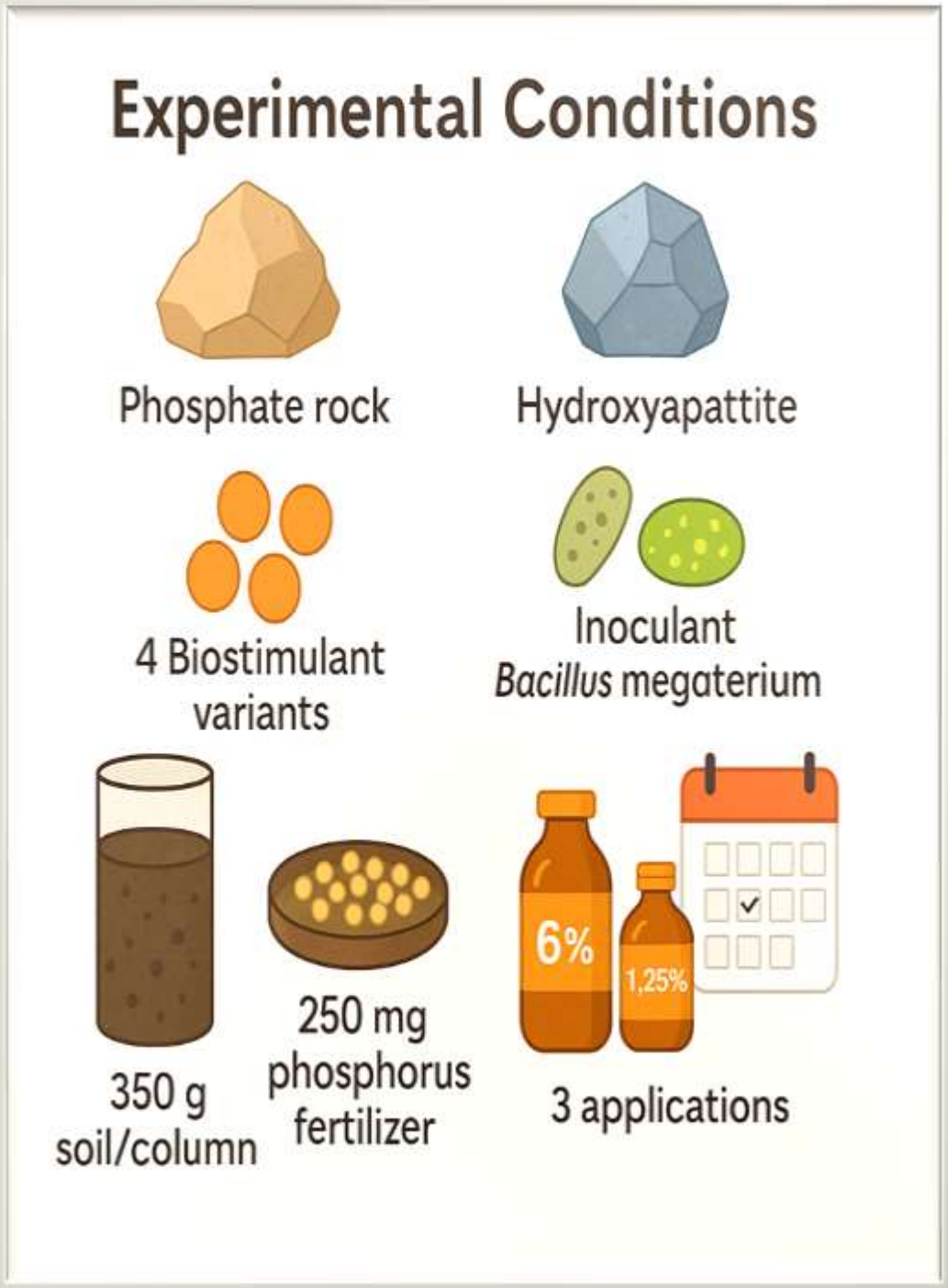
**Fundulea** – sol cu reacție alcalină, pH 7,69, fosfor mobil crescut (PAL = 89 mg/kg).

## ⚙️ Condiții experimentale – Solubilizarea fosforului în sol

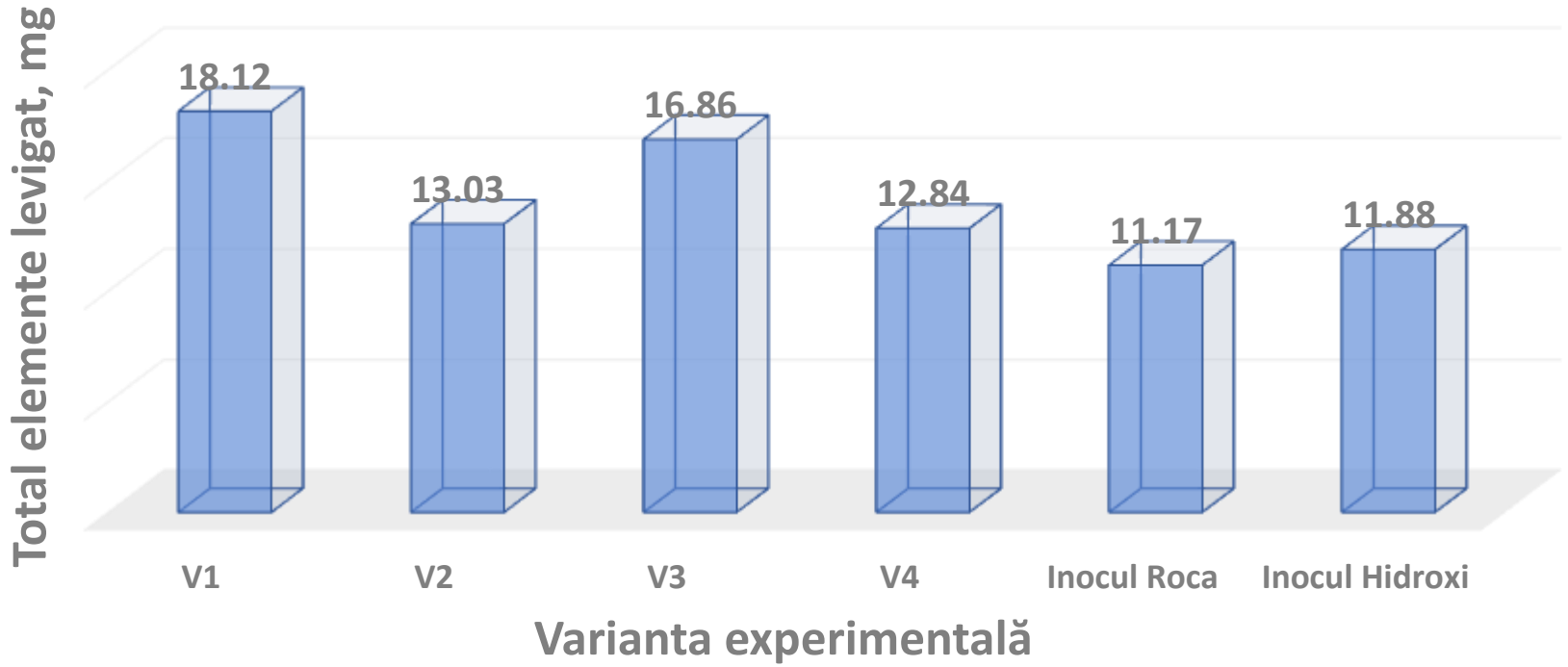
| Categorie | Detalii |
|---|---|
| 🔬 **Surse de fosfor** | - Rocă fosfatică (V1, V3)<br>- Hidroxiapatită (V2, V4) |
| 🌿 **Biostimulatori** | 4 variante experimentale |
| 🦠 **Inocul utilizat** | *Bacillus megaterium* |
| ⚖️ **Cantități pe coloană** | - Sol: 350 g<br>- Fertilizant (rocă/hidroxiapatită): 250 mg |
| ⏳ **Durata experimentului** | - Primele analize: după 5 săptămâni<br>- Test final: la 13 săptămâni |
| 💧 **Aplicări** | - Biostimulator: 3 aplicări (soluție 6%)<br>- Inocul: 3 aplicări (soluție 1,25%) |
| 🧪 **Colectare levigat** | Săptămânal |

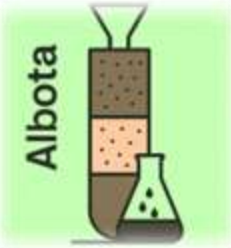
# Caracteristicile fizico-chimice pentru solurile utilizate in experiment

| Identificare sol | Determinari efectuate | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pH | Humus | Nt | $P_{AL}$ | $P_{AL}$[1] | $K_{AL}$ | Rez. cond. |
| | unități pH | % | % | mg/kg | | | mg/100 g |
| **Sol – Albota (tip luvosol albic stagnic)** | 5.48 | 2.42 | 0.169 | 40 | 40 | 176 | 16 |
| **Sol – Fundulea (tip sol cernoziom cambic)** | 7.69 | 3.35 | 0.175 | 89 | 57 | 181 | 41 |

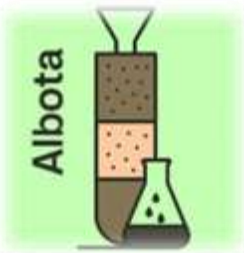


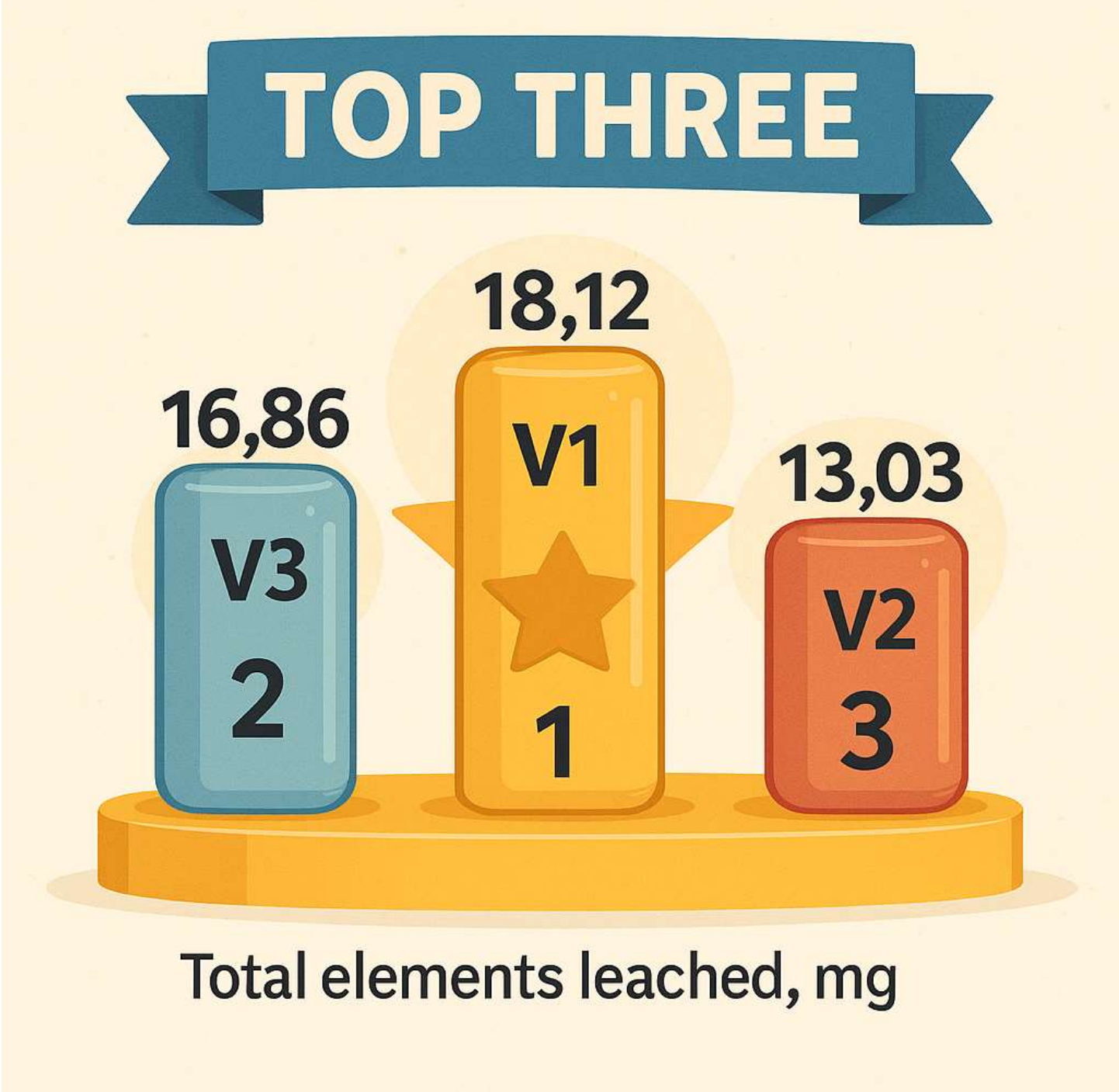
Totalul elementelor levigate (*suma N+P+K, mg*)
în funcție de varianta de biostimulator aplicată pe solul Albota.



Totalul elementelor
levigate
(*suma N+P+K, mg*)
în funcție de varianta de
biostimulator aplicată
pe solul Albota.

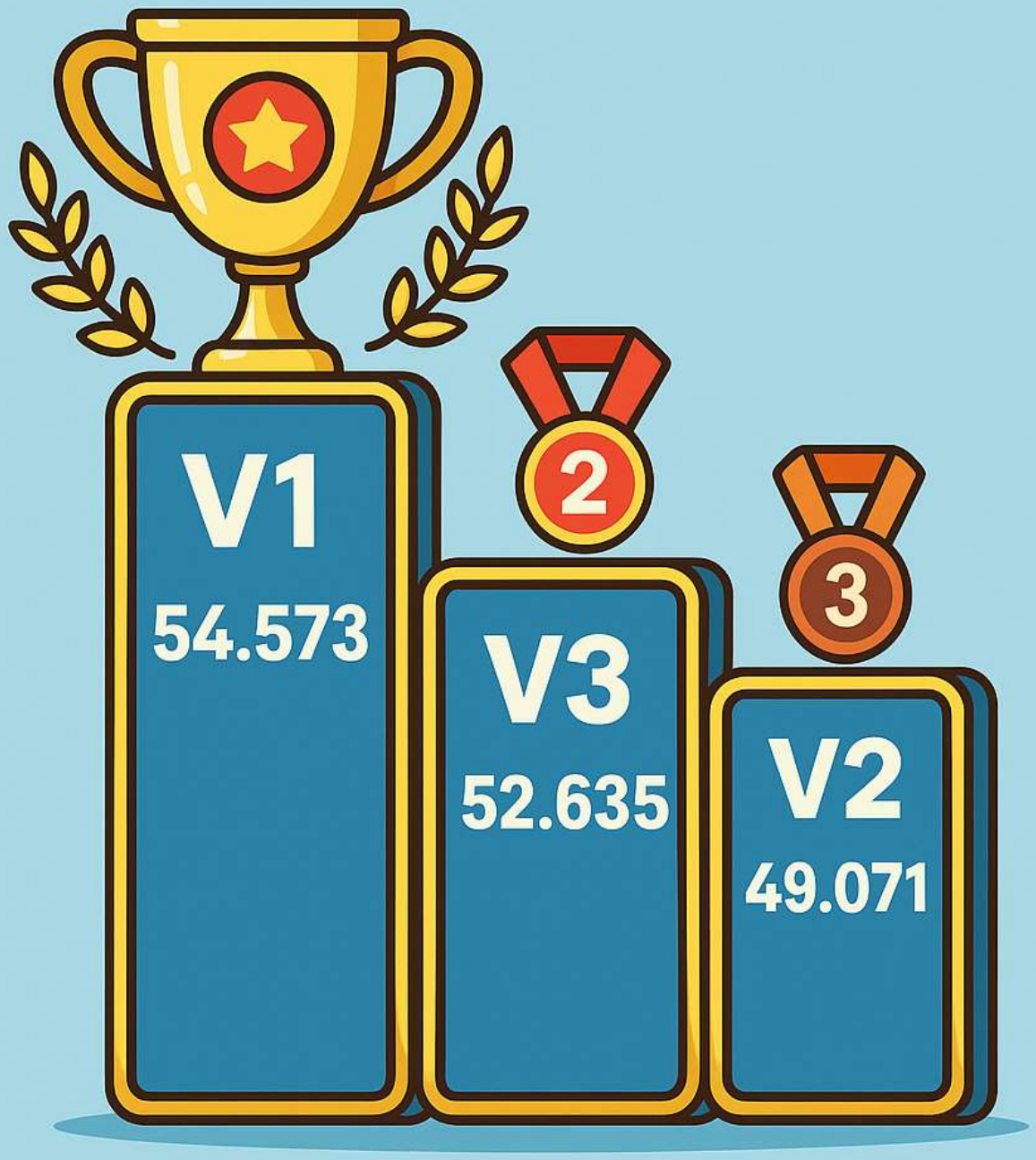


Totalul elementelor levigate (*suma N+P+K, mg*)
în funcție de varianta de biostimulator aplicată pe solul Fundulea.

Fundulea

Totalul elementelor levigate
(*suma N+P+K, mg*)
în funcție de varianta de
biostimulator aplicată pe solul
Fundulea

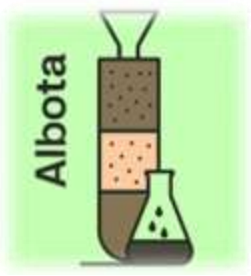



Fundulea

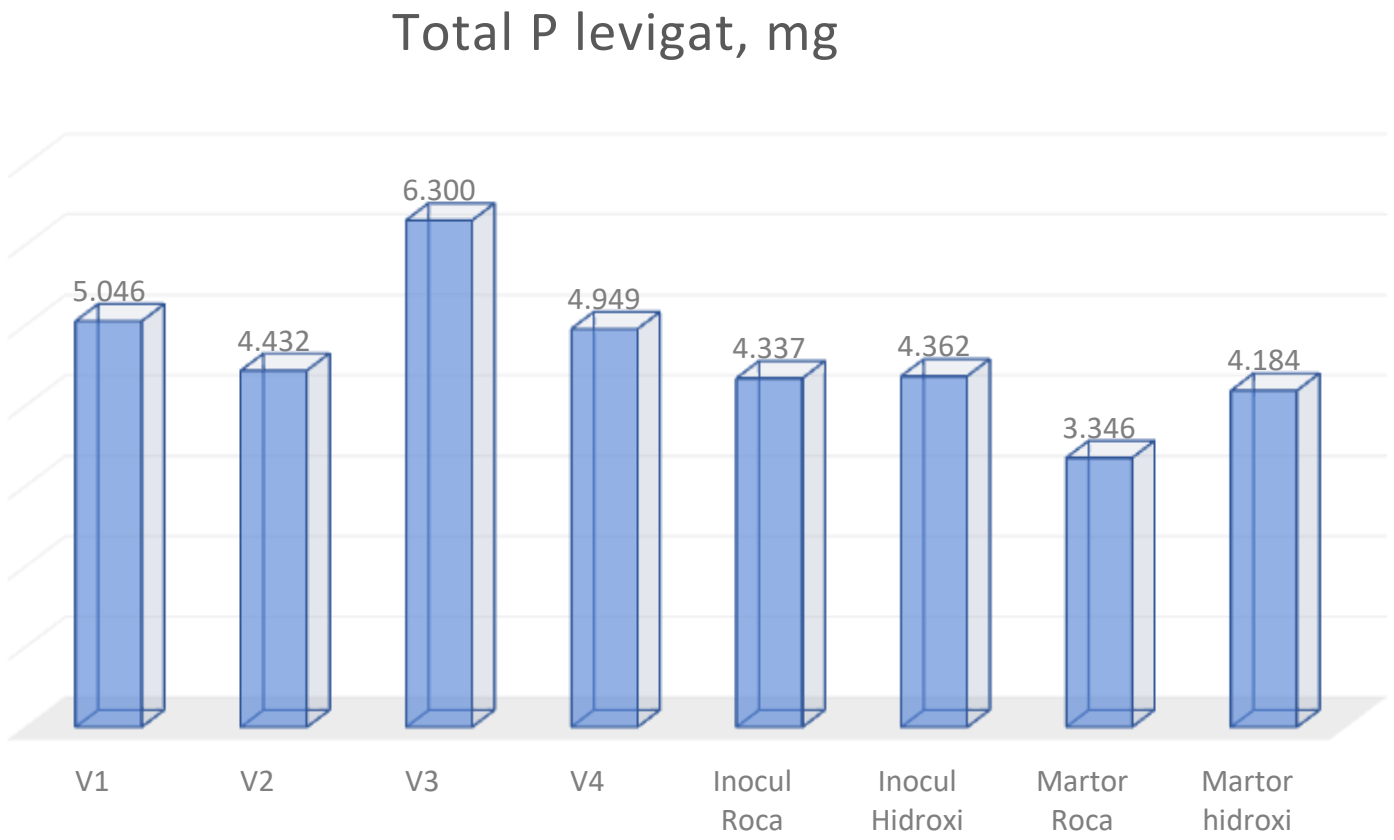
## 📊 1. Total elemente levigate (mg N+P+K)

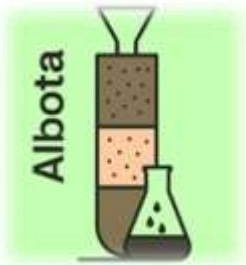
| Sol | V1 (rocă fosfatică) | V3 (rocă fosfatică) |
|---|---|---|
| Fundulea | 54,57 | 52,63 |
| Albota | 18,12 | 16,86 |

🟢 **Concluzie**:
Atât pe solul acid (Albota), cât și pe solul alcalin (Fundulea), **V1 solubilizează și mobilizează mai eficient elementele NPK** comparativ cu V3, ceea ce indică o **reactivitate mai mare a compușilor din formularea V1 asupra solului fertilizat cu roca fosfatică**.

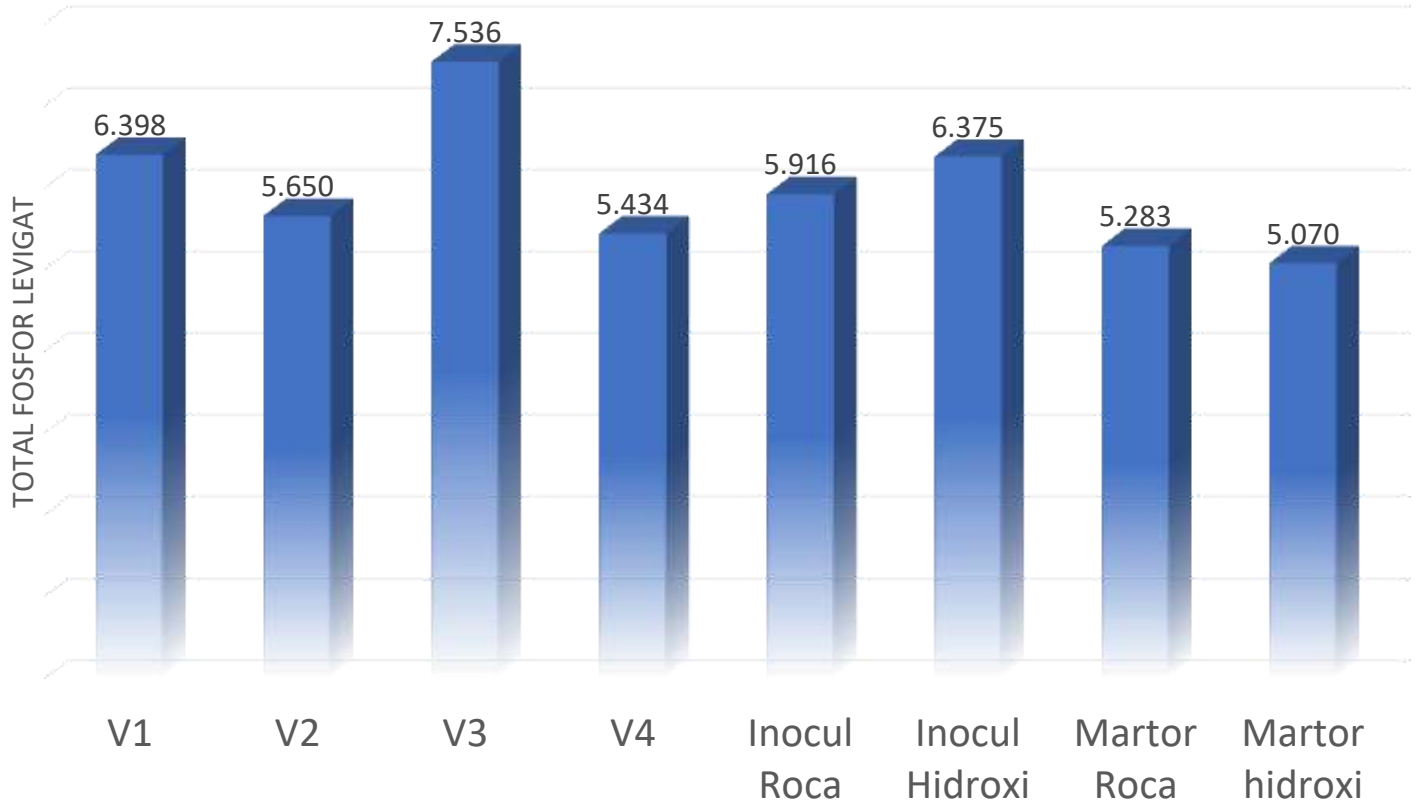


Total fosfor levigat (mg) in funtie varianta de biostimulator aplicata (sol Albota)



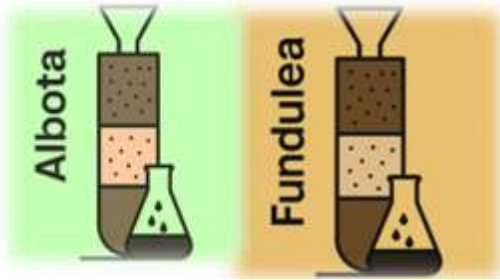
Total fosfor levigat (mg) in functie varianta de biostimulator aplicata (sol Fundulea)



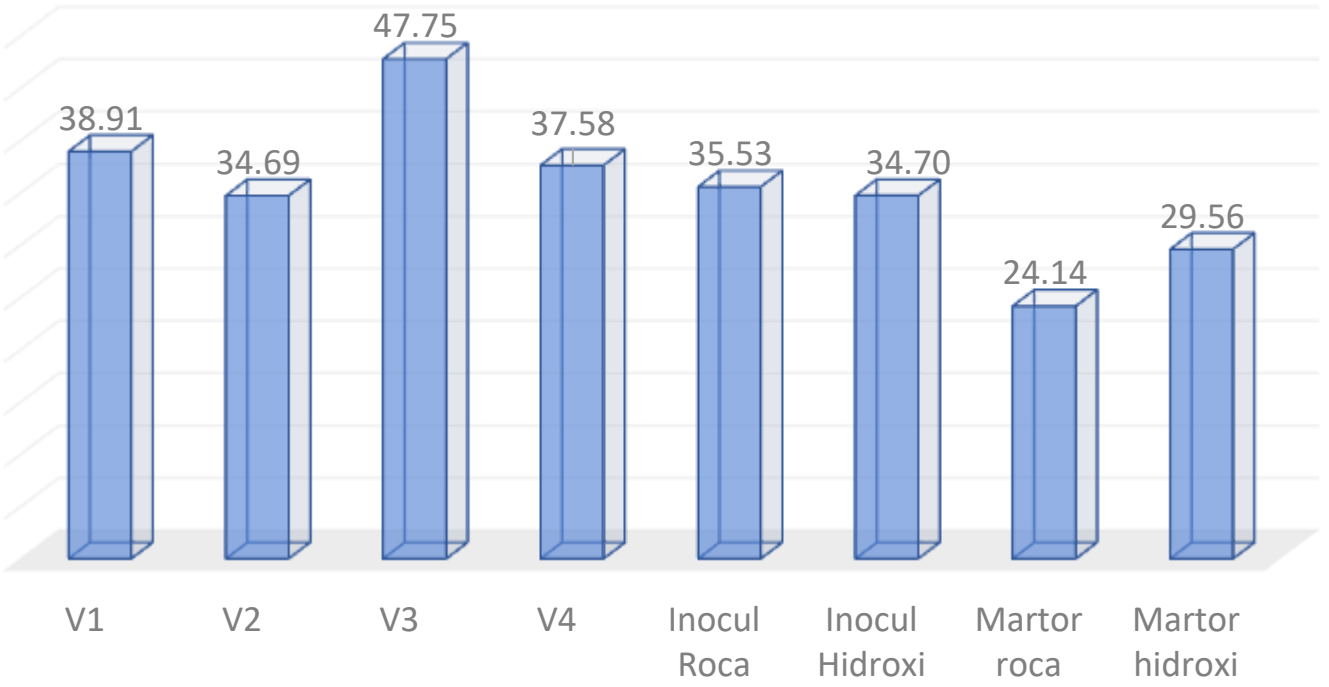
## 📈 2. Total fosfor levigat (mg)

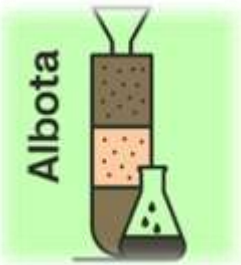
| Sol | V1 (rocă fosfatică) | V3 (rocă fosfatică) |
|---|---|---|
| Fundulea | 6,40 | 7,54 |
| Albota | 5,05 | 6,30 |

🟢 **Concluzie**:
**V3 conduce în ambele soluri**, ceea ce sugerează că **formularea sa acționează mai eficient asupra rocii fosfatice**, facilitând solubilizarea și levigarea fosforului pentru ambele surse de sol

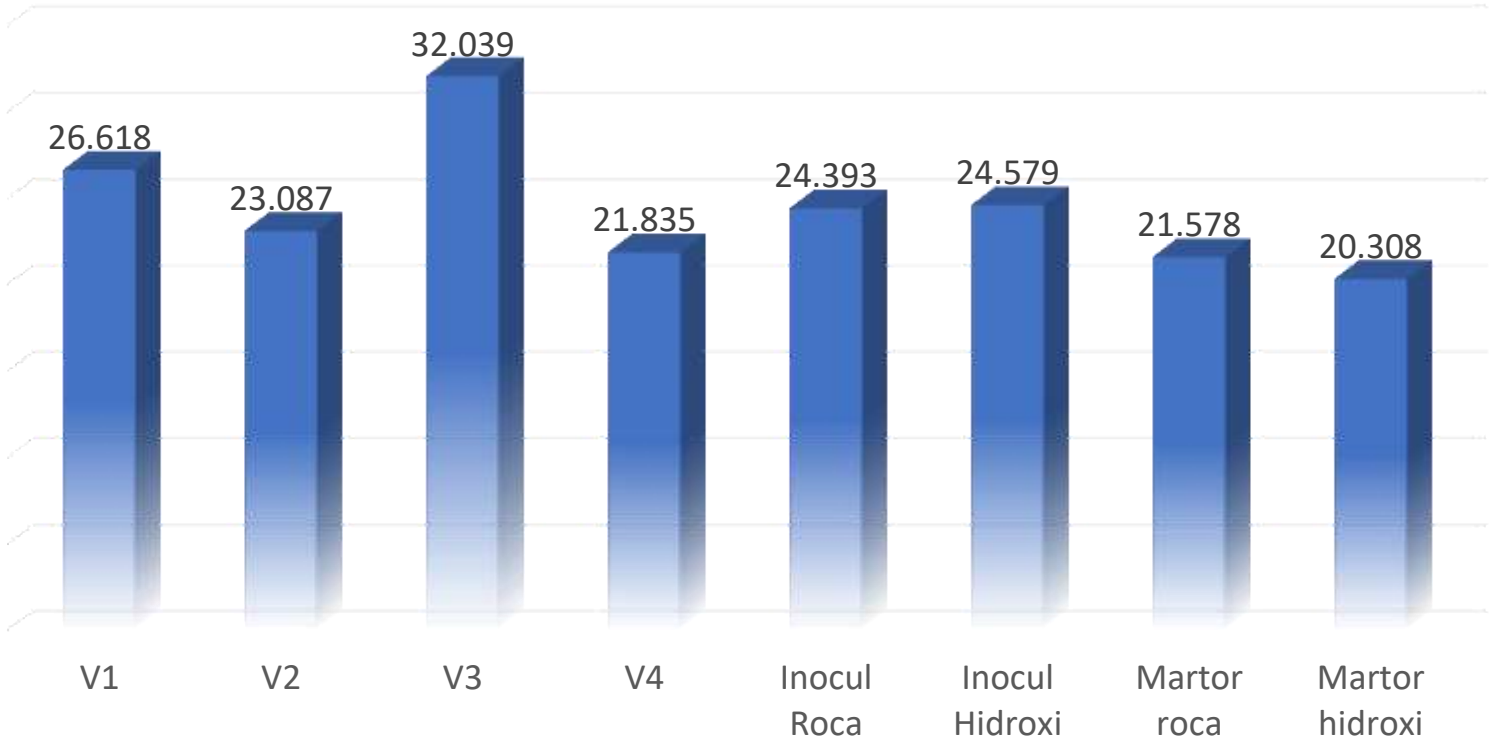


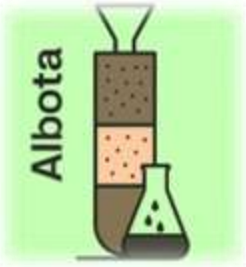
Totalul fosforului levigat ca procent (%) din fosforul mobil, în solul Albota.



Totalul fosforului levigat ca procent (%) din fosforul mobil, în solul Fundulea.





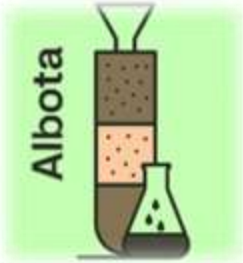

## 3. Fosfor levigat (% din fosforul mobil)

| Sol | V1 (rocă fosfatică) | V3 (rocă fosfatică) |
|---|---|---|
| Fundulea | 26,62 | 32,04 |
| Albota | 38,91 | 47,75 |

**Concluzie**:

Pe ambele soluri, **V3 are o eficiență** superioară în mobilizarea fosforului din forma sa slab solubilă raportat la fosforul mobil din roca fosfatică.

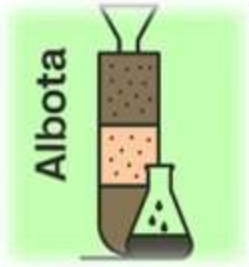
# 🎯 Recomandări aplicative pe tip de sol:



| Sol | pH | Recomandare biostimulator | Motiv |
|---|---|---|---|
| **Albota** | 5.48 | V3 | Eficient pe sol acid → maximizează levigarea totală și utilizarea P |
| **Fundulea** | 7.69 | | Potrivit pentru sol ușor alcalin → cele mai mari valori de levigare fosfor și NPK |

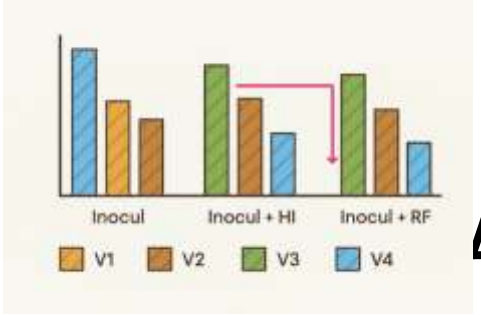
# Performanță biostimulatori (sol Albota)

| Variante biostimulatori | NPK levigat (mg) | P total levigat (mg) | P din P mobil levigat (%) |
|---|---|---|---|
| V1 | 18,12 | **5,1** | **38,9** |
| V3 | 16,86 | **6,3** | **47,8** |
| V2 | 13,03 | **4,4** | **34,7** |
| V4 | 12,84 | **4,9** | **37,6** |



# Performanță biostimulatori (sol Fundulea)

| Variante biostimulatori | NPK levigat (mg) | P total levigat (mg) | P din P mobil levigat (%) |
|---|---|---|---|
| **V1** | 54,6 | 6,4 | 26,6 |
| **V3** | 52,6 | 7,5 | 32,0 |
| **V2** | 49,1 | 5,7 | 23,1 |
| **V4** | 41,0 | 5,4 | 21,8 |




## *Despre inoculul Bacillus megaterium*

➡️ **Deși inoculul a contribuit la mobilizarea fosforului și elementelor nutritive, în toate tipurile de evaluări a fost depășit de variantele experimentale V1 ÷ V4, indiferent de sol sau parametru. Inoculul + Hidroxiapatită s-a dovedit ușor mai performant decât Inocul + Roca fosfatică, dar în niciun caz mai eficient decât biostimulatorii.**

➡️ **Aceste rezultate susțin ipoteza conform căreia formulele experimentale (V1 ÷ V4), conținând amestecuri sinergice de AOS și Ppa, oferă o alternativă superioară față de aplicarea simplă a unui inocul biologic, în ceea ce privește eficiența agronomică**.

# Context experimental – Testare biostimulatori

- **4 formule biostimulatori** testate în condiții controlate

**Culturile vizate**: vinete și tomate

Comparație cu:

- **Inocul comercial** (Bacillus megaterium, 0,2%)
- **Martor netratat** (cu biostimulatori)
- **Martor nefertilizat** (fără fosfor)

**Fertilizarea de bază**

- **Surse de fosfor**:
  - Roca fosfatică
  - Hidroxiapatită

**Doză aplicată**: 2,5 g/plantă

- Aplicare la **înființarea culturii**

Aplicarea **tratamentelor**

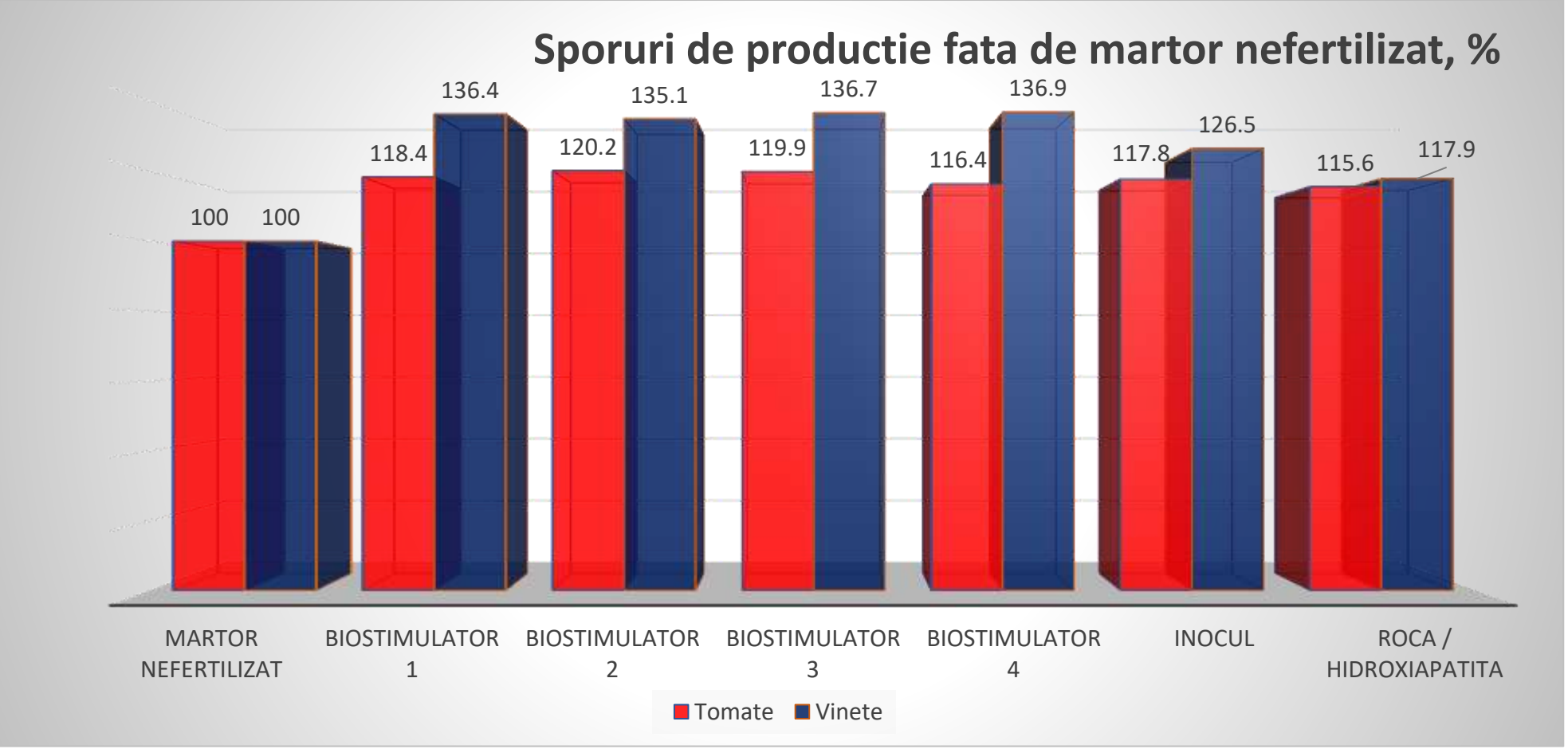
- **Inocul comercial**: soluție 0,2%
- **Biostimulatori**: soluții 1%

| Identificare | Încercări efectuate | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pH | Humus | Nt | $P_{AL}$ | $P_{AL}$ 1 | $K_{AL}$ | Zn | Cu | Fe | Mn | Mg accesibil |
| | unități pH | % | % | mg/kg | | | | | | | mg/100 g |
| Sol nefertilizat | 8.10 | 5.78 | 0.31 | 503 | 230 | 502 | 14.2 | 6.3 | 9.01 | 11.5 | 90.2 |

Caracteristicile fizico-chimice pentru sol utilizat in testarea biostimulatorilor la **cultura de tomate cultivate in spatiu protejat**

| Identificare | Încercări efectuate | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pH | Humus | Nt | $P_{AL}$ | $P_{AL}$ 1 | $K_{AL}$ | Zn | Cu | Fe | Mn | Mg accesibil |
| | unități pH | % | % | mg/kg | | | | | | | mg/100 g |
| Sol nefertilizat | 7.08 | 1.75 | 0.141 | 239 | 202 | 197 | 59.0 | 8.5 | 23.5 | 14.7 | 30.9 |

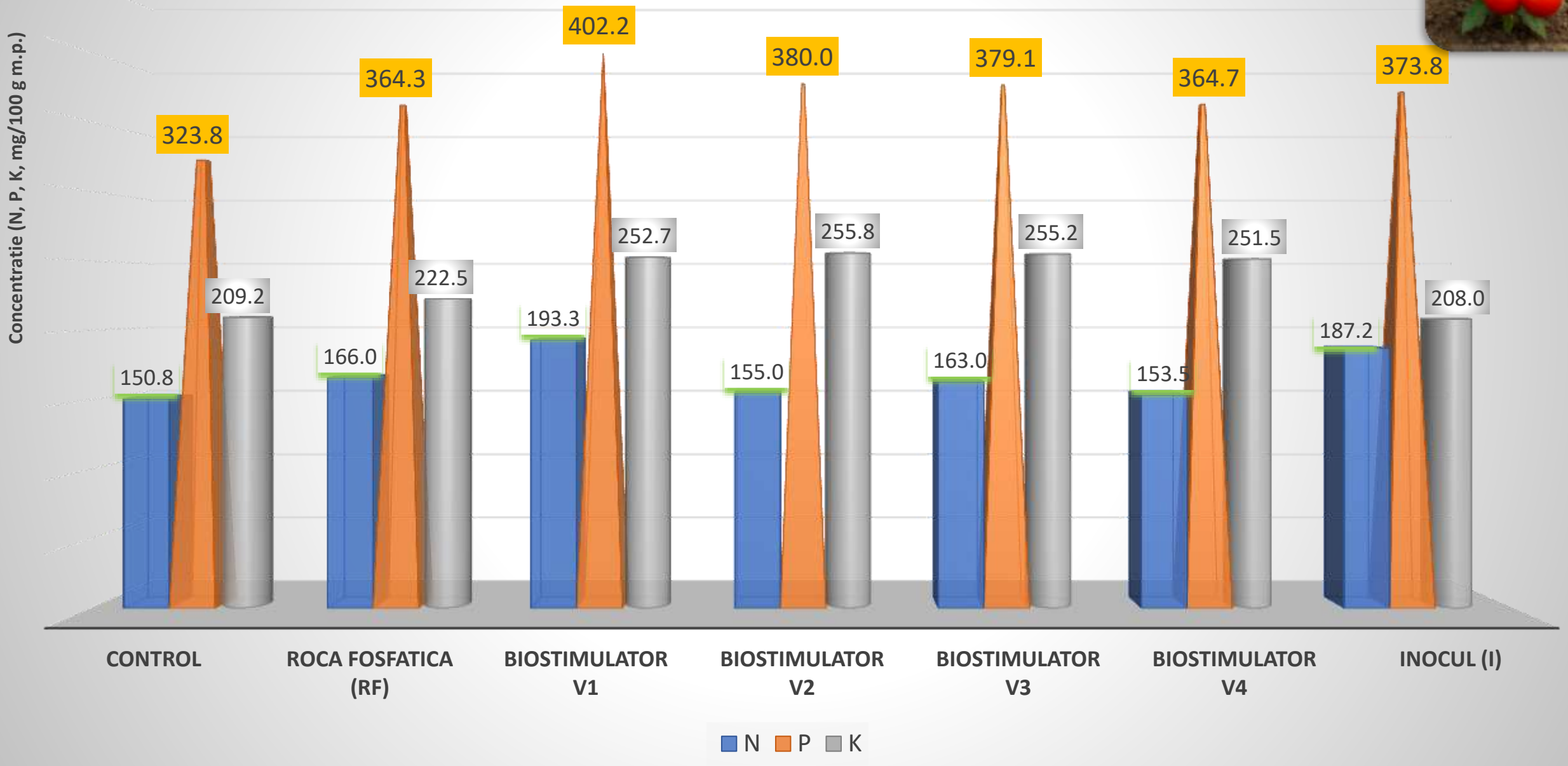
Caracteristicile fizico-chimice pentru sol utilizat in testarea biostimulatorilor la **cultura de vinete cultivate in spatiu protejat.**

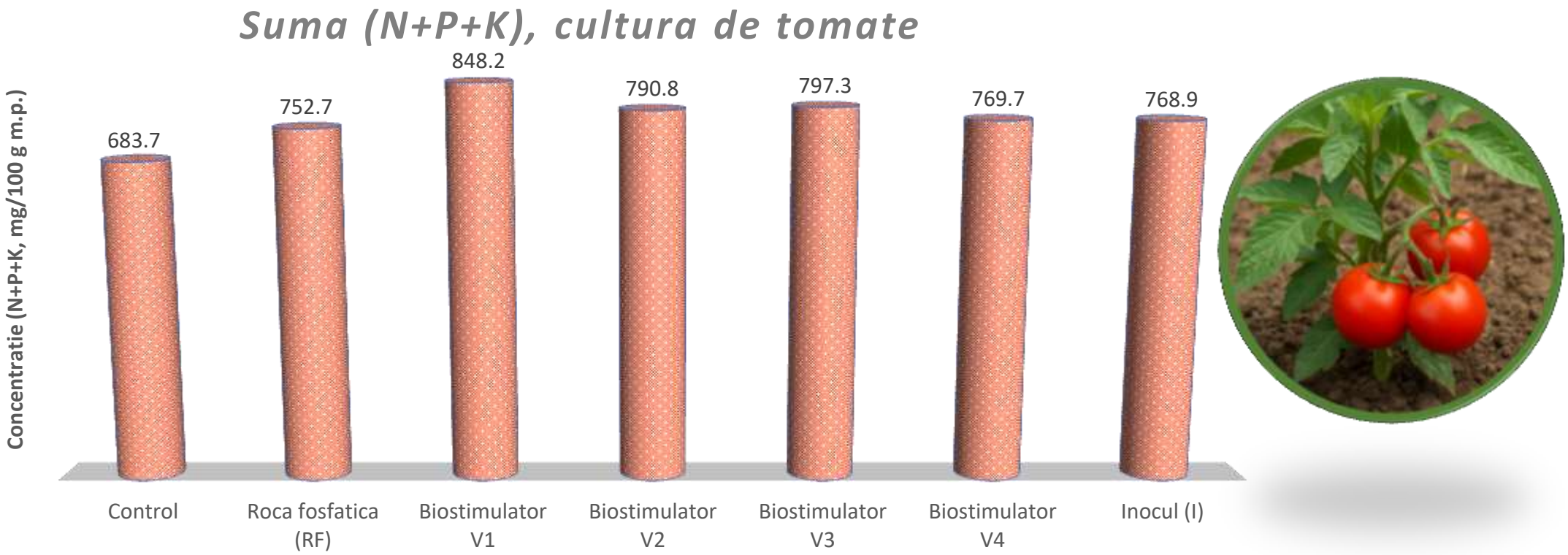



Ordinea sporurilor de producție pentru cele patru variante de biostimulatori a fost **V2 < V1 < V3 < V4 vinete**
**V4 < V1 < V3 < V2 tomate**
iar pentru media producției pentru cele 2 culturi
**V4 < V1 < V2 < V3.**

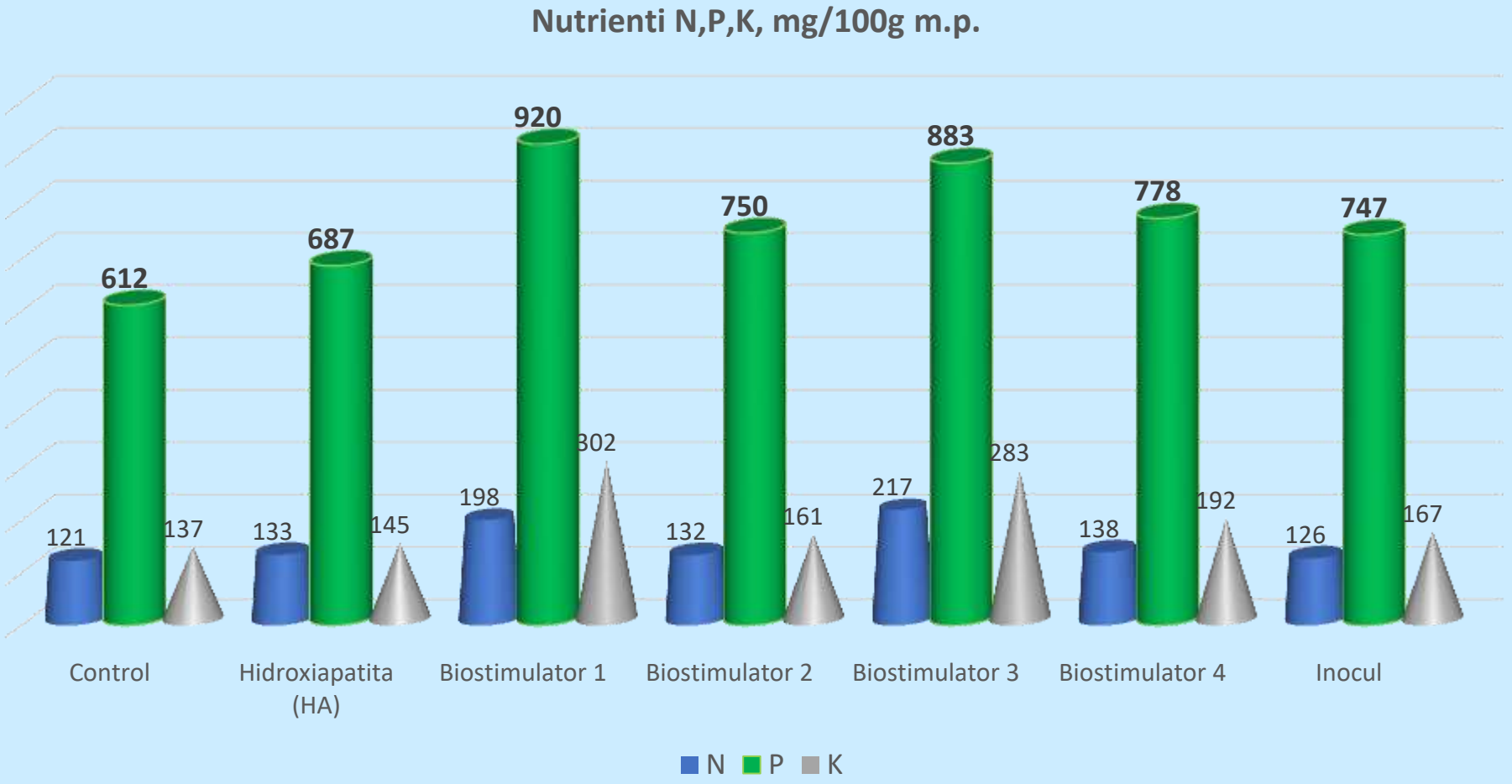
Pentru cultura de **tomate**, sporurile de producție față de martorul nefertilizat s-au încadrat într-un interval cuprins între **16,4 % (V4)** și **20,2% (V2)**. În cazul **vinetelor**, sporurile au variat între **35,1% (V2)** și **36,9% (V4)**, în funcție de varianta aplicată. Aceste rezultate confirmă influența pozitivă a biostimulatorilor asupra bioaccesibilității nutrienților și, implicit, asupra potențialului de producție al plantelor.

# Continutul de nutrienti N, P, K (mg/100 g m.p.) la tomate

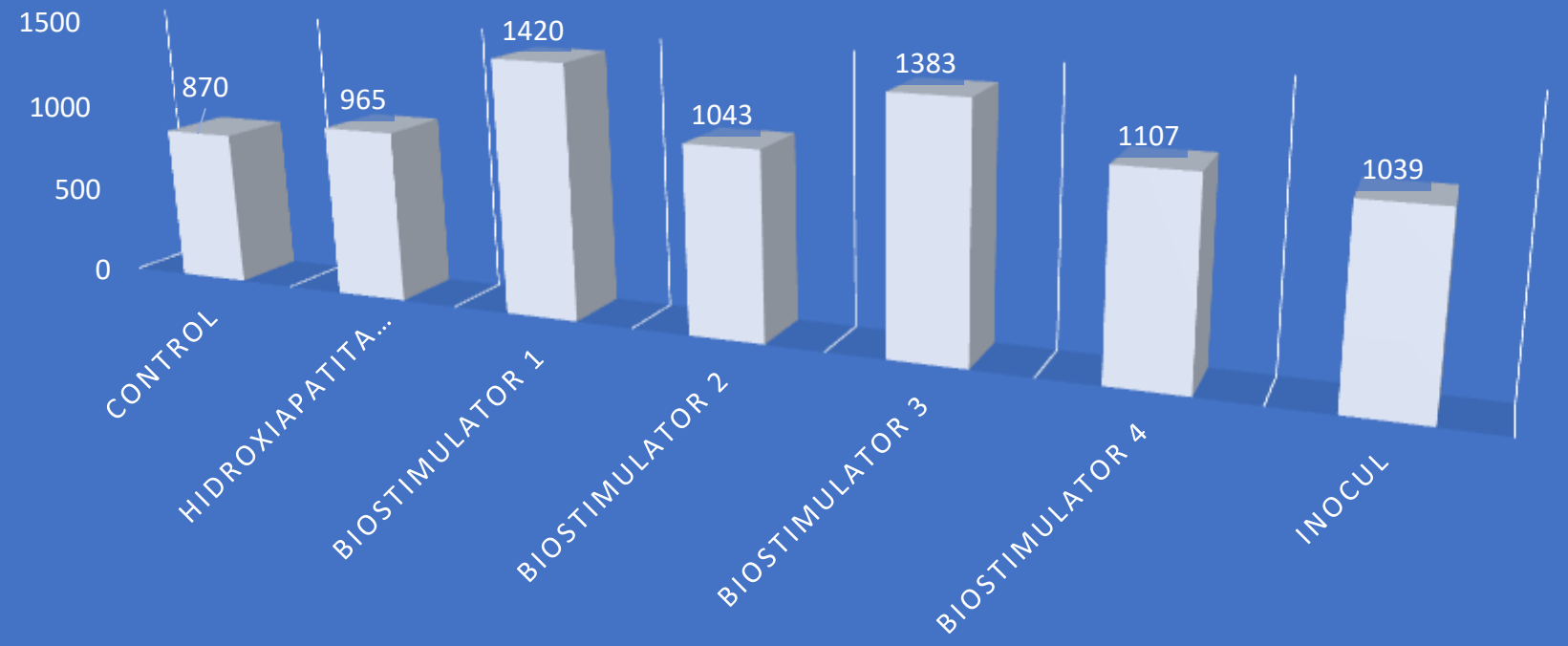





Comparativ cu varianta fertilizată cu **rocă fosfatică** (752,7 mg/100 g m.p.), toate cele patru variante de biostimulatori (V1–V4) au condus la o creștere a conținutului total de N+P+K în cultura de tomate. Cea mai mare creștere a fost observată în cazul variantei **V1**, care a înregistrat o valoare de **848,2 mg/100 g m.p.**, reprezentând un **spor de 12,7%** față de roca fosfatică. Variantele **V3** și **V2** au determinat sporuri de **5,9%** (797,3 mg/100 g m.p.), respectiv **5,1%** (790,8 mg/100 g m.p.), în timp ce varianta **V4** a adus un spor mai redus, de doar **2,3%** (769,7 mg/100 g m.p.). Aceste rezultate evidențiază eficiența superioară a biostimulatorului V1 în mobilizarea și acumularea nutrienților esențiali în plantă, depășind performanța obținută prin aplicarea simplă de rocă naturală.


Nutrienti N,P,K, mg/100g m.p.
612
687
920
750
883
778
747
121
137
133
145
198
302
132
161
217
283
138
192
126
167
Control
Hidroxiapatita (HA)
Biostimulator 1
Biostimulator 2
Biostimulator 3
Biostimulator 4
Inocul
N
P
K

## SUMA (N+P+K), MG/100G M.P. LA VINETE



Comparativ cu varianta fertilizată cu **hidroxiapatită** (965 mg/100 g m.p.), toate cele patru variante cu biostimulatori au generat sporuri semnificative în concentrația totală de N+P+K în cultura de vinete. Varianta **V1** s-a remarcat ca fiind cea mai eficientă, atingând o valoare de **1420 mg/100 g m.p.**, echivalentă cu un spor de **47,15%** față de HA. De asemenea, **V3** a avut o performanță ridicată, înregistrând **1383 mg/100 g m.p.**, cu un spor de **43,29%**, urmată de **V4** cu **1107 mg/100 g m.p.** (**+14,72%**) și **V2**, care a generat o valoare de **1043 mg/100 g m.p.**, cu un spor de **+8,08%**. Rezultatele evidențiază eficiența ridicată a biostimulatorilor V1 și V3 în cultura de vinete, indicând o capacitate superioară de mobilizare și acumulare a macronutrienților comparativ cu simpla aplicare a fosforului sub formă de hidroxiapatită.

## 🔬 Concluzii privind capacitatea de solubilizare a fosforului (studiile în laborator):

➔ **Toate cele 4 formule de biostimulatori (V1–V4)** au demonstrat **capacitate ridicată de solubilizare a fosforului** din surse naturale (rocă fosfatică și hidroxiapatită), atât prin testele cinetice, cât și prin testele cu mini-coloane de sol.

➔ Modelele matematice aplicate (în special **modelul cinetic de (pseudo) ordinul doi - Ho**) au avut o **concordanță excelentă** cu valorile experimentale (coeficienți $R^2$ de până la 0,9993), confirmând **validitatea modelelor de predicție**.

➔ **Formula V3** s-a remarcat prin cea mai mare concordanță între valorile teoretice și cele experimentale, ceea ce sugerează o **acțiune eficientă asupra surselor de fosfor**, în ambele medii de reacție (rocă și hidroxiapatită).

➔ Solurile utilizate (Albota – acid, Fundulea – alcalin) au permis evidențierea diferențelor de comportament, iar **eficiența biostimulatorilor s-a menținut în ambele tipuri de sol**, confirmând **robustețea și versatilitatea** acestora.

## 🌱 Concluzii din testele pe plante (vinete și tomate):

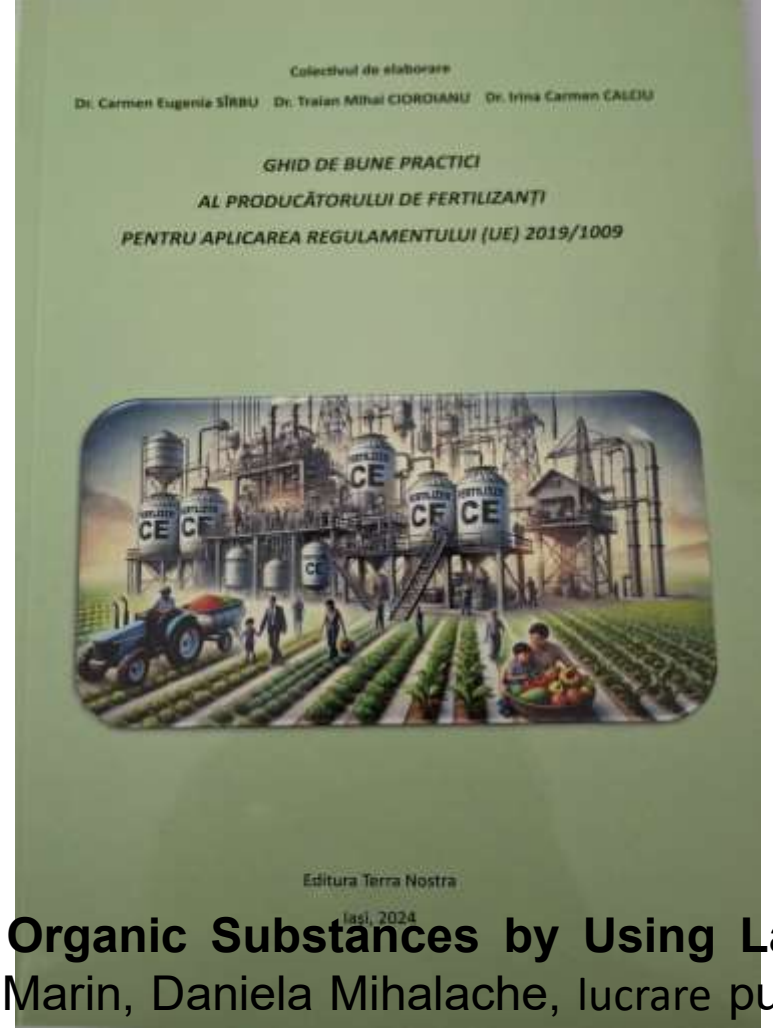
**1.Toate cele 4 variante (V1–V4)** au condus la **sporuri de producție semnificative** comparativ cu fertilizarea clasică (rocă fosfatică sau hidroxiapatită), atât la **tomate**, cât și la **vinete**.

2.În cazul **tomatelor**, sporurile de producție raportate la martorul cu rocă fosfatică au variat între **0,8% (V4)** și **4% (V2)**, iar la **vinete** între **14,6% (V2)** și **16,1% (V4)**, față de martorul cu hidroxiapatită.

3.**Inoculul (Bacillus megaterium)**, deși a contribuit la mobilizarea fosforului, a fost **depășit constant de toate variantele V1–V4**, indiferent de sol sau cultură.

# Diseminarea rezultatelor:

***Ghid de bune practici al producătorului de fertilizanți pentru aplicarea Regulamentului (UE) 2019/1009***, autori: Carmen Eugenia Sîrbu, Traian Mihai Cioroianu, Irina Carmen Calciu, editura Terra Nostra, Iași, 2024, ISBN: 978-606-623-170-1.




**„Evaluation of the Efficiency of a Biostimulant Containing Organic Substances by Using Labeled Nitrogen 15N”**, autori: Carmen Sîrbu, Traian Cioroianu, Nicoleta Marin, Daniela Mihalache, lucrare publicată în Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LXVI, No. 1, 2023. ISSN 2285-5785; ISSN CDROM 2285-5793; ISSN Online 2285-5807; ISSN-L 2285-5785, pp. 561-569.

**”The Biostimulatory Effect of Brown Algae Ascophyllum Nodosum on Grapevine”**, autori: Sîrbu Carmen, Cioroianu Traian Mihai, Marin Nicoleta, Bireescu Geanina, lucrare publicată în Annals of the University of Craiova, Series: Biology, Horticulture, Food Products Processing Technology, Environmental Engineering, Vol. XXVIII (LXIV), 2023. ISSN 1453-1275, pp. 77-84.