

FERTILIZARE ȘI NUTRIȚIA PLANTELOR

**REZULTATE ALE CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL
FOLOSIRII RAȚIONALE A ÎNGRĂȘĂMINTELOR**

GHEORGHE BURLACU, ANA POPESCU,
VERONICA MARAVELA

La înființarea în anul 1957 a Institutului de Cercetări pentru Cultura Porumbului (I.C.C.P.) și în anul 1962 a I.C.C.P.T. Fundulea, unul din principalele obiective l-a constituit elaborarea tehnologiilor de cultură pentru culturile de câmp, pentru diferitele tipuri de sol, în condiții de neirigat și irigat.

O verigă importantă a tehnologiilor de cultură s-a dovedit a fi folosirea rațională a îngrășămintelor.

Problema fertilizării culturilor agricole a fost studiată la I.C.C.P.T. Fundulea sub diverse aspecte, pe două tipuri de sol: faeoziomul cambic de la Fundulea și cernoziomul calcic - vermic de la Ileana (Lehliu).

Dintre multiplele aspecte studiate în cei 50 de ani de experimentare, vom evidenția numai câteva.

Reacția față de îngrășămintele a noilor creații biologice

În perioada 1957–1970, majoritatea soiurilor cultivate erau extensive și se aplicau doze mici de îngrășămintele cu azot și fosfor, datorită și faptului că agricultura țării noastre dispunea de cantități mici de îngrășămintele (Coculescu și colab., 1962).

Cercetările efectuate de Coculescu și colaboratorii (1962), Coculescu și Cernescu (1963), Hera și colaboratorii (1970; 1972), Hera și Mihăilă (1975) au scos în evidență că pe faeoziomul cambic de la Fundulea aplicarea îngrășămintelor s-a dovedit foarte eficientă, la toate soiurile de grâu nou create, iar cercetările efectuate de Hera și colaboratorii (1970, 1972, 1980), Hera și Mihăilă (1975), Corbean și colaboratorii (1976) au urmărit influența îngrășămintelor asupra producției și calității diferiților hibrizi de porumb, constatându-se o valorificare mai bună a îngrășămintelor de către hibridii tardivi, comparativ cu hibridii mai timpurii. Rezultatele obținute în ultimii ani demonstrează reacția puternică la îngrășămintele a noilor hibrizi introduși în cultură. A fost testată, de asemenea, reacția la fertilizare și a diferitelor soiuri de sorg, fasole, in ș.a.

Eficacitatea diferitelor tipuri și sortimente de îngrășămintele

Începând cu anul 1962, s-a studiat efectul diferitelor tipuri de îngrășămintele cu azot, îngrășămintele complexe, îngrășămintele organo-minerale și cu eliberare

lentă de azot, asupra producției de grâu, porumb, floarea-soarelui și sfeclă de zahăr, rezultatele demonstrând că nu se realizează diferențe de producție între sortimente, la echivalență de substanță activă (C o c u l e s c u și colab., 1968; H e r a și colab., 1968).

Influența îngrășămintelor organice asupra fertilității solurilor și producției diferitelor culturi

S-a studiat influența gunoiului de grajd, aplicat singur sau împreună cu îngrășăminte minerale, administrate porumbului o dată la doi ani și la patru ani în cadrul rotației grâu porumb. S-a constatat un efect remanent asupra producției celor două culturi până în anul al patrulea de la aplicare.

Pe solurile cu fertilitate ridicată, atunci când se aplică și gunoi de grajd, dozele de îngrășăminte minerale trebuie să fie mici spre moderate pentru o utilizare eficientă a acestora.

Efectele cele mai importante ale aplicării gunoiului de grajd s-au dovedit a fi menținerea fertilității solului, refacerea însușirilor fizice și activității biologice din sol, precum și eliminarea pericolului de poluare a apei freatică.

Tabelul 1

Influența gunoiului de grajd asupra acumulării humusului în sol

Tratamentul	Carbon total %	Carbon solubil %	Carbon în acizi humici %
Nefertilizat	1,67	0,76	0,54
20 t gunoi de grajd	1,85	0,80	0,58
40 t gunoi de grajd	1,86	0,82	0,59
60 t gunoi de grajd	1,96	0,84	0,60

Valoarea gunoiului de grajd a fost scoasă în evidență în experiențele de lungă durată (tabelul 1). S-a remarcat faptul că gunoiul participă mai activ decât resturile vegetale (paie și coceni) în procesele de humificare (coeficient de humificare de 0,38 față de 0,19) (H e r a și E l i a d e, 1978).

Influența gunoiului de grajd asupra substanței organice a solului

Comparând eficacitatea aplicării gunoiului de grajd fermentat cu cel proaspăt, s-a observat că gunoiul proaspăt a avut o eficacitate mai mare, în mod deosebit la grâu, unde se manifestă efectul remanent.

O influență mai slabă asupra producției diferitelor culturi au avut-o resturile vegetale (paiele și cocenii tocați) aplicate singure, mai ales în primii ani de la aplicare. Prin complexarea cu doze moderate de azot, a crescut efectul în timp asupra producției (C o c u l e s c u și colab., 1965).

Resturile de grâu sau porumb, mai ales asociate cu îngrășămintele minerale cu azot și fosfor, determină creșterea cu 6–8,500 kg C/ha a conținutului total de carbon într-o perioadă de 10 ani. S-a evidențiat, de asemenea, faptul că atât paiele, cât și cocenii favorizează acumularea formelor solubile de substanță organică, dar sub aspect practic, paiele au o importanță superioară, deoarece dețin o pondere mai ridicată în sinteza acizilor humici (tabelul 2) (H e r a și E l i a d e, 1978).

Tabelul 2

Influența resturilor vegetale asupra acumulării humusului în sol

Tratamentul	kg/ha în plus față de martor		
	Carbon total	Carbon solubil	Carbon în acizi humici
Paie	5929	1396	562
Coceni	5629	1375	0
Paie + 60 kg N/ha	8316	2563	1250
Coceni + 60 kg N/ha	7477	2516	1087

Influența asupra eficacității îngrășămintelor a diferiților factori

Plantele de cultură reacționează diferit la aplicarea îngrășămintelor. Astfel, grâul a valorificat îngrășămintele cu azot și fosfor mai bine decât porumbul, atât în primul, cât și în anii următori de la aplicare (C o c u l e s c u și colab., 1968).

Majoritatea plantelor de cultură, cu excepția celor leguminoase, sunt mari consumatoare de azot și reacționează la aplicarea îngrășămintelor care conțin acest element. Alte plante, cum sunt leguminoasele, au posibilitatea să-și procure singure azotul și reacționează slab și numai în anumite cazuri la aplicarea îngrășămintelor cu azot.

Porumbul, sfecla de zahăr, cartoful, floarea-soarelui sunt mari consumatoare de potasiu și reacționează mai bine la aplicarea îngrășămintelor cu potasiu, pe aprofunduri asigurate de azot și fosfor.

Planta premergătoare. Dozele de îngrășămintă necesare, în special cele cu azot, sunt influențate destul de puternic de planta premergătoare și de rotație.

Cercetările efectuate de B u r l a c u și E l i a d e (1975, 1976), B u r l a c u și colaboratori (1980) la cultura grâului arată că aplicarea îngrășămintelor nu exclude influența plantei premergătoare. Chiar în cazul aplicării îngrășămintelor producția cea mai mare s-a obținut la grâul cultivat după mazăre, iar cea mai mică, la grâul cultivat după sfecla de zahăr. Dozele de azot necesare grâului au fost mai mari când premergătoarele n-au fost fertilizate și au scăzut odată cu mărirea dozelor aplicate la cultura premergătoare.

Epoca și metoda de aplicare. Epoca de aplicare influențează eficacitatea și mărirea dozei de îngrășămintă, aceasta făcând obiectul multor cercetări ale Institutului de la Fundulea (C o c u l e s c u și colab., 1967; H e r a și colab., 1968, 1970, 1973, 1982, 1987).

Epoca de aplicare a influențat semnificativ recolta de grâu, în sensul micșorării producției, odată cu întârzierea aplicării îngrășămintelor după înspicare, în special în anii secetoși.

Administrarea îngrășămintelor cu azot în toamnă, sau în primăvară, la grâu, a fost practic egală, în medie pe mai muți ani, însă în anii cu precipitații bogate în perioada de toamnă - primăvară, aplicările de primăvară au fost superioare celor de toamnă.

Prin fertilizarea fracționată toamna și primăvara s-a obținut o creștere a coeficientului de utilizare a îngrășămintelor cu 8-9%.

La formarea producției de boabe un rol important l-a avut aplicarea îngrășămintelor în epoca de înspicat 50% - înflorit 50% din lan, iar pentru paie, fertilizarea aplicată înainte de înspicare.

La porumb, aplicarea a jumătate din doză toamna și jumătate primăvara a dus la realizarea unor sporuri mari de producție dovedind în același timp posi-

bilitatea eșalonării perioadei de aplicare a acestora în funcție de ritmul de aprovizionare cu îngrășăminte.

La leguminoase, aplicarea unor doze mici în perioada de vegetație a dus la creșterea coeficientului de utilizare a azotului, mărirea producției și la sporirea cantităților de azot fixate biologic de către soia.

În ce privește metoda de aplicare, s-a evidențiat că aplicarea localizată a unor doze mici de îngrășăminte minerale este eficace la grâu, pe un teren nefertilizat sau fertilizat cu doze mici sau moderate de îngrășăminte.

Hera și colaboratorii (1967, 1968, 1969, 1972), experimentând pe faeozionul cambic de la Fundulea cu ajutorul izotopilor ^{15}N și ^{32}P , au constatat că îngrășămintele cu azot și superfosfatul, aplicate în amestec în aceeași bandă de fertilizare, au determinat stimularea absorbției fosforului și azotului, conducând astfel la obținerea unor bune rezultate la grâu, floarea-soarelui și soia.

Aceste rezultate privind epoca și metoda de aplicare a îngrășămintelor au evidențiat posibilitatea folosirii îngrășămintelor cu azot o perioadă mai mare de timp, în funcție de posibilitățile de aprovizionare cu îngrășăminte.

Variația dozelor de îngrășăminte în funcție de gradul de aprovizionare a solului cu apă

S-a constatat că dozele de îngrășăminte aplicate pentru a obține producții maxime sau optime economic oscilează în limite largi, de la an la an, în funcție de condițiile climatice (Hera, 1972; Hera și Borlan, 1975).

La Fundulea, s-au studiat corelațiile existente între eficacitatea îngrășămintelor cu azot și fosfor și precipitațiile înregistrate în perioada de vegetație a grâului (septembrie – iunie). S-au luat în calcul sporurile de producție realizate de cele cinci combinații N x P (0, 40, 80, 120, 160 kg N/ha și 0, 40, 80, 120, 160 kg P_2O_5 /ha) și precipitațiile căzute de-a lungul perioadei de vegetație a grâului, pentru 36 de ani de experimentare (perioada 1967-2003). Coeficienții de corelație dintre precipitațiile căzute (începând cu lunile noiembrie, decembrie și terminând cu luna iunie) în perioada de vegetație a grâului, calculate pentru 11 cazuri, și sporurile de producție realizate în urma fertilizării sunt prezentați în tabelul 3.

Rezultatele prezentate evidențiază faptul că sporurile de producție la grâu la diferitele combinații dintre azot și fosfor sunt influențate de precipitațiile din luna aprilie - mai și, în mod special, de cele din luna aprilie.

Față de rezultatele cercetărilor efectuate anterior, se constată că în cei 36 ani, condițiile climatice din perioada de vegetație a grâului au fost foarte diverse (ani cu regim foarte sărac în precipitații și temperaturi foarte ridicate; ani cu exces de precipitații; ani cu cantități de precipitații apropiate de normala zonei, însă cu o distribuție defectuoasă a acestora pe perioada de vegetație a grâului de toamnă).

Tot în tabelul 3 se observă că valorile cele mai mari ale coeficienților de corelație, cuprinse între 0,36 și 0,65, sunt semnificative și distinct semnificative pentru un număr de 36 de cazuri studiate, atât în cazul aplicării unilaterale a îngrășămintelor cu azot, cât și în cazul aplicării acestora împreună cu îngrășămintele cu fosfor.

Eficacitatea îngrășămintelor cu fosfor, aplicate unilateral, nu a fost influențată de cantitatea de precipitații în nici una din perioadele luate în studiu.

Tabelul 3

Corelația dintre eficacitatea îngrășămintelor și precipitațiile înregistrate de-a lungul perioadei de vegetație la cultura grâului de toamnă
Fundulea, 1967- 2003

Varianta de fertilizare (kg s.a./ha)		Coeficientul de corelație dintre eficacitatea îngrășămintelor și precipitațiile înregistrate (mm) de-a lungul perioadei de vegetație la cultura grâului de toamnă *)										
N	P ₂ O ₅	IX-XII	IX-III	I-IV	I-VI	IV-V	IV-VI	IV-VII	V-VI	IV	V	VI
40	0	0,18	-0,01	0,03	-0,02	0,25	0,14	-0,08	-0,05	0,58	0,02	-0,11
80	0	0,23	0,12	0,11	-0,01	0,23	0,06	-0,15	-0,10	0,48	0,05	-0,22
120	0	0,21	0,18	0,24	0,12	0,23	0,13	-0,09	-0,03	0,50	0,04	-0,10
160	0	0,34	0,26	0,17	0,02	0,14	0,03	-0,17	-0,12	0,45	-0,03	-0,14
0	40	0,05	0,03	-0,12	-0,09	-0,15	-0,06	-0,07	-0,02	-0,12	-0,12	0,11
40	40	0,06	-0,08	0,10	0,04	0,34	0,18	0,03	-0,03	0,64	0,10	-0,17
80	40	0,11	-0,01	0,13	0,02	0,25	0,11	-0,08	-0,09	0,61	0,02	-0,16
120	40	0,17	0,06	0,13	0,01	0,22	0,07	-0,15	-0,10	0,52	0,02	-0,19
160	40	0,17	0,15	0,24	0,03	0,15	0,01	-0,18	-0,16	0,49	-0,05	-0,18
0	80	0,20	0,20	0,07	-0,08	-0,02	-0,12	0,04	-0,18	0,13	-0,08	-0,18
40	80	0,11	-0,06	0,08	0,02	0,33	0,17	0,04	-0,04	0,65	0,09	-0,17
80	80	0,14	0,03	0,15	0,03	0,26	0,11	-0,06	-0,09	0,60	0,03	-0,17
120	80	0,19	0,11	0,17	0,00	0,16	0,02	-0,16	-0,15	0,48	-0,03	-0,20
160	80	0,20	0,15	0,21	0,01	0,11	0,00	-0,17	-0,16	0,46	-0,08	-0,15
0	120	-0,13	0,09	0,25	0,15	-0,07	0,00	-0,02	0,01	-0,02	-0,07	0,09
40	120	0,09	-0,13	-0,01	-0,05	0,26	0,12	0,02	-0,06	0,54	0,06	-0,16
80	120	0,20	0,05	0,09	0,01	0,22	0,09	-0,06	-0,07	0,50	0,03	-0,15
120	120	0,21	0,13	0,19	0,00	0,14	0,00	-0,16	-0,16	0,45	-0,04	-0,19
160	120	0,20	0,21	0,28	0,06	0,12	-0,01	-0,19	-0,16	0,41	-0,04	-0,20
0	160	-0,14	-0,08	-0,09	-0,12	-0,10	-0,17	-0,03	-0,09	-0,27	0,00	-0,15
40	160	0,13	-0,05	0,06	-0,04	0,29	0,09	-0,07	-0,11	0,58	0,07	-0,25
80	160	0,16	0,08	0,18	0,04	0,23	0,08	-0,08	-0,09	0,54	0,02	-0,17
120	160	0,19	0,13	0,18	0,04	0,17	0,04	-0,15	-0,10	0,41	0,02	-0,17
160	160	0,10	0,16	0,29	0,17	0,30	0,11	-0,06	-0,01	0,36	0,18	-0,22

*Coeficienții de corelație care pot fi considerați semnificativ diferiți de zero pentru un număr de 36 de cazuri studiate sunt: 0,33 la nivelul de 5% și 0,43 la nivelul de 1%.

Pe baza rezultatelor obținute se poate afirma că pentru o eficacitate maximă a îngrășămintelor cu azot la cultura grâului, acestea trebuie aplicate până cel mai târziu la sfârșitul lunii martie, pentru ca plantele să poată beneficia de acestea în perioada imediat următoare (faza de alungire a paiului), când consumul de apă și elemente nutritive este foarte ridicat.

S-a înregistrat o creștere a sporului de producție obținută odată cu creșterea cantității de precipitații până la 110 mm.

Calculul sporului de producție realizat pentru 1 mm precipitații arată o creștere a acestuia în funcție de doza de azot aplicată, de la 22 kg boabe grâu (în cazul aplicării unilaterale a azotului) până la 37 kg, 42 kg, 40 kg, respectiv, 36 kg boabe grâu, atunci când aplicarea azotului s-a făcut pe un agrofond fertilizat cu diferite doze de fosfor (40, 80, 120 și 160 kg P₂O₅/ha).

Indiferent de cantitățile de precipitații înregistrate, aplicarea dozei de 120 kg N/ha + 80 kg P₂O₅/ha a contribuit substanțial la sporirea producției de boabe de grâu în majoritatea anilor.

Ca și la cultura grâului, pentru porumb s-au luat în calcul sporurile de producție realizate de cele cinci combinații N x P (0, 50, 100, 150, 200 kg N/ha și 0, 40, 80, 120 și 160 kg P₂O₅/ha) și precipitațiile căzute în diferite etape ale perioadei de vegetație a porumbului.

Pentru calcularea coeficienților de corelație dintre precipitații și sporurile de producție la porumb, au fost selectate diferite etape de-a lungul perioadei de vegetație:

- perioada *toamnă - iarnă (IX-III)*, pentru a observa corelația dintre rezerva de precipitații la desprimăvărare și sporul adus de îngrășăminte;
- perioada de la *înfăințarea culturii (IV-V)* și *perioadele care o succed* (creșterea intensă a plantelor de porumb, apariția inflorescențelor masculine, fructificat, maturizarea boabelor etc.).

Ca și grâul, în această perioadă de 36 de ani, porumbul a beneficiat de condiții climatice foarte diverse (ani cu exces de precipitații; ani cu cantități de precipitații apropiate de normala zonei și ani foarte săraci în precipitații și cu temperaturi foarte ridicate).

Coeficienții de corelație dintre precipitațiile căzute în cele 11 etape ale perioadei de vegetație a porumbului luate în studiu și sporurile de producție realizate la diferite variante de fertilizare sunt prezentați în tabelul 4.

Tabelul 4

Corelația dintre eficacitatea îngrășămintelor și precipitațiile (mm) înregistrate de-a lungul perioadei de vegetație la cultura porumbului Fundulea, 1967 – 2002

Varianta de fertilizare (kg s.a./ha)	Coeficientul de corelație dintre eficacitatea îngrășămintelor și precipitațiile înregistrate (mm) de-a lungul perioadei de vegetație la cultura porumbului*											
	N	P ₂ O ₅	IX-III	III-VII	IV-VI	IV-VII	IV-VIII	IV-IX	VI-VII	VII-VIII	VI-VIII	VI
50	0	0,08	0,30	0,37	0,28	0,33	0,23	0,23	0,10	0,36	0,42	-0,01
100	0	0,12	0,31	0,43	0,28	0,31	0,21	0,11	0,02	0,34	0,33	-0,09
150	0	0,13	0,36	0,45	0,30	0,34	0,26	0,15	0,04	0,37	0,38	-0,08
200	0	0,19	0,38	0,41	0,29	0,32	0,24	0,18	0,05	0,34	0,40	-0,05
0	40	0,07	0,21	0,28	0,28	0,25	0,32	0,17	0,08	0,26	0,19	0,10
50	40	0,16	0,27	0,29	0,20	0,23	0,15	0,20	0,05	0,27	0,41	-0,04
100	40	0,25	0,29	0,36	0,18	0,21	0,15	0,07	-0,05	0,24	0,35	-0,16
150	40	0,21	0,31	0,38	0,22	0,25	0,17	0,11	-0,01	0,27	0,34	-0,11
200	40	0,23	0,33	0,37	0,24	0,26	0,20	0,15	0,01	0,29	0,39	-0,09
0	80	0,25	0,14	0,13	0,13	0,13	0,15	0,22	0,05	0,14	0,34	0,05
50	80	0,11	0,31	0,29	0,25	0,29	0,21	0,22	0,13	0,33	0,35	0,05
100	80	0,21	0,33	0,36	0,23	0,27	0,19	0,15	0,03	0,30	0,37	-0,07
150	80	0,22	0,31	0,34	0,21	0,25	0,17	0,13	0,02	0,28	0,35	-0,08
200	80	0,21	0,34	0,35	0,24	0,28	0,20	0,17	0,06	0,30	0,37	-0,05
0	120	0,01	-0,04	0,01	-0,01	-0,04	0,05	0,07	-0,07	-0,03	0,16	-0,02
50	120	0,15	0,34	0,34	0,27	0,28	0,17	0,26	0,06	0,32	0,46	0,01
100	120	0,21	0,34	0,40	0,26	0,30	0,21	0,15	0,03	0,33	0,37	-0,07
150	120	0,17	0,35	0,41	0,26	0,29	0,20	-0,29	0,01	0,32	0,40	-0,10
200	120	0,10	0,42	0,45	0,33	0,36	0,28	0,23	0,06	0,38	0,45	-0,02
0	160	-0,01	-0,18	-0,17	-0,13	-0,15	-0,05	0,02	-0,05	-0,14	0,04	0,00
50	160	0,09	0,29	0,36	0,24	0,28	0,21	0,22	0,04	0,32	0,46	-0,05
100	160	0,10	0,41	0,46	0,34	0,37	0,27	0,24	0,07	0,40	0,46	-0,01
150	160	0,09	0,40	0,43	0,33	0,36	0,27	0,26	0,08	0,39	0,49	0,00
200	160	0,08	0,42	0,45	0,34	0,37	0,30	0,28	0,09	0,40	0,51	0,01

*Coeficienții de corelație care pot fi considerați semnificativ diferiți de zero pentru un număr de 36 de cazuri studiate sunt: 0,33 la nivelul de 5% și 0,43 la nivelul de 1%.

Datele prezentate în acest tabel evidențiază în primul rând faptul că eficacitatea îngrășămintelor este puternic influențată de precipitațiile căzute în perioada aprilie - iunie, în special de cele înregistrate în luna iunie.

Se observă că valorile cele mai mari ale coeficienților de corelație, cuprinse între 0,34 și 0,51, sunt semnificative și distinct semnificative (pentru un număr de 36 de cazuri studiate), atât în cazul aplicării unilaterale a îngrășămintelor cu azot, cât și în cazul aplicării acestora împreună cu îngrășămintele cu fosfor.

Pentru o eficacitate maximă a îngrășămintelor cu azot și fosfor la cultura porumbului, acestea trebuie aplicate până cel mai târziu la sfârșitul lunii mai, pentru ca plantele să poată beneficia de acestea în perioada imediat următoare (faza de creștere intensă - apariția inflorescențelor), când consumul de apă și elemente nutritive este foarte ridicat.

Se remarcă influența puternică a precipitațiilor în special asupra eficacității îngrășămintelor cu azot.

Sporul de producție obținut la porumb crește odată cu cantitatea de precipitații înregistrate până la 150 mm. Când cantitatea de precipitații căzute în luna iunie depășește 150 mm, nu se mai obține o creștere a sporului de producție datorat fertilizării și chiar există o tendință de diminuare a producției datorată în principal atacului de boli și frângerii plantelor, favorizate de precipitațiile mai abundente.

Sporul mediu de producție realizat de 1 mm precipitații în funcție de fertilizare variază astfel:

- 13 kg boabe porumb, când îngrășămintele cu azot au fost aplicate singure (fără fosfor);
- 16 kg boabe porumb, când îngrășămintele cu azot au fost aplicate pe un fond de 40 kg P₂O₅/ha;
- 15 kg boabe porumb, pe fondul a 80 kg P₂O₅/ha și 120 kg P₂O₅/ha.

Elementele nutritive și interacțiunea dintre acestea

Dintre elementele nutritive, ca aport al îngrășămintelor aplicate, pe toate tipurile de sol din țara noastră și la majoritatea plantelor, azotul a fost cel care a influențat cel mai puternic producția (Hera și colab., 1972; Hera și Mihăilă, 1979 etc.).

Efectul îngrășămintelor cu fosfor aplicate la grâu și porumb pe fond asigurat cu azot depinde, în mare măsură, de conținutul de fosfați mobili din sol, care, după Borlan și colaboratorii (1968), pot determina până la 70% din variația totală a efectului relativ al îngrășămintelor cu fosfor la grâu și până la 40% la porumb.

Eficacitatea îngrășămintelor cu potasiu este mai slabă comparativ cu a celor cu azot și fosfor. Unele cercetări efectuate au arătat că eficacitatea îngrășămintelor cu potasiu depinde de agrofondul de azot și fosfor, pe care s-au aplicat, fiind cea mai scăzută când au fost aplicate singure sau pe agrofondul de fosfor, mai ridicată pe agrofondul de azot și maximă pe agrofond de azot și fosfor. Nevoia aplicării îngrășămintelor cu potasiu apare în special când se folosesc cantități mari de azot și fosfor (Hera și Mihăilă, 1971; Hera și colab., 1972).

Efectul îngrășămintelor cu potasiu crește când sunt aplicate cu cele cu azot, sau cu azot și fosfor, ceea ce arată o interacțiune pozitivă K x N și K x NP (Hera și colab., 1972).

Pe lângă efectul direct obținut prin aplicarea separată a îngrășămintelor cu un anumit element, trebuie să se aibă în vedere interacțiunea dintre acestea când sunt aplicate împreună.

Interacțiunea dintre azot și fosfor și raportul dintre aceste două elemente a stat la baza mai multor studii întreprinse în experimentările de lungă durată (Hera și colab., 1971, 1972, 1973, 1976, 1977).

O interacțiune pozitivă între azot și fosfor la grâu este pusă în evidență de cercetările efectuate de Hera și colaboratorii (1971). La porumb, interacțiunea dintre azot și fosfor a avut o contribuție redusă la realizarea sporului de producție. Pe faeoziomul cambic de la Fundulea această interacțiune practic nu a condus la sporirea producției (Hera și colab., 1976).

Hera și Mihăilă (1979), studiind interacțiunea azot x fosfor pe cernoziomul calcic-vermic de la Ileana, arată că sporurile obținute datorită interacțiunii cresc, în general, odată cu mărirea dozei de azot, pe diferite agrofonduri de fosfor, și sunt mai mari pe agrofondul unde s-au aplicat 80 kg P₂O₅/ha.

Rezultatele obținute de Hera și colaboratorii (1961), pe faeoziomul cambic de la Fundulea, arată că factorul principal în sporirea producțiilor de grâu este azotul, iar îngrășămintele cu fosfor au influențat mai puțin producția, comparativ cu cele cu azot, însă prin aplicări repetate de îngrășămintele cu fosfor a crescut simțitor cantitatea de P₂O₅ mobil din sol.

Influența cea mai mare a creșterii producției de grâu o are efectul cumulat al azotului și fosforului.

Dozele optime economic au variat de la un an la altul între 55 și 140 kg N/ha și 75-140 kg P₂O₅/ha la grâul cultivat după porumb și între 50 și 83 kg N/ha și 86-120 kg P₂O₅/ha la grâul cultivat după fasole. La porumb, doza optimă de azot a fost cuprinsă între 100 și 130 kg N/ha (Hera și colab., 1976).

Efectul îngrășămintelor cu potasiu este mai slab comparativ cu al celor cu azot și fosfor. Nevoia aplicării îngrășămintelor cu potasiu apare în primul rând pe solurile mai slab aprovizionate cu potasiu, în special când se folosesc cantități mai mari de azot și fosfor (Hera și Mihăilă, 1971; Hera și colab., 1972).

Pe lângă efectul direct în sporirea producției de porumb obținut prin aplicarea separată a îngrășămintelor cu un anumit element, un rol important îl are interacțiunea dintre acestea când sunt aplicate împreună.

Pe cernoziomul calcic-vermic de la Ileana, sporurile obținute datorită interacțiunii azot x fosfor au crescut, în general, odată cu mărirea dozei de azot pe diferite agrofonduri de fosfor, acestea fiind optime pe agrofondul 80 kg P₂O₅/ha (Hera și Mihăilă, 1971).

Dozele de îngrășămintele ce se recomandă sunt cuprinse între 60 și 80 kg/ha P₂O₅ și între 100 și 150 kg N/ha.

Cele mai mari recolte de floarea-soarelui se obțin prin aplicarea combinată a unor doze moderate de îngrășămintele chimice cu azot, fosfor și potasiu (Coculescu și colab., 1969; Hera și colab., 1979).

Indiferent de favorabilitatea anului, producția optimă s-a obținut cu doze mici și în raport echilibrat: 50-60 kg P₂O₅ + 60-70 kg N/ha.

La leguminoase (mazăre, fasole și soia), s-a studiat interacțiunea între bacterizare și fertilizare (Coculescu și colab., 1968; Hera și colab., 1984).

La mazăre această interacțiune s-a manifestat la doza de 60 kg N/ha.

La fasole dozele optime economic au fost de 70 kg N/ha și 76 kg P₂O₅/ha.

La soia interacțiunea azot-fosfor s-a studiat pe cernoziomul calcic-vermic de la Ileana (Lehliu). Cele mai bune rezultate s-au obținut la varianta la care s-au aplicat 30 N + 40 kg P₂O₅/ha.

La inul de ulei rezultate bune s-au obținut prin aplicarea a 40-80 kg N + 40 kg P₂O₅/ha. Potasiul contribuie la sporirea semnificativă a producției pe solurile cu un conținut în potasiu mobil mai scăzut de 20 mg K₂O/100 g sol.

Eficiența și eficacitatea îngrășămintelor lichide cu azot și a îngrășămintelor foliare

Declanșarea crizei energetice mondiale și scumpirea vertiginoasă a materiilor prime au determinat trecerea hotărâtă la producerea și utilizarea unor sortimente de îngrășămintă mai puțin prelucrate industrial, cu consum diminuat de energie, de tipul celor lichide.

În țările cu agricultură intensivă a existat tendința care continuă și în prezent, de creștere puternică a ponderii îngrășămintelor lichide în detrimentul celor solide, energo-intensive.

Extinderea pe scară tot mai largă a fertilizării cu îngrășămintă lichide a fost determinată de avantajele tehnico-economice pe care acestea le conferă.

Utilizarea îngrășămintelor lichide permite mecanizarea și automatizarea integrală a tuturor operațiunilor de transport, depozitare, manipulare și administrare, eliminându-se aproape total pierderile, asigurând totodată un grad ridicat de uniformitate în aplicare și un control riguros al dozelor recomandate. Rezultatele obținute au permis elaborarea de tehnologii specifice fiecărui tip de îngrășământ, precum și întocmirea de recomandări pentru producție.

Cercetările cu privire la stabilirea eficacității și eficienței economice a îngrășămintelor chimice lichide s-au desfășurat în mai multe etape.

În prima etapă, începând cu anul 1963, la I.C.C.P.T. Fundulea s-au dezvoltat cercetările privind utilizarea îngrășămintelor lichide cu azot cu tensiune de vapori: amoniac anhidru, ape amoniacale, carboamoniacați. Rezultatele obținute au fost publicate în numeroase lucrări în perioada 1964–1974.

Analiza rezultatelor de producție a evidențiat faptul că toate cele patru forme de îngrășămintă cu azot experimentate (NH₃, NH₄OH, carboamoniacați și NH₄NO₃) au determinat sporuri de producție practic egale la toate culturile (H e r a, 1961, 1969, 1972; H e r a și colab., 1968).

Diferitele forme de îngrășămintă cu azot au contribuit la sporirea producției cu 430-879 kg/ha la porumbul pentru boabe, 190-320 kg/ha la floarea-soarelui și, respectiv, 3000-4800 kg/ha la sfecla de zahăr.

Pe epoci de aplicare, se constată o mai bună valorificare a îngrășămintelor cu azot de către grâu, atunci când acestea sunt încorporate sub arătura de toamnă, cu sporuri de recoltă cuprinse între 940 și 1170 kg/ha (49-64%). Când jumătate din doză s-a administrat toamna și jumătate primăvara, s-au înregistrat sporuri mai mici de recoltă (650-940 kg/ha), diferența explicându-se prin reducerea numărului de plante prin încorporarea în sol a îngrășămintelor lichide în cursul perioadei de vegetație a grâului, în primăvară.

Rezultatele analizelor chimice de sol au indicat faptul că îngrășămintele chimice cu azot, cu tensiune de vapori au determinat modificări ale indicilor agrochimici studiați (pH, P₂O₅ mobil, K₂O accesibil, N-NO₃⁻ și N-NH₄⁺) odată cu încorporarea lor în sol, indici care revin la valorile lor inițiale către sfârșitul perioadei de vegetație a culturilor studiate.

Administrarea amoniacului anhidric și al apelor amoniacale a contribuit la o creștere a mobilității fosforului și potasiului din sol, ceea ce a condus la îmbunătă-

tățirea coeficientului de utilizare a elementelor nutritive și la o nutriție corespunzătoare a plantelor, mai ales în primele faze de vegetație.

Cu toate avantajele reieșite, atât din experimentări, cât și din verificările efectuate în condiții de producție, lipsa sistemelor de mașini adecvate pentru transport, depozitare și administrare a reprezentat la noi în țară un real impediment în extinderea utilizării lor în marea producție.

Agravarea crizei energetice mondiale și accentuarea penuriei de materii prime a marcat a doua etapă, în care s-a readus în actualitate problema utilizării îngrășămintelor chimice lichide, introducându-se în studiu îngrășămintele lichide fără tensiune de vapori, mai puțin corozive și mai ușor de aplicat, cu sistemul de mașini existentă în dotarea unităților de producție.

Principalele sortimente de îngrășămintele lichide fără tensiune de vapori, folosite în experimentare, au fost soluțiile simple cu azot, cunoscute sub denumirea de îngrășămintele lichide A-300, care reprezintă un amestec de azotat de amoniu și uree, îngrășămintele complexe lichide cristaline de tip „C” pe bază de macroelemente și îngrășămintele foliare de tip „F”, special pentru administrări foliare.

Testele și studiile inițiate în cadrul Laboratorului de fertilizare din I.C.C.P.T. Fundulea au scos în evidență o serie de avantaje ale acestor sortimente de îngrășămintele, și anume: capacitatea nelimitată de amestec și combinare între ele; posibilitatea realizării celor mai favorabile rapoarte între elemente, capabile să satisfacă necesarul de elemente nutritive ale unei anumite culturi, în mod diferențiat, în dinamică, pe întreaga perioadă de vegetație.

Îngrășămintele lichide fără tensiune de vapori s-au dovedit compatibile și miscibile cu majoritatea produselor fitofarmaceutice utilizate în protecția chimică a culturilor (erbicide, insecticide și fungicide).

Utilizarea asocierilor dintre îngrășămintele și pesticide creează posibilitatea executării concomitente a mai multor verigi din tehnologia de cultivare la o singură trecere a agregatelor pe teren, contribuind astfel la raționalizarea consumului de energie (Hera și Petre, 1985).

Un aspect important, foarte actual și căruia i s-a acordat o atenție deosebită îl constituie efectul administrării îngrășămintelor foliare, singure sau pe fond de îngrășămintele solide aplicate în sol, cu macro- și microelemente, integral sau fracționat pe faze de vegetație, studiindu-se influența lor asupra sporirii producției, paralel cu raționalizarea consumului de energie prin asocierea cu tratamente fitosanitare, cu lucrările de întreținerea culturilor sau administrarea odată cu apa de irigare (Hera și Petre, 1982).

Fertilizarea foliară poate contribui la diminuarea efectului secetei, fenomen cu incidență semnificativ sporită în ultimii ani experimentali, asigurând desfășurarea normală a nutriției plantelor.

Aplicarea îngrășămintelor pe cale foliară contribuie la îmbunătățirea coeficientului de utilizare a elementelor nutritive, cu valori cuprinse între 6 și 18% la azot și 6 și 9% la fosfor.

În ultimii ani a fost testat și un sortiment foarte bogat de îngrășămintele foliare produse de diferite firme străine și românești.

Tot în direcția folosirii cât mai eficiente a îngrășămintelor cu azot s-au testat îngrășămintele cu eliberare lentă a azotului și a inhibitorilor de nitrificare N-Serve și ATC-60, în vederea reducerii pierderilor de azot pe diferite căi și a dimi-

nuării poluării. Aceste produse inhibă activitatea biologică a bacteriei *Nitrosomonas* în conversia NH_4^+ în NO_3^- .

Rezultatele obținute pe faeoziomul cambic de la Fundulea au evidențiat o influență pozitivă a acestor produse, atât asupra producției de grâu, cât și asupra altor culturi, mai ales în condiții de irigare. În condiții de neirigare, influența asupra producției se manifestă cu pregnanță în anii mai bogați în precipitații (Hera și colab., 1982).

Evoluția producției diferitelor culturi și fertilității solului în experimentări de lungă durată cu îngrășăminte

Acad. Cristian Hera a avut ideea realizării unor experiențe de acest tip, după ce în anul 1958 a văzut experiențele de lungă durată cu îngrășăminte din Germania, la Hale-Saale, începute în 1878 și mai ales după vizitarea, în anul 1962, a câmpului experimental înființat în 1875 la Centrul Grignon al Institutului Național de Agricultură Paris – Grignon.

În anul 1966 au fost inițiate de către Prof. dr. doc. Cristian Hera și Dr. doc. Zenoviu Borlan, pe diferite tipuri de sol, trei tipuri de experiențe vizând: studierea interacțiunii dintre azot și fosfor, a interacțiunii între azot, fosfor și potasiu și a interacțiunii între îngrășămintele chimice și cele organice.

Rezultatele obținute până în prezent au permis și vor permite în continuare cunoașterea evoluției fertilității solului sub influența diferitelor tratamente și elaborarea de soluții pentru conservarea și mărirea fertilității solurilor.

Totodată, rezultatele acestor experiențe contribuie la evidențierea unor noi legități în domeniul relațiilor sol - plantă - îngrășământ - mediu; permit studierea felului în care îngrășămintele influențează calitatea recoltelor; efectuarea de bilanțuri ale elementelor nutritive care să conducă la prognozarea necesarului de îngrășăminte în funcție de consumul plantelor odată cu recolta și de rezervele de elemente nutritive provenite din sol și din îngrășăminte. Alte aspecte importante aprofundate prin aceste experiențe sunt, de asemenea, și cele referitoare la biologia solului, la activitatea microorganismelor din sol, precum și cunoașterea ritmului de mineralizare a substanțelor organice din sol.

Din multitudinea de date obținute în experiențele de lungă durată pe faeoziomul cambic de la Fundulea, în perioada 1967-2005, prezentăm câteva dintre cele mai importante.

Dozele economice de N și P s.a. pe perioada 1967-2005 și pe perioade de câte cinci ani la grâul după porumb se prezintă în figura 1. Se constată că doza de azot optimă din punct de vedere economic este în jurul a 110 kg/ha. Dozele optime economice pentru mediile perioadelor de cinci ani sunt apropiate de aceasta. Doza economică de fosfor este de 58 kg/ha în medie pe 39 de ani, iar cele calculate pe mediile perioadelor de cinci ani variază între 20 și 70 kg s.a./ha. Dozele optime economice pentru grâul cultivat după leguminoase în medie pe anii 1976-2005 sunt 70 kg N/ha și 65 kg P_2O_5 /ha. Mediile perioadelor de cinci ani sunt apropiate de media pe 39 ani (fig. 2).

Evoluția pH-ului în perioada 1967-2005, pe diferite agrofonduri, se prezintă în figura 3.

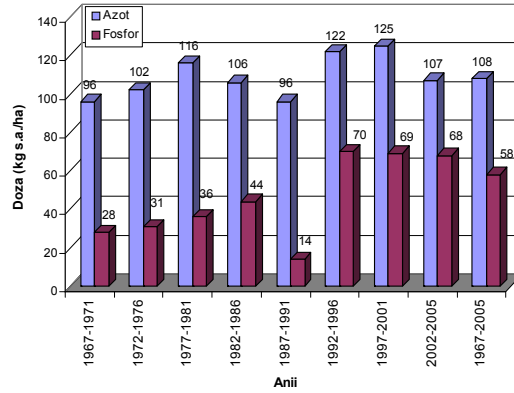


Fig. 1 – Evoluția dozelor optime economice de azot și fosfor la grâul cultivat după porumb la Fundulea în perioada 1967-2005

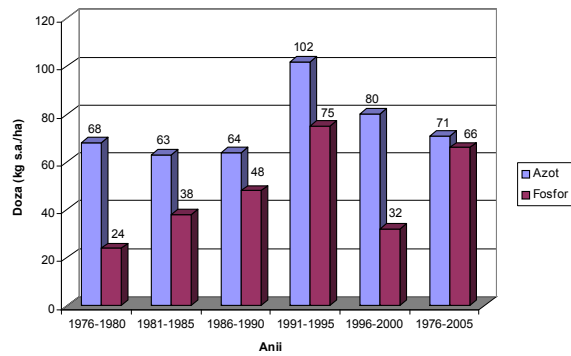


Fig. 2 – Evoluția dozelor optime economice de azot și fosfor la grâul cultivat după leguminoase la Fundulea în perioada 1976-2005

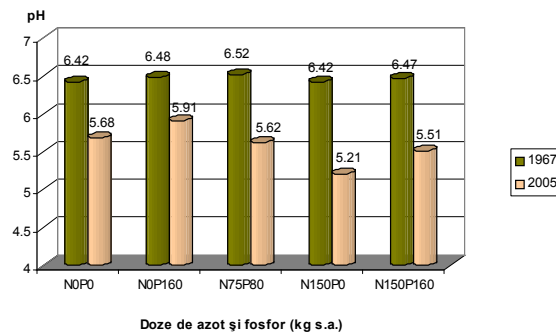


Fig. 3 – Evoluția pH-ului în perioada 1967-2005 pe diferite agrofonduri pe faeoziomul cambic de la Fundulea

Se constată că fertilizarea a influențat semnificativ pH-ul solului. În anul 1967 acesta era practic identic pe toate variantele experimentale, pentru ca în anul 2005 să scadă ca urmare a aplicării îngrășămintelor.

Modificarea conținutului de fosfor mobil P_{AL} în stratul de sol 0-20 cm este prezentată în figura 4.

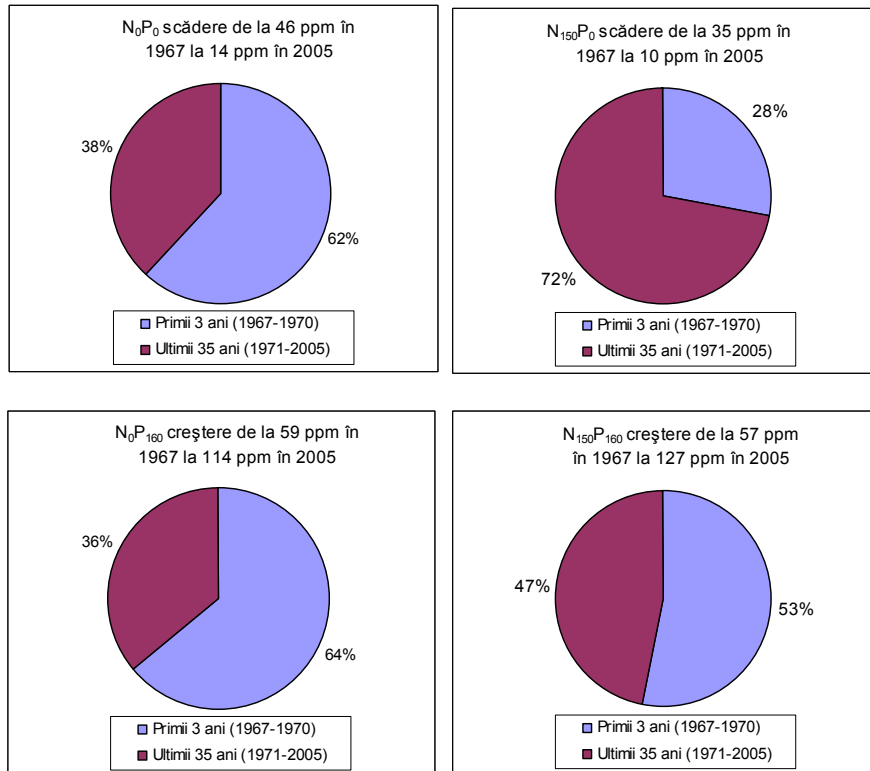


Fig. 4 – Modificarea conținutului P_{AL} în stratul 0-20 cm pe faeoziomul cambic de la Fundulea în primii 3 ani de aplicare a îngrășămintelor (1967-1970) și în ultimii 35 ani (1971-2005)

În perioada 1967-2005, pe agrofondurile N_0P_0 , s-a constatat o scădere a conținutului de fosfor mobil de la 46 ppm la 14 ppm, iar în cazul aplicării unilaterale a azotului ($N_{150}P_0$) scăderea a fost de la 35 ppm la 10 ppm. Când fosforul a fost aplicat singur (P_{160}), a avut loc o creștere a conținutului de fosfor mobil de la 59 ppm la 114 ppm, acesta ajungând la 127 ppm pe agrofondul $N_{150}P_{160}$. Scăderea conținutului de fosfor mobil din sol la dozele unilaterale de azot ($N_{150}P_0$) apare în principal în primii trei ani de la începerea experiențelor (72%), iar creșterea acestui conținut, ca urmare a aplicării a N_0P_{160} sau a $N_{150}P_{160}$, se produce în mare parte tot în primii trei ani de aplicare a îngrășămintelor (64% și, respectiv, 53%).

În figura 5 se poate vedea că aplicarea îngrășămintelor cu azot și fosfor, timp de 39 de ani, a dus la scăderea conținutului de potasiu mobil din sol pe toate agrofondurile studiate. Scăderea s-a accentuat în ultimii ani.

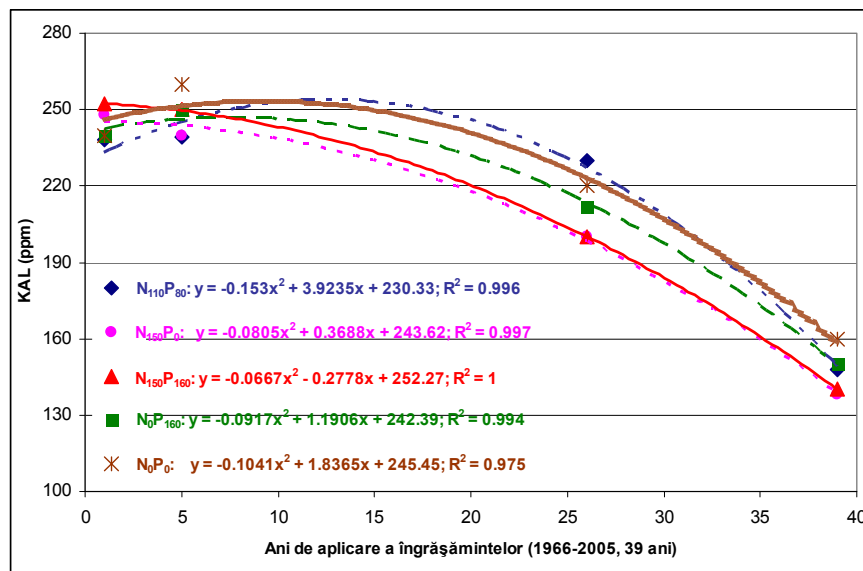


Fig. 5 – Evoluția conținutului de K_{AL} (0-20 cm) în funcție de fertilizarea cu fosfor și azot, pe faeziomul cambic de la Fundulea

Utilizarea tehnicilor nucleare în cercetări privind fertilizarea

Folosirea tehnicilor nucleare în cercetările din agricultură a fost inițiată în anul 1963 la I.C.C.P.T. Fundulea, în cadrul Laboratorului de îngrășăminte, amendamente și izotopi, de prof. dr. doc. Cristian Hera, odată cu participarea la un vast program internațional privind folosirea izotopilor radioactivi în diferențierea sistemelor de fertilizare la principalele culturi agricole. Aceste cercetări au fost începute în cadrul unor contracte de cercetare cu Agenția Internațională pentru Energie Atomică de la Viena – Diviziunea mixtă FAO/AIEA.

Având în vedere importanța rezultatelor obținute în cercetările executate în cadrul colaborării cu AIEA–Viena, însușirea tehnicilor nucleare de un număr mare de cercetători, dotarea laboratorului de izotopi și avantajele utilizării metodelor izotopice, I.C.C.P.T. Fundulea, în colaborare cu Comisia de Stat pentru Energie Nucleară, a elaborat începând cu anul 1970 un Program Național de utilizare a izotopilor în cercetarea agricolă. Acest program de folosire a izotopilor a avut ca obiectiv aprofundarea mai multor aspecte privind stabilirea sistemului de fertilizare la grâu, porumb, floarea-soarelui, soia și fasole în condiții de neirigare și irigare.

Atât în colaborările cu AIEA–Viena, cât și în cadrul Programului Național, s-a colaborat cu Institutul de Tehnologie Izotopică și Moleculară din Cluj-Napoca și cu Institutul de Fizică Atomică din Măgurele, București. În cele ce urmează

ză, se prezintă câteva din rezultatele obținute în cercetările în care s-au folosit metode izotopice.

Primele cercetări privind utilizarea izotopilor în studii privind fertilizarea au fost începute la porumb de către Hera și Șuteu, în colaborare cu Agenția Internațională pentru Energie Atomică de la Viena.

Cu ajutorul izotopului stabil al azotului ^{15}N s-a studiat absorbția de către porumb a azotului din trei forme de îngrășăminte cu azot: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3 și $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, epoca și metoda de aplicare.

Rezultatele obținute evidențiază faptul că absorbția azotului total din sol și îngrășământ în producția de coceni și boabe nu a fost influențată de metoda de aplicare și forma îngrășământului. În schimb, valorile absorbției azotului din îngrășământ sunt cu 36-55% mai mari la aplicarea în benzi la semănat față de aplicarea prin împrăștiere.

Valorile cele mai ridicate s-au obținut în cazul folosirii sulfatului de amoniu și azotatului de amoniu, îngrășăminte cu reacție fiziologică acidă care, pe tipul de sol cernoziomic, contribuie la mobilizarea fosforului din îngrășământ, datorită reacției pe care o creează în zona fertilizată.

Aplicarea în benzi, odată cu semănatul, a îngrășămintelor cu azot și fosfor duce la mărirea ritmului absorbției acestor elemente de către plantele de porumb, încă din primele faze de creștere și dezvoltare (Hera și colab., 1967, 1969).

Aplicarea în fâșii, în cursul perioadei de vegetație, lateral față de rândul semănat, duce la o bună valorificare a îngrășămintelor, direct de către producția utilă respectiv, de către boabele de porumb, mărindu-se substanțial coeficientul de utilizare a acestora (fig. 6).

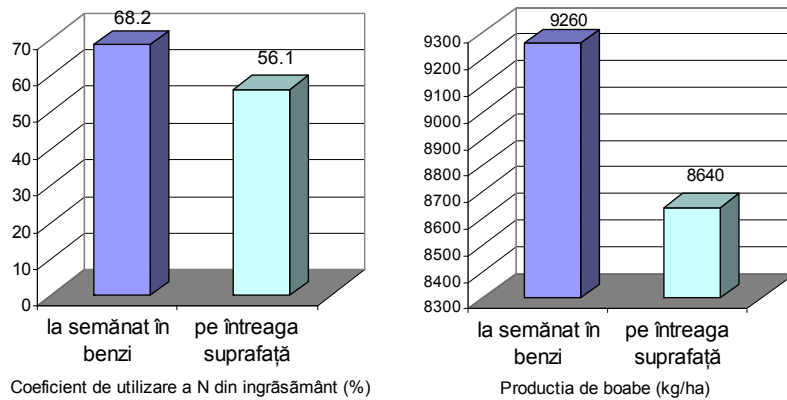


Fig. 6 – Creșterea coeficientului de utilizare a azotului din îngrășămintele chimice prin metode de fertilizare (marcări cu ^{15}N)

Rezultate asemănătoare privind epoca și metoda de aplicare a îngrășămintelor cu azot s-au obținut și la grâu și floarea-soarelui, evidențiate prin folosirea metodelor izotopice.

Influența epocii de aplicare și a formei chimice a azotului asupra absorbției azotului din îngrășământ a fost studiată și la grâu, cu ajutorul izotopului stabil al azotului ^{15}N (fig. 7).

Rezultatele obținute evidențiază că în formarea producției de boabe, epoca de aplicare a influențat în special eficacitatea azotatului de amoniu, iar la producția de paie diferențierea în funcție de epocă a fost mai mare în cazul ureii. Între cele două forme de îngrășământ diferențierea cea mai pregnantă s-a obținut la aplicarea întregii cantități de azot (120 kg N/ha) toamna, și anume: un plus de 590 kg/ha în favoarea ureii. Rezultatele au arătat că pentru formarea producției de boabe grâul de toamnă necesită o aprovizionare bună cu azot până în perioada de înflorit 50%. La nutriția grâului, dintre ionii NH_4^+ și NO_3^- mai puternic a fost absorbit ionul NO_3^- (H e r a și colab., 1973).

La floarea-soarelui s-a obținut un coeficient de utilizare a azotului de 36-45% la niveluri mari de producție acesta fiind influențat de nivelul dozelor de fosfor (H e r a , 1978).

Folosirea izotopului stabil al azotului ^{15}N este cea mai precisă metodă de calculare a cantităților de azot levigate pe profilul solului. Această problemă a fost studiată în cadrul Programului Național Nuclear, folosind azotat de amoniu marcat cu 4-5% ^{15}N (H e r a și E l i a d e, 1976; H e r a, 1977).

Rezultatele obținute au arătat că din cantitatea de 120 kg N/ha, administrată, 16 kg N/ha s-au găsit la adâncimea de 80 cm, iar din cele 240 kg N/ha administrate, 28 kg N/ha s-au găsit la 110 cm adâncime. Cantitatea de azot levigat descrește cu adâncimea pe profil, azotul provenit din îngrășământ putând fi găsit chiar la o adâncime mai mare de 200 cm.

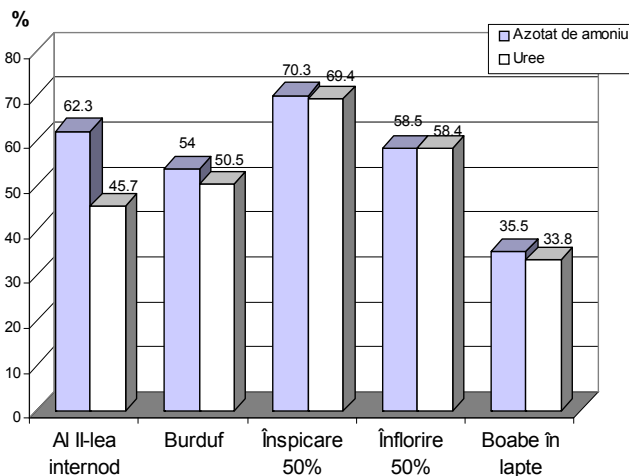


Fig. 7 – Creșterea coeficientului de utilizare a azotului din îngrășămintele chimice prin aplicări faziale (marcări cu ^{15}N)

O parte din azotul levigat în sol a fost recuperată de porumbul semănat imediat după recoltarea grâului (H e r a, 1994).

Rezultatele obținute în experiențele efectuate la soia arată că producția a crescut semnificativ numai când s-au aplicat 30 kg N/ha înainte de înflorit. La leguminoasele pentru boabe, în condițiile existenței unor tulpini bacteriene active și a unei umidități și structuri bune a solului, îngrășămintele cu azot nu sunt

necesare. Dacă activitatea bacteriană este slabă, aplicarea unor cantități mici de azot la începutul perioadei de vegetație contribuie la creșterea producțiilor.

În ultimii ani, pe plan mondial, s-au inițiat cercetări în direcția indentificării de noi asociații bacteriene fixatoare de azot și de stimularea fixării azotului de către alte plante decât leguminoasele. Asemenea cercetări au fost inițiate și în cadrul I.N.C.D.A. Fundulea de către Cr. Hera și Ana Popescu, în colaborare cu AIEA-Viena și s-au obținut rezultate încurajatoare (H e r a și colab., 1981).

Cercetările privind influența îngrășămintelor asupra calității recoltei

După cum este cunoscut, printr-o fertilizare echilibrată se poate îmbunătăți substanțial calitatea producției. De aceea, la stabilirea dozelor și a eficienței economice a aplicării îngrășămintelor, trebuie ca, pe lângă producție, să se aibă în vedere și calitatea acesteia.

Cercetările efectuate de H e r a și colaboratorii (1973, 1987) au scos în evidență influența îngrășămintelor asupra calității grâului. Îngrășămintele cu fosfor reduc conținutul procentual de azot în boabe, însă în combinație cu îngrășămintele cu azot sporesc cantitatea de proteină ce se realizează la hectar. Îngrășămintele cu azot aplicate singure sau în combinație cu cele cu fosfor măresc conținutul în azot total, acesta reprezentând factorul principal care contribuie la sporirea conținutului de proteină în bobul de grâu.

Însușirile tehnologice și de panificație se îmbunătățesc odată cu mărirea dozelor de azot, punându-se în evidență atât sporirea conținutului de gluten, cât și a indicilor de calitate a acestuia.

Și la porumb, sau la alte culturi, conținutul de proteine în bob a crescut progresiv cu doza de azot, iar îngrășămintele cu fosfor au ridicat calitatea recoltei prin sporirea cantității glutenului din boabe (C o r b e a n și colab., 1976).

Calitatea producției este direct influențată de aplicarea îngrășămintelor, iar producțiile de proteină, ulei și zahăr, la unitatea de suprafață, sunt puternic influențate de regimul de irigare. În toate condițiile pedoclimatice, îngrășămintele au influențat puternic și direct proporțional cu mărirea dozei aplicate, producția și calitatea recoltei.

Cercetările efectuate pe baza analizelor chimice au stabilit și condițiile optime de nutriție pentru ridicarea la un nivel superior al conținutului de proteină.

Datele obținute de H e r a, I d r i c e a n u și P o p e s c u (1978, 1979, 1981, 1987) arată că aplicarea îngrășămintelor cu azot pe fond echilibrat cu fosfor are ca efect ridicarea cu până la 4 procente a conținutului de proteină la grâu și cu până la 2,5 procente la porumb, față de varianta nefertilizată. Această creștere a conținutului de proteină în bob implică sporirea producției de proteină cu 200-300 kg/ha.

Determinarea conținutului în fracții proteice și aminoacizi la grâu și porumb (P o p e s c u și colab., 1981) a contribuit la stabilirea valorii biologice a proteinei, evidențiind totodată faptul că dozele moderate de fertilizare nu depreciază calitatea acestuia.

De asemenea, s-au dezvoltat cercetările privind implicațiile metabolice, asupra sintezei proteice, ale unor elemente secundare și ale microelementelor (I d r i c e a n u, 1980).

Cercetările efectuate la Fundulea în cei 50 de ani de activitate sunt numeroase și au căutat să lămurească unele aspecte ale folosirii raționale a îngrășămintelor, în vederea obținerii unor producții mari, constante, de calitate superioară, cu cheltuieli cât mai reduse, care să conducă la menținerea și creșterea fertilității solului.

Întreaga activitate desfășurată în cadrul Laboratorului de îngrășăminte a fost coordonată o perioadă de timp, după înființarea Institutului, de către dr. doc. Grigore Coculescu.

Experiențe conduse după scheme unitare și după concepții moderne de cercetare, atât pentru Institutul de la Fundulea, cât și pentru stațiunile experimentale, au fost organizate după preluarea conducerii laboratorului de către prof. dr. doc. Cristian Hera.

La obținerea multitudinii de rezultate științifice și-au adus în timp contribuția un număr însemnat de cercetători: dr. ing. Daniel Ișfan, dr. ing. Eugen Triboi, dr. ing. Vasile Mihăilă, dr. ing. Ion Toncea, dr. ing. Gheorghe Burlacu, ing. Manea Petre, ajutați de Valter Crăciun și Nicolae Neda.

În ultimii ani experimentările au fost continuate de dr. ing. Ștefania Barbu și de ing. Veronica Maravela, ajutate de Cornel Tudor.

În același timp trebuie subliniată contribuția deosebit de importantă adusă de dr. doc. Zenoviu Borlan în domeniul analitic, precum și contribuția dr. Alina Idriceanu, dr. Silviu Popescu, ing. Silvia Stan, dr. biol. Valeria Chiriță, dr. Stela Corbean și farm. Paraschiva Rusu, în domeniul influenței îngrășămintelor asupra calității recoltei.

La cunoașterea și fundamentarea transformărilor chimice sau a celor biologice care au loc în sistemul sol – plantă, ca urmare a folosirii îngrășămintelor, trebuie amintită buna colaborare cu dr. biol. Gheorghe Eliade, prof. dr. biol. Lucian Ghinea, dr. biol. Ana Popescu și dr. ing. Gheorghe Ștefanic.

O mențiune aparte trebuie făcută în ceea ce privește strânsa colaborare cu toate stațiunile experimentale, precum și cu Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului.

RESULTS REGARDING THE RATIONAL USE OF FERTILIZERS

Summary

The paper is a synthesis of the most significant results obtained along the 50 years on activity in wheat, maize, sorghum, soybean, sunflower, beans, peas and flax crops.

During the first years of activity when agriculture was supplied with small amounts of fertilizers and extensive varieties were cultivated as single crops or in a wheat-maize rotation, the necessity of using low quantities of fertilizers was proved.

The generalization of utilization into production of double maize hybrids, the achievement of intensive cultivars, as well as the intensification of agriculture determined the change of the requirements in nutrients of all the field crops, and higher fertilizers rates were necessary.

An important stage in the development of research regarding the more efficient use of fertilizers, as well as a better reading of the results by the most advanced mathematical models, was marked by setting, in 1966, of long-term experiments, by an unitary design. This conducted to the achievement of some important results regarding the influence of nitrogen, phosphorus, potassium and of their interaction, and on the organic fertilizers on the yield and quality of the main field crops, as well as, the influence on the evolution of soil fertility.

Special results were obtained in the field of liquid fertilizer utilization with and without vapour tension.

The use of nuclear techniques, starting with 1964, has allowed a precise determination of the most efficient rates, times and methods of fertilizer application which lead to the increasing of utilization coefficient of active ingredients.

Figures

- Fig. 1* – Evolution of economically optimum nitrogen and phosphorus rates in wheat cultivated after maize, at Fundulea, during 1967-2005.
- Fig. 2* – Evolution of economically optimum nitrogen and phosphorus rates in wheat cultivated after legumes, at Fundulea, during 1976-2005.
- Fig. 3* – Evolution of pH during 1967-2005, on various backgrounds, on cambic chernozem of Fundulea.
- Fig. 4* – Modification of P_{AL} content on 0-20 cm depth, on cambic chernozem of Fundulea, in the first three years of fertilizers application (1967-1970) and in the last 35 ones (1971-2005).
- Fig. 5* – Evolution of K_{AL} content (0-20 cm) depending on the nitrogen and phosphorus fertilization, on cambic chernozem of Fundulea.
- Fig. 6* – Increasing of nitrogen utilization coefficient from chemical fertilizers by fertilization methods (scoring with ^{15}N).
- Fig. 7* – Increasing of nitrogen utilization coefficient from chemical fertilizers by phasal application (scoring with ^{15}N).

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- BORLAN, Z., HERA, CR., 1973 – *Metode de apreciere a stării de fertilitate a solului în vederea folosirii raționale a îngrășămintelor*. Edit. Ceres, București.
- BURLACU, GH., ELIADE, GH., 1975 – *Rezultate preliminare privind cultura grâului după diferite premergătoare*. Analele I.C.C.P.T., Fundulea, 40, B.
- BURLACU, GH., HERA, CR., CRĂCIUN, V., 1980 – *Stabilirea sistemului de fertilizare la grâu după diferite premergătoare. I. Studiul dozelor de îngrășămintă cu azot*. Analele I.C.C.P.T., 46, B.
- COCULESCU, GR., ISFAN, D., POP, I., COIFAN, M., 1962 – *Studiul noilor soiuri de grâu de toamnă*. Analele I.C.C.P.T., 30, B.
- COCULESCU, GR., CERNESCU, LIDIA, 1963 – *Comportarea noilor soiuri de grâu de toamnă la îngrășămintă în rotația porumb – grâu*. Analele I.C.C.P.T., 31, B.
- COCULESCU, GR., 1965 – *Contribuții la stabilirea eficacității paielor și cocenilor ca îngrășămintă*. Analele I.C.C.P.T., 31, B.
- COCULESCU, GR., POP, L., COIFAN, M., 1965 – *Eficacitatea gunoiului de grajd la grâu și la porumb pe un cernoziom și un sol brun-roșcat de pădure podzolit din sudul țării*. Analele I.C.C.P.T., 31, B.
- COCULESCU, GR., CERNESCU, LIDIA, 1965 – *Comportarea noilor soiuri de grâu de toamnă la îngrășămintă în rotația porumb grâu*. Analele I.C.C.P.T., 31, B.
- COCULESCU, GR., POP, LIVIU., BOIERIU, I., SEGĂRCEANU, O. și colab., 1967 – *Influența îngrășămintelor cu azot asupra producției de grâu, în funcție de timpul aplicării lor*. Probleme agricole, 2.
- COCULESCU, GR., POP, I., ISFAN, D., AVRAM, P., SEGĂRCEANU, O., 1967 – *Influența azotatului de amoniu aplicat în diferite epoci la grâu*. Analele I.C.C.P.T., 33, B.
- COCULESCU, GR., HANDRĂ, MARGARETA., COȘOCARIU, OLTEA, ROȘCA, VALERIA, TRIBOI, E., 1968 – *Influența îngrășămintelor minerale asupra asimilării elementelor nutritive la principalele plante de cultură*. Analele I.C.C.P.T., 34, B.
- CORBEAN, STELA., HANDRĂ, MARGARETA., POP, CLAUDIA, 1976 – *Influența îngrășămintelor cu azot și fosfor asupra acumulării uleiului, proteinei și a unor compuși ai fosforului în bobul de porumb*. Analele I.C.C.P.T., XLI.
- ELIADE, GH., GHINEA, L., IONESCU, AL., ȘTEFANIC, GH., TIANU, MIHAELA, 1987 – *Rezultate obținute în domeniul chimiei și biologiei solului*. Analele I.C.C.P.T., LV, B.
- HERA, CR., 1961 – *Folosirea amoniacului ca îngrășămintă în agricultură*. Probleme agricole, 10.
- HERA, CR., ȘUTEU, GH., 1964 – *Determinarea eficienței îngrășămintelor cu azot la cultura porumbului prin folosirea ^{15}N* . Analele I.C.C.P.T., 32, B.

- HERA, CR., ȘUTEU, GH., BOLOGA, MARGARETA, 1967 – *Eficacitatea îngrășămintelor cu azot la cultura porumbului, prin folosirea izotopului stabil al azotului de masă 15*. Lucrări științifice, IANB, A.
- HERA, CR., SEGĂRCEANU, O., APOSTOL, V., TĂBĂRAN, V., NICOLAE, AURELIA, 1968 – *Rezultate experimentale cu diferite îngrășăminte cu azot la porumb*. Analele I.C.C.P.T., 34, B.
- HERA, CR., ȘUTEU, GH., BOLOGA, MARGARETA, 1968 – *Influența îngrășămintelor cu azot și fosfor, asupra absorbției acestor elemente, de către porumb în funcție de modul și epoca de aplicare*. Analele I.C.C.P.T., 34, B.
- HERA, CR., ȘUTEU, GH., BOLOGA, MARGARETA, 1968 – *Determination of the utilization coefficient of nitrogen fertilizers by maize*. Știința solului, VI, nr. 2 + 3.
- HERA, CR., ȘUTEU, GH., BOLOGA, MARGARETA, 1969 – *Studiul eficacității îngrășămintelor cu N și P la porumb și al coeficienților lor de utilizare prin folosirea ¹⁵N și ³²P*. Analele I.C.C.P.T., XXXV, B.
- HERA, CR., BURLACU, GH., MIHĂILĂ, V., 1970 – *Unele aspecte privind fertilizarea grâului de toamnă în raport cu soiul cultivat*. Probleme agricole, 8.
- HERA, CR., MIHĂILĂ, V., 1971 – *Eficiența îngrășămintelor cu potasiu la grâu și porumb*. Analele I.C.C.P.T., 37, B.
- HERA, CR., TRIBOI, E., IȘFAN, D., BURLACU, GH. și colab., 1972 – *Funcțiile de producție la fertilizarea grâului și porumbului la diferite soiuri din România*. Analele I.C.C.P.T., XXXVIII, B.
- HERA, CR., ȘUTEU, GH., TRIBOI, E., MIHĂILĂ, V., BOLOGA, MARGARETA, BURLACU, GH., STANCIU, ALEXANDRINA, 1972 – *Cercetări cu ajutorul izotopilor ¹⁵N și ³²P privind sistemul de fertilizare la soia*. Analele I.C.C.P.T., XXXVIII, B.
- HERA, CR., MIHĂILĂ, V., CREMENESCU, GH., 1972 – *Aspecte privind efectul îngrășămintelor cu potasiu la grâu și porumb*. Analele I.C.C.P.T., 38, B.
- HERA, CR., MIHĂILĂ, V., CREMENESCU, GH., TÎMPEANU, I., IONESCU, FL., AVRAM, P., DAMIAN, L., LEȘ, MARICICA, MARKUS, S. și colab., 1972 – *Cercetări privind influența îngrășămintelor asupra producției unor soiuri și linii de grâu și orz de toamnă*. Analele I.C.C.P.T., XXXVIII, B.
- HERA, CR., MIHĂILĂ, V., CREMENESCU, GH., TÎMPEANU, I., 1972 – *Influența îngrășămintelor asupra unor hibrizi de porumb cultivați pe diferite tipuri de sol din România*. An. I.C.C.P.T., XXXVIII, B.
- HERA, CR., ȘUTEU, GH., TRIBOI, E., BURLACU, GH., STANCIU, ALEXANDRINA, BOLOGA, MARGARETA, 1973 – *Studiul absorbției azotului din îngrășământ de către grâul de toamnă în funcție de epoca de aplicare și forma chimică a îngrășământului*. Analele I.C.C.P.T., XXXIX, B.
- HERA, CR., MIHĂILĂ, V., 1975 – *Influența îngrășămintelor asupra unor hibrizi de porumb pe cernoziomul mediu levigat de la Fundulea*. Analele I.C.C.P.T., 40, B.
- HERA, CR., BORLAN, Z., 1975 – *Ghid pentru alcătuirea planurilor de fertilizare* Edit. Ceres, București.
- HERA, CR., BURLACU, GH., MIHĂILĂ, V., TRIBOI, E., CREMENESCU, GH., SEGĂRCEANU, O., ȘIRBU, MARIA, IONESCU, FL., GUȚĂ, M., AVRAM, P., TÎMPEANU, I., 1976 – *Interacțiunea între azot și fosfor la porumb în experiențele de lungă durată*. Analele I.C.C.P.T., XLI, B.
- HERA, CR., 1977 – *Fertilizarea cu azot*. Probleme agricole, 1.
- HERA, CR., IDRICEANU, ALINA, STAN, SILVIA, POPESCU, S., 1978 – *Modificarea compoziției chimice și a calității recoltei la grâu sub influența fertilizării de lungă durată*. Analele I.C.C.P.T., 43.
- HERA, CR., MIHĂILĂ, V., 1979 – *Diferențierea sistemului de fertilizare la cultura porumbului*. Producția vegetală – Cereale și plante tehnice, 3.
- HERA, CR., POPESCU, S., IDRICEANU, ALINA, STAN, SILVIA, 1979 – *Influența unor factori tehnologici asupra conținutului și calității proteinei*. Analele I.C.C.P.T., 44, B.
- HERA, CR., 1979 – *The contribution of isotopes and radiation techniques to the development of agricultural production in Romania*, In: IAEA (ed) *Isotopes and radiation in research on soil - plant ships*. IAEA – SM – 235/35, Viena.
- HERA, CR., 1979 – *Some Aspect of Nitrogen Fertilization using N-15*. Proc. IAEA – SM - 235/36.

REZULTATE ALE CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL FOLOSIRII ÎNGRĂȘĂMINTELOR 307

- HERA, CR, POPESCU, ANA, BURLACU, GH., MIHĂILĂ, V., ELIADE, GH., STANCIU, ALEXANDRINA, BOLOGA, MARGARETA, 1981 – *Estimarea cantității de azot fixat biologic prin utilizarea metodei izotopice (^{15}N)*. Analele I.C.C.P.T., 47.
- HERA, CR., MIHĂILĂ, V., 1981 – *Schimbări ale unor indici agrochimici ai solului prin aplicarea îngrășămintelor*. Analele I.C.C.P.T., 47.
- HERA, CR., 1982 – *Unele cercetări și rezultate obținute în domeniul fertilizării plantelor de câmp în cei 25 de ani de activitate a institutului de la Fundulea*. Analele I.C.C.P.T., L.
- HERA, CR., IDRICEANU, ALINA, STAN, SILVIA, POPESCU, S., VINEȘ, IULIANA, 1982 – *Înfluența fertilizării asupra calității recoltei la porumb*. Analele I.C.C.P.T., L.
- HERA, CR., BURLACU, GH., CREMENESCU, GH., CEAUȘU, C., 1982 – *Efectul inhibitorului de nitrificare N – Serve, asupra producției unor culturi de câmp*. Analele I.C.C.P.T., L.
- HERA, CR., PETRE, M., PÂRJOL-SĂVULESCU, LIANA, 1982 – *Eficacitatea fertilizării foliare la unele culturi de câmp*. Analele I.C.C.P.T., XLIX.
- HERA, CR., IDRICEANU, ALINA, BOLOGA, MARGARETA, 1984 – *Tehnici nucleare în agricultură*. Edit. Științifică și Enciclopedică, București: 102-237.
- HERA, CR., 1987 – *Cercetări privind folosirea rațională a îngrășămintelor*. Analele I.C.C.P.T., LV.
- HERA, CR., 1996 – *The role of inorganic fertilizers and their management practices*. Fertilizers and Environment C. Radriquez – Burrneco, Kluwer Academy Publishers.
- HERA, CR., 2002 – *Fertilitatea solului, factor hotărâtor în dezvoltarea durabilă și performanță. Folosirea rațională și conservarea solurilor românești*. Editura Academiei Române.
- HERA, CR., 2006 – *Solul – garanție a dezvoltării durabile și a siguranței alimentare*. Lumea rurală – astăzi și mâine. Editura Academiei Române.
- MIHĂILĂ, V., HERA, CR., 1994 – *Some recent results from the long-term experiments*. Agricultural and Ecological Sciences. CAB Internațional.
- PETRE, M., 1984 – *Folosirea îngrășămintelor chimice lichide în agricultură*. Producția vegetală – Cereale și plante tehnice, 12.

Prezentată Comitetului de redacție la 20 aprilie 2007