

## **INFLUENȚA FERTILIZĂRII ORGANO-MINERALE DE LUNGĂ DURATĂ ASUPRA PRODUCȚIILOR DE PORUMB OBȚINUTE ÎN CONDIȚII DE IRIGARE**

### **INFLUENCE OF LONG-TERM ORGANO-MINERAL FERTILIZATION ON MAIZE YIELD UNDER IRRIGATION**

GINA ZAHARIA<sup>1</sup>, ALEXANDRU COCIU<sup>1</sup>

#### **Abstract**

Nowadays, under maximum concerns to obtain qualitatively high and stable yields, when industrial fertilizers are produced and applied with raise value and energetic efforts, the organization of agricultural fertilization based on economical principles has become a priority. The performed researches basically had data obtained in fertilizer long-term experiments. Experiment with increased nitrogen (0-240 kg) and phosphorus (0-120 kg) rates, and organic fertilization performed during last 42 years in the South of Romania, on chernozem of Fundulea, under irrigation conditions were analyzed to determine the evolution of maize yield, fertilizer supply and efficiency.

During 2000-2007, the quantities of economically optimum nitrogen range between 102-179 kg/ha and yield gain for each kilogram of applied nitrogen has values between 17-21 kg grains. The application of organic fertilizers, especially manure, contributes to decreasing economically optimum rates, to 100-140 kg N/ha and to the increasing of average yield gain. In order to achieve some optimum yields, over 9 tons/ha, 140-166 kg N/ha and 41-73 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha are necessary, according to yield equations performed during 8 years of analysis. By the application of organic fertilizers, a diminution of these rates with 10-20 kg N/ha and 30-35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha are achieved. The organic fertilizer application influences the efficiency of nitrogen acquisition, the manure being superior. The regression line of nitrogen acquisition efficiency, in the case of vegetal residues application, presents the highest slope; thus, by increasing of nitrogen availability with 1 kg/ha, the nitrogen extracted with yield increases with 1,188 kg/ha. The coefficients of nitrogen utilization have values of 38% in variant fertilized only with mineral fertilizers and of 40-45% by organic-mineral fertilization. The moderate quantities of nitrogen and phosphorus fertilizers had high economical and technological efficiency in irrigated maize, with yield gains per area unit and at 1 kg a.i., which exceed two-six times the fertilizer costs, leading to crop efficiency.

**Key words:** nitrogen, phosphorus, manure, crop residue, long term field experiments.

#### **INTRODUCERE**

Rolul îngrășămintelor în obținerea unor producții ridicate și cu indici calitativi superiori este cunoscut și confirmat de numeroase cercetări, între cantita-

---

<sup>1</sup>I.N.C.D.A. Fundulea, 915200 Fundulea, județul Călărași, e-mail: g\_hbdn@yahoo.com

tea de îngrășăminte folosită și producția obținută existând o corelație pozitivă strânsă.

Fertilizarea culturilor agricole rămâne una din căile cele mai importante prin care se poate acționa asupra recoltelor (B o r l a n și H e r a, 1984; H e r a, 1996). 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 (H e r a și colab., 1972; C o r b e a n și colab., 1976; H e r a și M i h ă i l ă, 1979; H e r a și colab., 1982).

Producția de porumb este, în mare parte, determinată de administrarea îngrășămintelor cu azot, în strânsă interdependență cu condițiile specifice ale anului și starea de vegetație a culturii (C a l a n c e a, 1990; G o i a n și colab., 2004).

În majoritatea experiențelor de lungă durată, combinația dintre fertilizarea chimică (NPK) cu cea organică (gunoi de grajd) a dat cele mai bune producții în multe locuri din lume (L i n și colab., 1996; W a n g și colab., 2002). Ordinea producțiilor medii obținute a fost: GgNPK>GgNP>NPK>GgN>NP>Gg>N>zero (L a l și M a t h u r, 1989; K a b e r a t h u m m a și colab., 1993; V a t s și colab., 2001; Y a n g și colab., 2004). Cele mai mici producții s-au obținut la nefertilizat, acestea scăzând de-a lungul timpului, indicând o scădere a fertilității solului în timp (K u m a r și colab., 2000; Y a n g și colab., 2004).

Optimizarea nutriției la cultura porumbului în contextul unei agriculturi durabile contribuie la creșterea profiturilor nete, la conservarea și ameliorarea solului, precum și la limitarea efectelor poluării.

Pentru realizarea acestui obiectiv pe cernoziomul de la Fundulea s-au efectuat în perioada 2000-2007 cercetări la porumbul irigat, urmărindu-se răspunsul culturii de porumb la aplicarea îngrășămintelor care au contribuit la obținerea unor producții mari și stabile, la determinarea dozelor optime din punctul de vedere al eficienței economice și al menținerii și îmbunătățirii calității solurilor.

## MATERIALUL ȘI METODA DE CERCETARE

Cercetările efectuate la porumbul irigat au avut la bază experiențele de lungă durată cu îngrășăminte, cu trei factori, în 4 repetiții, în cadrul unui asolament de trei ani: grâu, porumb, floarea-soarelui.

Factorul A – fosforul, cu 4 graduări constituite în doze de: 0, 40, 80, 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, care s-au administrat sub formă de superfosfat, odată cu lucrarea de bază a solului.

Factorul B – îngrășăminte organice: fără îngrășăminte organice, resturi vegetale (4-6 t/ha paie grâu), gunoi de grajd (30-40 t/ha, o dată la 3 ani, după grâu).

Factorul C – azotul, cu graduările: 0, 60, 120, 180, 240 kg N/ha.

Rezultatele de producție au fost prelucrate statistic prin metoda curbelor de răspuns, determinându-se nivelul maxim și cel optim economic al dozelor de îngrășăminte și al producțiilor pentru a evidenția prioritar efectele dozelor moderate de îngrășăminte în obținerea de producții ridicate și eficiente econo-

mic și totodată pentru a evita fenomene de poluare sau risipă de îngrășăminte și cheltuieli inutile.

Pentru a caracteriza capacitatea de extragere a azotului s-a folosit regresia lineară dintre azotul extras cu producția de fiecare variantă și azotul disponibil. Cantitatea de azot extras cu producția de boabe, în medie pe toate variantele testate, a fost folosită ca o estimare a disponibilității azotului. Interceptul regresiei (coeficientul a) a fost considerat o estimare a eficienței achiziționării azotului (Săulescu și colab., 2005).

Pentru estimarea condițiilor de umiditate în perioada de vegetație a porumbului a fost utilizat coeficientul hidrotermic (CHT), care permite o bună apreciere a fenomenului de secetă pentru perioada caldă a anului (lunile aprilie - octombrie), întrucât ia în calcul precipitațiile de vară și temperaturile din această perioadă (tabelul 1).

*Tabelul 1*

**Valorile coeficientului hidrotermic (Hydrothermal coefficient values)**

| Perioada analizată    | CHT (semnificație) |             |             |             |             |             |             |             |
|-----------------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                       | 2000               | 2001        | 2002        | 2003        | 2004        | 2005        | 2006        | 2007        |
| Aprilie               | 1,2<br>(SU)        | 1,6<br>(O)  | 0,8<br>(S)  | 1,5<br>(O)  | 0,2<br>(ES) | 0,6<br>(S)  | 1,8<br>(UE) | 0,1<br>(ES) |
| Mai                   | 0,6<br>(S)         | 0,7<br>(S)  | 0,3<br>(ES) | 0,3<br>(ES) | 1,5<br>(O)  | 1,8<br>(UE) | 1,0<br>(S)  | 0,4<br>(ES) |
| Iunie                 | 0,4<br>(ES)        | 1,9<br>(UE) | 1,0<br>(S)  | 0,3<br>(ES) | 1,3<br>(SU) | 2,7<br>(E)  | 1,2<br>(SU) | 0,3<br>(ES) |
| Iulie                 | 0,3<br>(ES)        | 0,7<br>(S)  | 3,4<br>(E)  | 0,9<br>(S)  | 0,9<br>(S)  | 2,5<br>(E)  | 0,9<br>(S)  | 0,7<br>(S)  |
| August                | 0,1<br>(ES)        | 0,8<br>(S)  | 1,5<br>(O)  | 0,1<br>(ES) | 1,5<br>(O)  | 2,1<br>(E)  | 0,8<br>(S)  | 1,1<br>(SU) |
| Septembrie            | 1,6<br>(O)         | 0,6<br>(S)  | 1,2<br>(SU) | 2,5<br>(E)  | 0,6<br>(S)  | 4,4<br>(E)  | 0,9<br>(S)  | 0,4<br>(ES) |
| Octombrie             | 0,1<br>(ES)        | 0,2<br>(ES) | 3,8<br>(E)  | 1,9<br>(UE) | 0,5<br>(ES) | 3,7<br>(E)  | 0,4<br>(ES) | 1,3<br>(SU) |
| Perioada de vegetație | 0,6<br>(S)         | 0,9<br>(S)  | 1,7<br>(O)  | 1,1<br>(SU) | 0,9<br>(S)  | 2,5<br>(E)  | 1,0<br>(S)  | 0,6<br>(S)  |

ES – extrem secetos; S – secetos; SU – secetă ușoară;  
O – optim; UE – ușor excedentar; E – excedentar.

Analizând valorile coeficientului hidrotermic, se constată că peste 75% din anii experimentali au fost afectați de secetă în perioada de vegetație a culturii porumbului. Conform valorilor coeficientului hidrotermic anul 2002 este optim, iar anul 2005 este excedentar. Urmărind evoluția valorilor coeficientului hidrotermic se constată menținerea secetelor de-a lungul perioadei de vegetație a porumbului în anul 2000 și 2007. În 2001 și 2004 se constată alternarea de-a lungul perioadei a lunilor secetoase cu luni optime, iar în 2003 și 2006 seceta se menține, exceptând perioadele semănat – răsărit și maturitatea plantelor. Anul 2002, considerat optim din punctul de vedere al condițiilor climatice înregistrate, debutează cu o perioadă de secetă, urmată în perioada generativă a plantelor

de o perioadă optimă. În condițiile anului 2005 se înregistrează valori ale coeficientului hidrotermic mai mari de 1,71 exceptând perioada semănat-răsărit (tabelul 1).

### REZULTATE EXPERIMENTALE

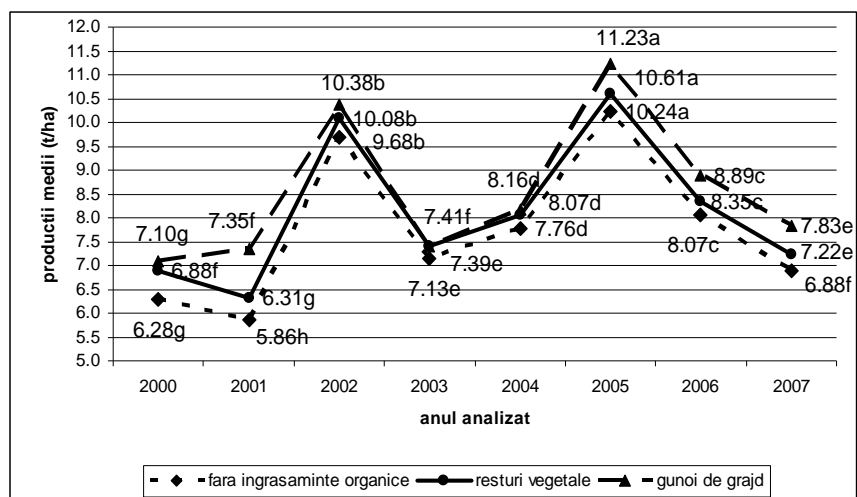
Pentru a înlătura efectul întâmplător al acțiunii factorilor analizați prin introducerea în analiza varianței a producțiilor medii obținute în cei opt ani analizați (tabelul 2), pe baza probei F, se poate trage concluzia că fluctuațiile producțiilor de la un an la altul sunt mari, ca urmare a condițiilor climatice care au influențat direct producțiilor obținute, iar acțiunile combinate între factori sunt foarte semnificative, ceea ce susține concluzia că influența anilor nu înlătură influența factorilor analizați asupra producțiilor.

Tabelul 2

**Analiza varianței pentru producția medie pe 8 ani (2000-2007)  
la porumbul irigat**  
(ANOVA for average maize yield obtained under irrigation  
for 8 years – 2000-2007)

| Factorul experimental      | SP      | GL   | s <sup>2</sup> | Fc        | Ft <sub>5%</sub> | Ft <sub>1%</sub> |
|----------------------------|---------|------|----------------|-----------|------------------|------------------|
| A – anul analizat          | 4626,12 | 7    | 660,88         | 2307,84** | 2,49             | 3,64             |
| Ea                         | 6,01    | 21   | 0,29           |           |                  |                  |
| B – îngrășămintă cu fosfor | 108,28  | 3    | 36,09          | 159,75**  | 2,74             | 4,08             |
| AB                         | 67,35   | 21   | 3,21           | 14,19**   | 1,72             | 2,15             |
| Eb                         | 16,27   | 72   | 0,23           |           |                  |                  |
| C – îngrășămintă organice  | 153,59  | 2    | 76,80          | 423,20**  | 3,00             | 4,60             |
| AC                         | 106,08  | 14   | 7,58           | 41,75**   | 1,70             | 2,09             |
| BC                         | 11,26   | 6    | 1,88           | 10,34**   | 2,09             | 2,80             |
| ABC                        | 64,29   | 42   | 1,53           | 8,44**    | 1,39             | 1,59             |
| D – îngrășămintă cu azot   | 2026,91 | 4    | 506,73         | 2792,42** | 2,37             | 3,32             |
| AD                         | 441,82  | 28   | 15,78          | 86,95**   | 1,46             | 1,74             |
| BD                         | 11,88   | 12   | 0,99           | 5,45**    | 1,75             | 2,18             |
| ABD                        | 51,98   | 84   | 0,62           | 3,41**    | 1,27             | 1,39             |
| CD                         | 65,46   | 8    | 8,18           | 45,09**   | 1,94             | 2,51             |
| ACD                        | 60,97   | 56   | 1,09           | 6,00**    | 1,33             | 1,49             |
| BCD                        | 19,30   | 24   | 0,80           | 4,43**    | 1,52             | 1,79             |
| ABCD                       | 100,52  | 168  | 0,60           | 3,30**    | 1,00             | 1,00             |
| Ec                         | 243,89  | 1344 | 0,18           |           |                  |                  |

Rezultatele obținute, redate în figura 1, arată influența pregnantă a condițiilor climatice înregistrate în fiecare an asupra producțiilor. Astfel, în condițiile aplicării îngrășămintelor chimice cu azot și fosfor (N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>), se observă obținerea celei mai mari producții, de 10,24 t/ha, în condițiile anului 2005. Producțiile medii scad foarte semnificativ în funcție de condițiile climatice, cele mai mici înregistrându-se în anii 2000-2001.



Mediile urmate de aceeași literă nu sunt semnificativ diferite conform testului Student

| DL                         | 5%   | 1%   | 0,1%  |
|----------------------------|------|------|-------|
| Fără îngrășăminte organice | 0,09 | 0,12 | 0,15* |
| Resturi vegetale           | 0,11 | 0,14 | 0,18* |
| Gunoi de grajd             | 0,11 | 0,15 | 0,19* |

(\*indică DL folosit)

Fig. 1 – Influența climei anului asupra producțiilor medii obținute la porumbul irigat, Fundulea (Year's climate influence on average maize yield under irrigation conditions at Fundulea)

Prin fertilizarea organică cu resturi vegetale și chimică cu N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>, se observă o creștere a nivelului producțiilor cu 0,26-0,60 t/ha. Sporurile prin aplicarea gunoiului de grajd pe fondul fertilizării minerale variază față de fertilizat organic cu resturi vegetale, fiind mai mici în condițiile anilor 2000, 2002, 2003, 2004 și mai mari în restul anilor.

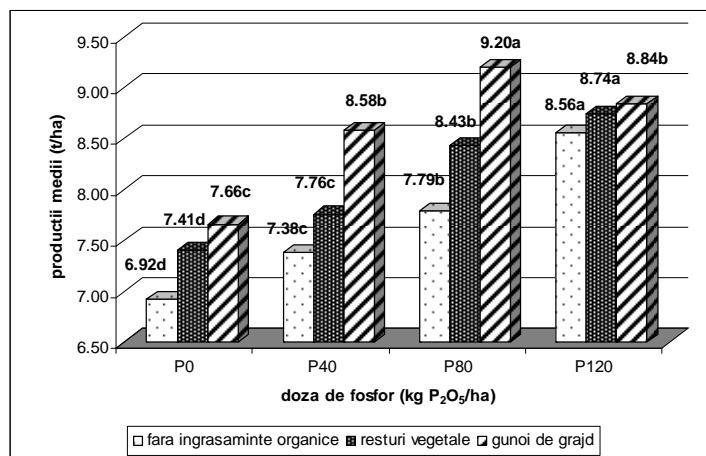
Urmărind relațiile dintre cantitatea de precipitații înregistrate în perioada de vegetație și producțiile medii obținute se constată rapoarte de corelație distincte și foarte semnificative. În lipsa fertilizării chimice se constată o relație foarte semnificativă între nivelul producțiilor și cantitatea de precipitații înregistrată în perioada de vegetație. Prin acțiunea lor directă sau indirectă de conservare a apei în sol, resturile vegetale și gunoiul de grajd fac ca relațiile dintre nivelul producției și cantitatea de precipitații înregistrate să fie distinct semnificative. În condițiile aprovizionării optime cu elemente nutritive, limitarea nivelului producției este dată de asigurarea cu apă, adică de elementul care se află cât mai aproape de minim. De aceea, rapoartele de corelație dintre producție și cantitatea de precipitații căzute în perioada de vegetație sunt foarte semnificative (tabelul 3).

Tabelul 3

**Ecuatiile și rapoartele de corelație descrise de relațiile dintre producțiile medii obținute și cantitatea de precipitații înregistrată în perioada de vegetație la porumbul irigat**  
(Equations and coefficients of correlation between obtained average maize yield and rainfall amount registered during the vegetation period)

| Varianta experimentală                               | Ecuatia producției     | Raport de corelație |
|------------------------------------------------------|------------------------|---------------------|
| N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>                        | $y = 3,3310 + 0,0050x$ | $r = 0,8349^{**}$   |
| N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> + Resturi vegetale     | $y = 4,3648 + 0,0040x$ | $r = 0,7671^*$      |
| N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> + Gunoi de grajd       | $y = 4,8392 + 0,0048x$ | $r = 0,8149^*$      |
| N <sub>opt</sub> P <sub>opt</sub>                    | $y = 5,4799 + 0,0083x$ | $r = 0,9256^{**}$   |
| N <sub>opt</sub> P <sub>opt</sub> + Resturi vegetale | $y = 6,4829 + 0,0070x$ | $r = 0,9305^{**}$   |
| N <sub>opt</sub> P <sub>opt</sub> + Gunoi de grajd   | $y = 7,1524 + 0,0065x$ | $r = 0,9420^{**}$   |

Analizând aceste rezultate, se observă influența foarte semnificativă a fertilizării unilaterale cu fosfor supra producțiilor medii obținute. Sporurile de producție obținute prin fertilizarea unilaterală cu fosfor sunt cuprinse între 0,46 și 1,64 t/ha. Cele mai mari producții se obțin prin aplicarea fosforului în doze cuprinse între 80 și 120 kg/ha. Față de varianta nefertilizată, aplicarea a 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha asigură sporuri medii foarte semnificative, de 0,58 t/ha. Fertilizarea cu fosfor pe fondul gunoiului de grajd asigură sporuri de producție foarte semnificative. Astfel, prin aplicarea a 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha s-a obținut o producție de 9,20 t/ha (figura 2).



Mediile urmate de aceeași literă nu sunt semnificativ diferite conform testului Student

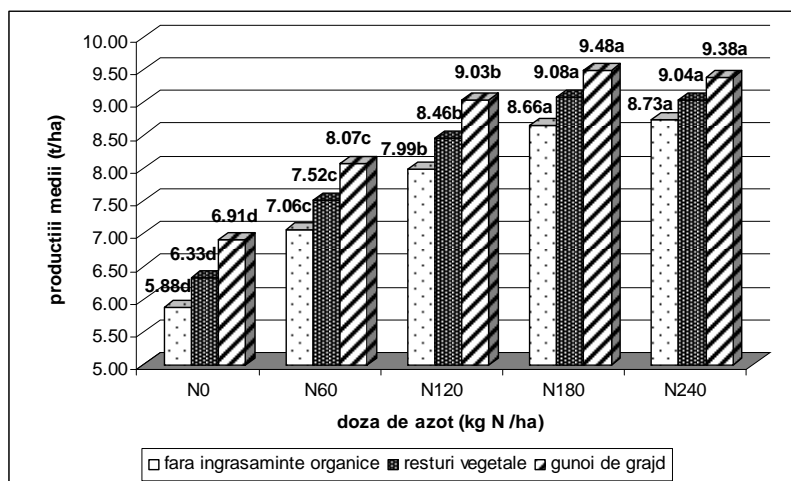
| DL                         | 5%   | 1%   | 0,1%  |
|----------------------------|------|------|-------|
| Fără îngrășăminte organice | 0,15 | 0,20 | 0,24* |
| Resturi vegetale           | 0,15 | 0,21 | 0,28* |
| Gunoi de grajd             | 0,18 | 0,24 | 0,32* |

(\*indică DL folosit)

**Fig. 2** – Influența fertilizării cu fosfor asupra producțiilor medii obținute la porumbul irigat.  
Fundulea, 2000-2007  
(The influence of phosphorus fertilization on average maize yield under irrigation.  
Fundulea, 2000-2007)

Factorul principal în creșterea producției la porumbul irigat l-a constituit azotul. Astfel, sporurile de producție față de varianta nefertilizată cu azot au fost cuprinse între 2,5 și 3,0 t/ha. Indiferent de agrofondul organic sau mineral existent, aplicarea dozelor crescânde de azot a asigurat creșteri foarte semnificative de recoltă, până la nivelul dozei de 180 kg N/ha, dincolo de care sporurile obținute sunt nesemnificative (figura 3).

Potențialul de producție al solurilor nefertilizate o perioadă îndelungată a asigurat obținerea de producții la porumbul irigat, cuprinse între 4,07 și 7,14 t/ha, care reflectă totodată și favorabilitatea condițiilor naturale din această zonă. Aplicarea îngrășămintelor cu azot în doze optime economic a determinat realizarea de producții cuprinse între 6,97 și 11,93 t/ha, sporul de producție față de martorul nefertilizat (N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>) situându-se între 2,64 și 4,90 t/ha, iar față de varianta fertilizată numai cu fosfor (N<sub>0</sub>P<sub>80</sub>) - între 1,67 și 4,32 t/ha. Dozele optime economic au fost cuprinse între 146 și 179 kg N/ha. Prin aplicarea fertilizării unilaterale cu azot se obțin sporuri de producție de 11,4-25,1 kg porumb/kg azot, iar prin fertilizarea cu azot pe fond uniform de fosfor (80 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) se obțin sporuri de 10,8-19,5 kg porumb/ kg NP. Coeficientul de valorificare al azotului are valori cuprinse între 25,2 și 55,3 %, cu valori mai mari în anii favorabili din punct de vedere climatic (tabelul 4).



Mediile urmate de aceeași literă nu sunt semnificativ diferite conform testului Student

| DL                         | 5%   | 1%   | 0,1%  |
|----------------------------|------|------|-------|
| Fără îngrășămintă organice | 0,09 | 0,12 | 0,15* |
| Resturi vegetale           | 0,10 | 0,13 | 0,17* |
| Gunoii de grajd            | 0,09 | 0,12 | 0,16* |

(\*indică DL folosit)

Fig. 3 – Influența fertilizării cu azot asupra producțiilor medii obținute la porumbul irigat. Fundulea, 2000-2007

(The influence of nitrogen fertilization on maize yield under irrigation. Fundulea, 2000-2007)

Tabelul 4

**Influența îngrășămintelor minerale cu azot și fosfor asupra producției de porumb (t/ha),  
în condiții de irigare**

(The influence of nitrogen and phosphorus fertilization on maize yield  
under irrigation, t/ha)

| Specificare                                              | Localitatea Fundulea |      |       |      |      |       |      |      |
|----------------------------------------------------------|----------------------|------|-------|------|------|-------|------|------|
|                                                          | 2000                 | 2001 | 2002  | 2003 | 2004 | 2005  | 2006 | 2007 |
| Martor (N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> )                  | 4,11                 | 4,07 | 7,14  | 4,62 | 5,63 | 7,03  | 4,97 | 4,84 |
| Eficiența fertilizării cu azot                           |                      |      |       |      |      |       |      |      |
| N <sub>0</sub> P <sub>80</sub>                           | 4,35                 | 4,33 | 7,68  | 5,05 | 5,80 | 7,61  | 5,45 | 5,81 |
| N <sub>60</sub> P <sub>80</sub>                          | 5,01                 | 5,49 | 8,35  | 6,30 | 6,84 | 8,73  | 7,53 | 6,57 |
| N <sub>120</sub> P <sub>80</sub>                         | 6,80                 | 6,94 | 10,04 | 7,99 | 7,43 | 11,86 | 8,51 | 7,38 |
| N <sub>180</sub> P <sub>80</sub>                         | 7,34                 | 7,55 | 11,13 | 8,29 | 8,81 | 12,18 | 8,86 | 7,75 |
| N <sub>240</sub> P <sub>80</sub>                         | 7,54                 | 7,66 | 10,98 | 8,54 | 8,53 | 12,10 | 9,29 | 7,38 |
| N optim (kg/ha)                                          | 162                  | 179  | 164   | 176  | 150  | 172   | 174  | 146  |
| Producția optimă (t/ha)                                  | 7,11                 | 6,97 | 10,82 | 8,19 | 8,43 | 11,93 | 8,73 | 7,48 |
| Spor de producție față de N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>  | 3,00                 | 2,90 | 3,68  | 3,57 | 2,80 | 4,90  | 3,76 | 2,64 |
| Spor de producție față de N <sub>0</sub> P <sub>80</sub> | 2,76                 | 2,64 | 3,14  | 3,14 | 2,63 | 4,32  | 3,28 | 1,67 |
| Spor de producție la 1 kg N                              | 17,0                 | 14,0 | 19,2  | 17,8 | 17,5 | 25,1  | 18,9 | 11,4 |
| Spor de producție la 1 kg NP                             | 12,4                 | 10,8 | 15,1  | 13,9 | 12,2 | 19,5  | 17,8 | 11,7 |
| Coeficient de valorificare N (%)                         | 37,4                 | 30,8 | 42,1  | 39,2 | 36,6 | 55,3  | 41,6 | 25,2 |

Pe fondul aplicării resturilor vegetale ca îngrășământ organic, dar fără fertilizare chimică, se constată obținerea unor producții medii de porumb cuprinse între 4,71 și 7,60 t/ha. Prin fertilizare chimică se obțin producții optime economic, de peste 7,70 t/ha. Ca urmare a îmbunătățirii condițiilor de mineralizare prin conservarea apei în sol, cantitățile de azot optime economic necesare obținerii producțiilor optime scad până la 132 kg N/ha, prin menținerea resturilor vegetale la suprafața solului. Sporurile de producție față de martorul nefertilizat sunt cuprinse între 2,03 și 4,68 t/ha, iar față de varianta fertilizată numai cu fosfor se situează între 1,56 și 4,07 t/ha. Sporul de producție la 1 kg N are valori cuprinse între 11,4 și 24,2 kg boabe porumb, iar la 1 kg NP se situează între 9,3 și 18,9 kg boabe porumb. Coeficientul de valorificare al azotului are valori cuprinse între 24,9 și 53,3 % (tabelul 5).

Prin aplicarea gunoiului de grajd, în varianta nefertilizat chimic se obțin producții medii cuprinse între 5,10 și 8,45 t/ha. Pentru obținerea unor producții optime economic aproximativ egale celor obținute prin aplicarea resturilor vegetale sunt necesare doze optime de azot mai mici, acestea având valori cuprinse între 102 și 147 kg N/ha. Această scădere a necesarului de îngrășămintă cu azot este datorată aportului de elemente nutritive și îmbunătățirii materiei organice a solului prin aplicarea gunoiului de grajd. Prin fertilizare chimică pe fondul aplicării gunoiului de grajd sporurile de producție sunt cuprinse între



Tabelul 5

**Influența îngrășămintelor chimice cu azot și fosfor, pe fondul aplicării resturilor vegetale ca îngrășământ organic, asupra producției de porumb (t/ha), în condiții de irigare**  
 (The influence of nitrogen and phosphorus fertilization under crop residue applied as organic fertilizer on maize yield under irrigation, t/ha)

| Specificare                                              | Localitatea Fundulea |      |       |      |      |       |      |      |
|----------------------------------------------------------|----------------------|------|-------|------|------|-------|------|------|
|                                                          | 2000                 | 2001 | 2002  | 2003 | 2004 | 2005  | 2006 | 2007 |
| Martor (N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> )                  | 5,36                 | 4,86 | 7,60  | 4,71 | 5,85 | 7,27  | 6,18 | 5,66 |
| Eficiența fertilizării cu azot                           |                      |      |       |      |      |       |      |      |
| N <sub>0</sub> P <sub>80</sub>                           | 5,64                 | 5,61 | 7,97  | 5,28 | 6,40 | 7,88  | 6,85 | 6,13 |
| N <sub>60</sub> P <sub>80</sub>                          | 6,31                 | 7,19 | 9,47  | 6,32 | 7,93 | 9,93  | 8,38 | 6,99 |
| N <sub>120</sub> P <sub>80</sub>                         | 8,01                 | 7,83 | 10,53 | 8,03 | 8,60 | 11,82 | 8,96 | 7,59 |
| N <sub>180</sub> P <sub>80</sub>                         | 8,84                 | 8,55 | 11,31 | 8,94 | 8,97 | 12,36 | 9,48 | 8,05 |
| N <sub>240</sub> P <sub>80</sub>                         | 8,70                 | 8,61 | 11,00 | 8,73 | 8,99 | 11,86 | 9,28 | 7,93 |
| N optim (kg/ha)                                          | 155                  | 132  | 141   | 171  | 144  | 168   | 152  | 138  |
| Producția optimă (t/ha)                                  | 8,47                 | 7,89 | 10,95 | 8,62 | 8,77 | 11,95 | 9,31 | 7,69 |
| Spor de producție față de N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>  | 3,11                 | 3,03 | 3,35  | 3,91 | 2,92 | 4,68  | 3,13 | 2,03 |
| Spor de producție față de N <sub>0</sub> P <sub>80</sub> | 2,83                 | 2,28 | 2,98  | 3,34 | 2,37 | 4,07  | 2,46 | 1,56 |
| Spor de producție la 1 kg N                              | 18,3                 | 17,3 | 21,1  | 19,5 | 16,5 | 24,2  | 16,2 | 11,4 |
| Spor de producție la 1 kg NP                             | 13,2                 | 14,3 | 15,2  | 15,6 | 13,0 | 18,9  | 13,5 | 9,3  |
| Coefficient de valorificare N (%)                        | 40,2                 | 38,1 | 46,8  | 43,0 | 36,3 | 53,3  | 35,7 | 24,9 |

Tabelul 6

**Influența îngrășămintelor chimice cu azot și fosfor pe fondul aplicării gunoii de grajd asupra producției de porumb (t/ha), în condiții de irigare**  
 (The influence of nitrogen and phosphorus fertilization by manure application on maize yield, under irrigation, t/ha)

| Specificare                                              | Localitatea Fundulea |      |       |      |       |       |      |      |
|----------------------------------------------------------|----------------------|------|-------|------|-------|-------|------|------|
|                                                          | 2000                 | 2001 | 2002  | 2003 | 2004  | 2005  | 2006 | 2007 |
| Martor (N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> )                  | 6,01                 | 5,68 | 8,15  | 5,10 | 6,86  | 8,45  | 7,19 | 6,27 |
| Eficiența fertilizării cu azot                           |                      |      |       |      |       |       |      |      |
| N <sub>0</sub> P <sub>80</sub>                           | 6,68                 | 6,22 | 8,62  | 5,53 | 7,55  | 9,17  | 8,31 | 6,33 |
| N <sub>60</sub> P <sub>80</sub>                          | 8,77                 | 8,85 | 10,79 | 7,34 | 8,95  | 10,93 | 8,85 | 7,21 |
| N <sub>120</sub> P <sub>80</sub>                         | 9,27                 | 8,88 | 11,88 | 8,50 | 9,16  | 12,12 | 9,46 | 8,04 |
| N <sub>180</sub> P <sub>80</sub>                         | 9,30                 | 8,95 | 11,88 | 9,82 | 10,30 | 12,46 | 9,89 | 8,45 |
| N <sub>240</sub> P <sub>80</sub>                         | 9,54                 | 8,86 | 11,28 | 9,49 | 10,22 | 12,14 | 9,52 | 8,67 |
| N optim (kg/ha)                                          | 115                  | 119  | 107   | 147  | 135   | 134   | 127  | 102  |
| Producția optimă (t/ha)                                  | 9,01                 | 8,86 | 11,20 | 8,92 | 9,88  | 12,17 | 9,64 | 7,91 |
| Spor de producție față de N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>  | 3,00                 | 3,18 | 3,05  | 3,82 | 3,02  | 3,72  | 2,45 | 1,64 |
| Spor de producție față de N <sub>0</sub> P <sub>80</sub> | 2,33                 | 2,64 | 2,58  | 3,39 | 2,33  | 3,00  | 2,33 | 1,58 |
| Spor de producție la 1 kg N                              | 20,3                 | 22,2 | 24,1  | 23,1 | 17,3  | 22,4  | 18,4 | 15,5 |
| Spor de producție la 1 kg NP                             | 15,4                 | 15,6 | 16,3  | 16,8 | 14,1  | 17,4  | 11,8 | 9,0  |
| Coefficient de valorificare N (%)                        | 44,7                 | 48,9 | 53,1  | 50,7 | 38,1  | 49,3  | 40,5 | 34,1 |

1,64 și 3,82 t/ha față de  $N_0P_0$  și între 1,58 și 3,39 t/ha față de  $N_0P_{80}$ . Prin aplicarea fertilizării unilaterale cu azot se obțin sporuri de producție de 15,5-24,1 kg boabe porumb/kg azot, iar prin fertilizarea cu azot pe fond uniform de fosfor (80 kg  $P_2O_5$ /ha) se obțin sporuri de 9-17,4 kg boabe porumb/kg NP. Coeficientul de valorificare al azotului din îngrășămintele chimice are valori cuprinse între 34,1 și 53,1% (tabelul 6).

Ecuatiile de producție (y) la porumb în funcție de doza de azot (N) și cea de fosfor (P), rezultate ca medie a anilor 2000-2007, la Fundulea, în condiții de irigare pe diferite agrofonduri de îngrășămintă organice sunt următoarele:

➤ fără îngrășământ organic:

$$y = 5,4943 + 0,013370 N - 0,000066210 N^2 + 0,031808 P - 0,000082416 P^2 + 0,000007990 NP$$

$$n = 0,9610^{**}$$

Producția medie maximă corespunzătoare acestei ecuații este de 9,67 t/ha care se obține prin aplicarea a 227 kg N/ha și 166 kg  $P_2O_5$ /ha. Producția medie optimă economic este de 9,23 t/ha, prin aplicarea a 166 kg N/ha și a 73 kg  $P_2O_5$ /ha.

➤ cu îngrășământ organic – resturi vegetale :

$$y = 6,2019 + 0,006306 N - 0,000039219 N^2 + 0,033287 P - 0,000093240 P^2 + 0,000012406 NP$$

$$n = 0,9509^{**}$$

Dozele de azot și fosfor corespunzătoare producției maxime de 9,74 t/ha sunt de 194 kg N/ha, respectiv, 102 kg  $P_2O_5$ /ha. Ca urmare a aportului de nutrienți din resturile vegetale și a rolului de conservare a apei în sol, pentru o producție medie optimă de 9,39 t/ha sunt necesare cantități mai mici de îngrășămintă chimice. Corespunzătoare producției optime economic sunt dozele de 154 kg N/ha, respectiv, 41 kg  $P_2O_5$ /ha.

➤ cu îngrășământ organic – gunoi de grajd:

$$y = 6,9878 + 0,009035 N - 0,000043515 N^2 + 0,024318 P - 0,000068601 P^2 - 0,000001708 NP$$

$$n = 0,9215^{**}$$

Pe fondul aplicării gunoiului de grajd se obțin producții maxime și optime economic prin scăderea dozelor de azot și fosfor din îngrășămintele chimice. Se obține o producție medie maximă de 9,61 t/ha prin aplicarea a 198 kg N/ha și 88 kg  $P_2O_5$ /ha, iar pentru obținerea producției optime economic de 9,35 t/ha sunt necesare 140 kg N/ha și 44 kg  $P_2O_5$ /ha.

Ecuatiile de producție obținute în perioada 2000-2007 la porumbul irigat au coeficienți de asigurare statistică cu valori foarte semnificative, ceea ce relevă

faptul că dozele de îngrășăminte minerale pentru aceste experiențe au fost bine alese. Paraboloizii rezultați din punct de vedere geometric prind sub cupola lor întreg fenomenul studiat. Analiza răspunsului slab al porumbului la fertilizarea cu fosfor poate fi determinată și de carența de zinc, care plafonează nivelul producțiilor în special pe soluri cu pH>7, cum este cel irigat.

Aplicarea îngrășămintelor organice influențează eficiența achiziționării azotului, superioritatea deținând-o gunoiul de grajd, interceptul dreptei de regresie intersectează dreapta în punctul cel mai înalt, 39,89. Scade eficiența achiziționării azotului prin aplicarea resturilor vegetale, devenind minimă în lipsa aplicării îngrășămintelor organice. Dreapta de regresie ce descrie eficiența achiziționării azotului în cazul aplicării resturilor vegetale prezintă panta cea mai mare, astfel prin creșterea disponibilității azotului cu 1 kg/ha crește azotul extras cu producția cu 1,188 kg/ha. Resturile vegetale aplicate împreună cu îngrășămintele chimice cu azot pot deveni competitive aplicării gunoiului de grajd atât în realizarea unor producții mari, dar și eficiente economic (figura 4).

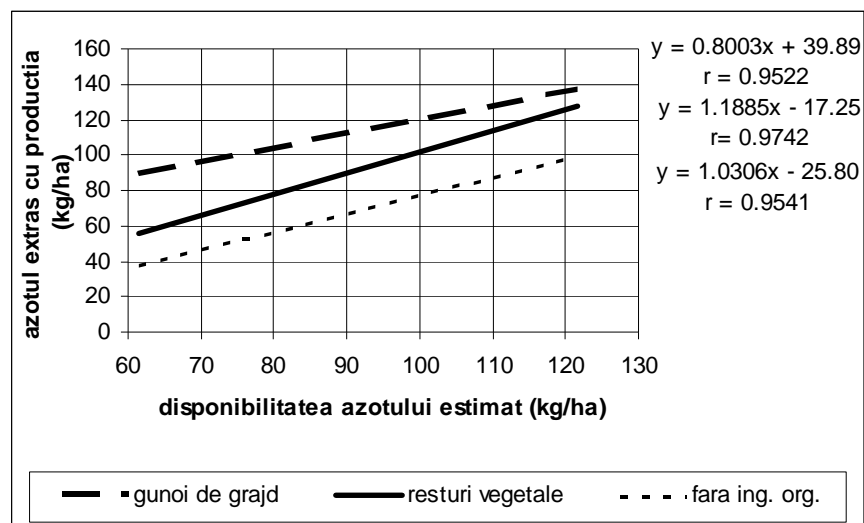
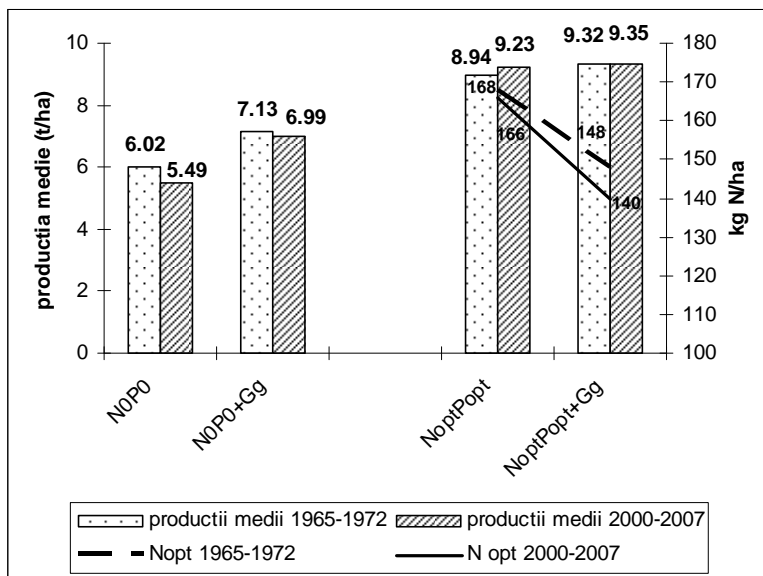


Fig. 4 – Eficiența achiziționării azotului pe fondul aplicării îngrășămintelor organice, la porumbul irigat  
(Nitrogen acquisition efficiency under organic fertilization conditions on irrigated maize)

Analizând producțiile medii obținute în perioada 2000-2007 și comparându-le cu cele obținute în perioada 1965-1972, se constată o scădere a acestora la nefertilizat cu 0,5 t/ha, probabil, ca urmare a scăderii fertilității terenurilor nefertilizate timp îndelungat (figura 5). Aplicarea gunoiului de grajd conduce la obținerea unor sporuri de producție cuprinse între 1 și 1,5 t/ha, față de varianta ne-



**Fig. 5** – Influența fertilizării îndelungate asupra evoluției producțiilor de porumb și a dozelor de azot optime economic, în sistem irigat  
(The influence of long-term fertilization on maize yield and nitrogen optimum rate evolution, under irrigation)

fertilizată, cu sporuri mai mari obținute în perioada 2000-2007. Nivelul producțiilor de porumb prin fertilizarea organică cu gunoi de grajd rămâne însă constant în jurul valorii de 7 t/ha, în condiții de irigare. Prin fertilizarea chimică cu azot și fosfor în doze optime se obțin sporuri de producție, față de cele obținute în perioada 1965-1972, de 0,30 t/ha. Prin fertilizarea organo-minerală se obțin producții apoximativ egale, de 9,35 t/ha, în cele două etape analizate. Fertilizarea timp îndelungat cu doze echilibrate și corelate nevoilor plantelor cultivate nu conduce la o scădere a producțiilor. Constatând că dozele optime economic necesare în perioada 2000-2007 înregistrează o tendință de scădere față de cele necesare în perioada 1965-1972, se poate aprecia faptul că fertilizarea îndelungată cu îngrășăminte chimice contribuie la creșterea fertilității solului și implicit a nivelului producțiilor.

## CONCLUZII

□ Cantitățile medii de azot optim economic rezultate din analiza experienței de lungă durată cu îngrășăminte sunt cuprinse între 102 și 179 kg N/ha și asigură un spor mediu de 17,6-20,4 kg boabe/kg N.

□ Aplicarea îngrășămintelor organice, în special a gunoiului de grajd, contribuie la scăderea dozelor optime economic înspre 100-140 kg N/ha și la creșterea sporului mediu de recoltă obținut.

□ Pentru obținerea unor producții optime de peste 9 t/ha sunt necesare 140-166 kg N/ha și 41-73 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, conform ecuațiilor de producție obținute în cei opt ani de analiză.

□ Eficiența achiziționării azotului ca relație dintre disponibilitatea azotului estimat și azotul extras cu producția este superioară prin aplicarea îngrășămintelor organice. Resturile vegetale aplicate împreună cu îngrășămintele chimice cu azot pot deveni competitive aplicării gunoiului de grajd în realizarea unor producții mari, dar și eficiente economic.

□ Dreapta de regresie ce descrie eficiența achiziționării azotului în cazul aplicării resturilor vegetale prezintă panta cea mai mare, astfel prin creșterea disponibilității azotului cu 1 kg/ha crește azotul extras cu producția cu 1,188 kg/ha.

□ Coeficienții de valorificare ai azotului au valori de 38% în varianta fertilizată numai cu îngrășăminte minerale și de 40-45% prin fertilizarea organo-minerală. În condiții de irigare, fertilizarea organo-minerală asigură sporuri de producție de 2,5-3 t/ha față de nefertilizat.

□ Cantitățile moderate de îngrășăminte cu azot și fosfor au avut o eficiență ridicată la cultura porumbului irigat asigurând sporuri de producție pe unitatea de suprafață și la 1 kg s.a care depășesc de 2-6 ori costul îngrășămintelor, contribuind la eficientizarea culturii.

□ Stabilirea necesarului de îngrășăminte la un nivel cât mai apropiat de potențialul de producție al culturilor și în raport de contribuția solului prezintă importanță deosebită în asigurarea eficienței acestora, creșterea coeficientului de valorificare și evitarea poluării solului și apelor.

#### REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- BORLAN, Z., HERA, CR., 1984 – *Optimizarea agrochimică a sistemului sol – plantă*. Edit. Academiei R.S.R., București.
- CALANCEA, L., 1990 - *Bazele agrochimice ale fertilizării în raport cu cerințele plantelor. Agrochimie*. Edit. Didactică și Pedagogică, București: 18-24.
- CORBEAN, STELA, HANDRA, 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. Fundulea, XLI.
- GOIAN, M., MANEA, D., LĂZUREANU, A., CÂRCIU, GH., ALDA, S., 2004 – *Fertilizarea rațională a culturilor de grâu de toamnă, porumb și soia în zona Banatului*. Edit. Mirton, Timișoara: 13-20,
- HERA, CR., TRIBOI, E., IȘFAN, D., BURLACU, GH., CREMENESCU, GH., SEGĂRCEANU, O., TÂMPEANU, I., IONESCU, FL., 1972 – *Funcțiile de producție la fertilizarea grâului și porumbului la diferite soluri din România*. Analele ICCPT, XXXVIII, B.
- HERA, CR., MIHĂILĂ, V., 1979 – *Diferențierea sistemului de fertilizare la cultura porumbului*. Producția Vegetală - Cereale și plante tehnice, 3.
- HERA, CR., IDRICEANU, ALINA, POPESCU, S., STAN, SILVIA, VINEȘ, IULIANA, 1982 – *Influența fertilizării asupra calității recoltei de porumb*. Analele ICCPT Fundulea, L - Volum jubiliar: 265-273.

- HERA, CR., 1996 – *The role of inorganic fertilizers and their management practices*. Fertilizers and Environment. C. Radriquez – Burrneco (ed.), Kluwer Academy Publishers.
- KABERATHUMMA S., MOHANKUMAR, C.R., NAIR, G.M., NAIR, P.G., 1993 – *Effect of continuous cropping of cassava with organics and inorganics on the secondary and micronutrient elements status of an Ultisol*. J. Indian Soc. Soil Sci., 41: 710-713.
- KUMAR, R., SINGH, G., WALIA, S.S., 2000 – *Long term effect of manure and fertilizers on rice yield and soil fertility status in rice – wheat system*. Environ. Ecol., 18: 546–549.
- LAL, S., MATHUR, B.S., 1989 – *Effect of long-term fertilization, manuring and liming of an Alfisol on maize, wheat and soil properties: I. Maize and wheat*. J. Indian Soc. Soil Sci., 37: 717-724.
- LIN, B., LIN, J., AI, W., 1996 – *Effect of long-term use of mineral fertilizer and farmyard manure on crop yields and soil fertility*. 172-179. In: B. Lin, J. Lin, and J. Li (ed.) *Changes of crop yield and soil fertility by long-term fertilization*. Chinese Agric. Sci. and Technol. Press, Beijing.
- SĂULESCU, N.A., SĂULESCU, N.N., 1967 – *Câmpul de experiență*. Edit. Agro-Silvică, București.
- VATS, M.R., SEHGAL D.K., MEHTA D.K., 2001 – *Integrated effect of organic and inorganic manuring on yield sustainability in long-term fertilizer experiments*. Indian J. Agric. Res., 35: 19-24.
- WANG, J., SHEN, H., SUN, J., ZHEN G., LIU, H., LI, Y., ZHAO, B., ZHANG, F., 2002 – *Effect of long-term fertilization on crop yield, fertilizer and water use efficiency*. Plant Nutr. Fert. Sci., 8: 82-86.
- YANG, S., LI, F., MALHI, S.S., WANG, P., SUO D., WANG, J., 2004 – *Long-term fertilization effects on crop yield and nitrate nitrogen accumulation in soil in north-western China*. Agron. J., 96: 1039-1049.

Prezentată Comitetului de redacție la 25 iunie 2009