

6.2. SISTEME DE CULTURI ȘI PLANURI DE FERTILIZARE

Necesitatea obiectivă de fertilizare a culturilor și principiile unei fertilizări raționale

Pentru a-și valorifica la maximum potențialul productiv, plantele cultivate au nevoie de cantități corespunzătoare de apă, lumină, dioxid de carbon și nutrienți minerali (azot, fosfor, potasiu, calciu, magneziu, sulf, și o serie de microelemente). Solul este principala sursă de nutrienți minerali și de apă pentru plante. Capacitatea acestuia de a asigura nutrienții necesari plantelor variază în funcție de nivelul lui de fertilitate.

Îndepărtarea nutrienților din sol prin absorbția lor în plantă, prin levigare sau prin alte procese ce țin de dinamica naturală a solurilor, atrag după ele diminuarea conținuturilor de forme mobile ale elementelor nutritive și declinul treptat al capacității de producție a solurilor. Din aceste rațiuni, se impune ca o necesitate obiectivă compensarea prin aplicarea de îngrășăminte minerale și organice, atât a consumului cu recoltele cât și a scăderii mobilității nutrienților prin procese naturale (adsorbție, fixare, imobilizare în substanțe humice, ș.a.) (Borlan ș.a., 1994).

Atât din rațiuni economice cât și din exigențe de protecție a mediului, se impune o corectă gestionare și folosire a îngrășămintelor (fertilizanților) la nivelul fiecărei exploatații agricole sau agrozootehnice. Trebuie conștientizat de fiecare producător agricol faptul că folosirea îngrășămintelor pentru realizarea unor producții profitabile trebuie făcută pe baza unor previziuni realiste, care să țină cont de condițiile pedoclimatice locale, de potențialul productiv al culturilor și nivelul tehnologic al unității agricole. Un accent deosebit, în special în zonele cu vulnerabilitate mare la poluarea apelor cu nitrați de origine agricolă, trebuie pus pe gestionarea îngrășămintelor organice și minerale cu azot, având în vedere comportamentul deosebit de complex al acestui nutrient în sol și ușurința cu care se poate pierde sub formă de nitrați prin antrenare cu apele de infiltrație și scurgerile de suprafață (Cod de bune practici agricole, 2003).

Planul de fertilizare -instrument de gestionare și control a folosirii îngrășămintelor

Planul de fertilizare este, în acest sens, un instrument util atât pentru stabilirea dozelor de îngrășămintă organice (produse în unitate sau procurate din afara unității) și minerale cât și pentru luarea unor decizii economice legate de disponibilizarea eventualului exces de îngrășămintă organice produse în unitate precum și alegerea unor momente propice de procurare necesarului cantitativ și calitativ de îngrășămintă minerale sau organice (în cazul în care unitatea nu dispune de suficiente rezerve proprii).

La nivelul unei exploatații agricole, planul de fertilizare permite atingerea următoarelor obiective:

- calculul anual al necesarului de elemente nutritive (în principal NPK), pentru fiecare cultură (existentă sau care urmează să fie instalată) prin aplicarea unor modele de calcul care să țină cont de principiile unei fertilizări raționale, de sistemul de culturi existent în unitate (anuale, pomi, viță de vie, pășuni, fânețe) și de nivelul producțiilor planificate.

- stabilirea cantităților de îngrășămintă organice existente sau posibil de produs în unitate în cursul anului agricol respectiv, a dozelor de îngrășămintă posibil de aplicat, pe culturi și parcele de fertilizare, precum și a dozelor de îngrășămintă chimice pentru completare până la nivelul necesarului estimat prin calcul;

- verificarea periodică (anual sau la 4-5 ani) a situației agrochimice a solurilor pe baza balanței intrărilor și ieșirilor din sistem (cantitățile de nutrienți introduse în sol minus cantitățile de nutrienți exportate cu recolta), poate furniza informații utile privind conservarea, ameliorare sau diminuarea asigurării solurilor de sub culturi cu NPK (la dorință și cu alți nutrienți) precum și pentru evaluarea riscului de poluare a apelor cu nutrienți de origine agricolă (în special cu nitrați, posibil și cu compuși ai fosforului);
- furnizarea de informații necesare pentru alcătuirea planului de fertilizare pentru anul agricol următor.

Pași și elementele necesare pentru elaborarea unui plan de fertilizare

- Suprafața cu folosință agricolă a exploatației (fermei) se recomandă să fie împărțită în sectoare identificabile, relativ omogene din punct de vedere agrochimic, stabilite pe baza studiilor periodice (4-5ani) efectuate de unități specializate (oficiile județene de studii pedologice și agrochimice), pentru a putea stabili pe criterii obiective nevoia de fertilizare a culturilor din fiecare parcelă;
- Trebuie stabilit (sau cunoscut) asolamentul (asolamentele) și amplasarea acestuia în teren, în cadrul fiecărui asolament fertilizarea urmând să fie dirijată în funcție de natura culturii și potențialul de producție al acesteia și, respectiv, specificul pedoclimatic al locului;
- Cunoașterea tipului sau tipurilor de sol din cadrul fermei precum și a principalelor însușiri morfologice și fizice și chimice este relevantă pentru asigurarea unei eficiențe maxime a fertilizării și pentru diminuarea riscului de poluare cu nitrați (și eventual cu fosfor) a apelor freatice (panta terenului, textura și permeabilitatea solului, reacția solului, conținutul de humus, gradul de saturație în baze, conținutul în forme mobile de azot, fosfor, potasiu, ș.a.). Pe baza acestor informații se poate aprecia nivelul de fertilitate al solului, nevoia unor eventuale măsuri ameliorative și se pot stabili cele mai potrivite tehnologii de cultură privind lucrările solului, data însămânțării, metodele de aplicare a îngrășămintelor organice și minerale ș.a.
- La estimarea nivelului recoltelor scontate (planificate) trebuie luate în considerare și caracteristicile climatice ale locului (în special regimul termic și al precipitațiilor, inclusiv distribuirea anuală a acestora), având în vedere că acestea sunt determinante în dinamica elementelor fertilizante în sol și în mod special în mineralizarea materiei organice și în deplasarea nutrienților în profilul solului, sub zona de înrădăcinare. Fixarea obiectivelor privind recoltele planificate pentru culturile din cadrul unei ferme se poate face în mod realist prin una sau alta din următoarele posibilități, (de preferință prin una din primele două):
 - pe baza notelor de bonitare furnizate de organisme specializate (OJSPA) pentru condițiile pedoclimatice specifice unității,
 - pe baza recoltelor medii obținute în stațiunea agricolă de cercetare specifică zonei;
 - pe baza evaluărilor producției medii obținute în fermă pe un număr de ani (de regulă cinci) cu eliminarea celor cu producții extreme (respectiv anul cu producția cea mai mare și anul cu producția cea mai mică); se are în vedere și posibilitățile de aplicare în optim a tuturor verigilor tehnologice recomandate pentru cultura respectivă (specia, cultivarul, data însămânțării, măsurile de protecție fitosanitară, etc.)
- Trebuie deținute informații privind consumul specific de nutrienți pentru fiecare cultură, pe baza căruia se determină exporturile de nutrienți minerali pentru fiecare cultură, raportat la unitatea de suprafață. Aceste date se obțin prin analiza chimică a materialului vegetal și pot fi puse la

dispoziția fermierilor sub formă tabelară (consumuri specifice medii), în cazul în care doresc să-și alcătuiască personal planul de fertilizare.

- Trebuie estimat nivelul cantitativ și calitativ al tuturor reziduurilor organice cu valoare fertilizantă posibil de produs în unitate în cursul anului agricol pentru care se alcătuieste planul de fertilizare. Acestea trebuie folosite cu prioritate la fertilizarea culturilor din cadrul exploatației și numai în completare trebuie intervenit cu îngrășăminte produse industrial. Din acest motiv este foarte important ca în planul de fertilizare să se precizeze natura lor (proveniența, gradul de maturare, starea fizică, conținutul de nutrienți principali, modul de repartiție a acestora pe parcele și culturi în funcție de ierarhizarea răspunsului acestora la fertilizarea organică încă din primul an de aplicare. De exemplu, plantele cu o perioadă mai lungă de vegetație (sfecla, cartoful, porumbul, floarea soarelui), precum și cele cu masă vegetativă mare (porumbul de siloz, sorgul, iarba de Sudan, ș.a.), valorifică mai bine gunoiul de grajd în primul an de la aplicare, în timp ce cerealele păioase (pe soluri fertile) precum și unele legume (cartofii timpurii, mazărea, morcovul, ș.a.) răspund mai bine la acțiunea ulterioară a acestuia (Davidescu. D și Davidescu V, 1981).
- În măsura în care este posibil, planul de fertilizare ar trebui să cuprindă și momentele de aplicare a îngrășămintelor organice și minerale (la lucrările de bază ale solului, fracționat parte în toamnă parte în primăvară și pe parcursul vegetației), în funcție de obiectivele urmărite (mărimea recoltei și/sau calitatea acesteia).

Evaluarea necesarului de îngrășăminte în cadrul unei exploatații agricole.

Stabilirea dozelor de îngrășăminte organice și naturale pentru recoltele planificate (scontate) a se obține în anul agricol curent poate fi făcută după metode empirice (bazate pe experiența cultivatorilor) pe metode semiempirice (doze orientative recomandate de specialiști) și doze fundamentate științific, dar cu grad de aplicabilitate mai restrâns sau mai larg, în funcție de concepția și modul matematic de abordare. În această categorie pot fi incluse, de exemplu, dozele stabilite pe baza experiențelor de lungă durată cu îngrășăminte, dar care au valabilitate strict pentru condițiile pedoclimatice ale locului de experimentare, dozele stabilite pe baza unor ecuații de răspuns de tip polinomial sau mai complexe, metode bazate pe bilanțul elementelor nutritive, metoda suprafețelor de răspuns, ș.a.

În continuare sunt prezentate două metode recomandate pentru stabilirea dozelor de îngrășăminte pentru alcătuirea planurilor de fertilizare.

Metoda A - o metodă bine fundamentată științific de determinare a dozelor optime de îngrășăminte (DOE) la diferite culturi pe baza unor relațiilor stabilite de Borlan și colab. (1994) din experiențe de lungă durată cu îngrășăminte efectuate în cadrul stațiunilor de cercetare agricolă din România, relații derivate din legea acțiunii factorilor de vegetație, cunoscută sub denumirea *legea Mitscherlich-Baule* sau *legea randamentelor descrescânde* și care în esență stipulează că mărimea recoltei este condiționată de toți factorii de vegetație, fiecare din aceștia exercitând o influență limitatoare asupra recoltei, cu atât mai mare cu cât este mai aproape de minim. Doza optimă economic este acea doză care asigură maximizarea venitului net la unitatea de suprafață fertilizată.

Metoda B - o metodă de calcul mai simplă a dozelor de N, P, K, pe bază de bilanț, posibil de aplicat de producătorul agricol în propria exploatație pentru alcătuirea planurilor de fertilizare în anii situații între două cartări agrochimice efectuate de OSPA județean. Metoda ia în considerație un necesar de nutrienți estimat pe baza exporturilor în recolta planificată, corectat diferențiat, pentru fiecare nutrient, în funcție de starea de asigurare agrochimică a solului și unele aporturi sau pierderi mai semnificative (în cazul azotului) din sistemul sol-plantă.

Metoda A - Evaluarea necesarului de îngrășăminte organice și minerale cu NPK pe baza calculării dozelor optime economic (DOE)

Este metoda oficializată în România și utilizată în mod curent în cadrul studiilor agrochimie executate pentru diferiți beneficiari de către Oficiile de Studii Pedologice și Agrochimice județene, fiind transpusă pe programe de calculator și respectiv în tabele și nomograme. La stabilirea lor s-a avut în vedere:

- reacția culturilor la fertilizarea în experiențe de câmp;
- mărimea recoltei scontate;
- starea de asigurare cu substanțe nutritive a solului, stabilită prin analiza agrochimică periodică a acestuia;
- aporturile de substanțe nutritive utilizabile din îngrășăminte organice, de la culturile leguminoase premergătoare, iar culturile de toamnă și de aportul de azot mineral din profilul de sol (N_{min});
- conjunctura economică în care se desfășoară activitatea din producția vegetală, dată de raportul dintre prețul de vânzare al produsului și costul de procurare al îngrășământului.

Concepția care stă la baza acestei normări este aceea că necesarul de nutrienți al culturilor trebuie asigurat în primul rând pe seama rezervelor accesibile din sol, din îngrășăminte naturale produse în unitate sau procurate și din toate reziduurile organice din fermă cu valoare fertilizantă, care nu pot fi valorificate în alt mod și care pot fi aplicate în condiții economice și fără riscuri de poluare a mediului. În completarea acestora, până la doza optimă stabilită, se pot folosi îngrășăminte produse industrial, în sortimente armonizate cu însușirile solului și cu exigențele culturilor.

Pentru stabilirea Dozelor optime economic (DOE) de îngrășăminte minerale cu N, P și K (exprimate în kg/ha N, P_2O_5 , K_2O) se stabilește necesarul optim al culturii (NOT) pentru fiecare nutrient din care se scad aporturile eficiente de N, P sau K din alte surse, conform următoarelor relații:

$$DOE N = NOT N - (N_s + N_{in} + N_L + N_{sn} + N_{min}) \quad (1)$$

$$DOE P = NOT P - (P_s + P_{in} + P_{sn}) \quad (2)$$

$$DOE K = NOT K - (K_s + K_{in} + K_{sn}) \quad (3)$$

în care:

- $NOT N$, $NOT P$, $NOT K$ reprezintă necesarul optim total de N, P, K (exprimat în kg/ha N, P_2O_5 , K_2O);
- N_s , P_s , K_s , reprezintă aporturile eficiente de N, P, K din sol (exprimate în kg/ha N, P_2O_5 , K_2O),
- N_{in} , P_{in} , K_{in} , reprezintă aporturile eficiente de N, P, K din îngrășământul natural (exprimate în kg/ha N, P_2O_5 , K_2O),
- N_{sn} , P_{sn} , K_{sn} , reprezintă aporturile eficiente de N,P,K din surse neconvenționale (exprimate în kg/ha N, P_2O_5 , K_2O),
- N_L aportul de azot eficient din sol după premergătoare leguminoase (exprimat în kg/ha N);
- N_{min} , aportul de azot mineral din profilul solului la sfârșitul iernii (exprimat în kg/ha N).

Elementele care intră în ecuațiile de calcul se cuantifică după relațiile matematice prezentate în continuare.

NOT de N, P și K se calculează cu următoarele formule: (4) - pentru culturi de câmp și (5) pentru culturi horticoale și unele culturi de câmp

$$NOT(N, P_2O_5, K_2O, kg / ha) = \frac{\lg(2,3 * C_e * R_s * \frac{VUR_p + b * VUR_s}{CUI})}{C_e} \quad (4)$$

$$NOT(N, P_2O_5, K_2O, kg / ha) = A(1 - 10^{-C_e * R_s}) \quad (5)$$

În aceste formule simbolurile au următoarele semnificații:

C_e - coeficientul de acțiune al elementelor nutritive (C_a pentru azot, C_f pentru fosfor și C_p pentru potasiu)

R_s - recolta scontată (se stabilește pe baza notei de bonitare pentru condiții naturale și potențate pentru condițiile concrete la nivel de parcelă;

VUR_p - valoarea unității de recoltă principală (p) și secundară)

CUI - costul unitar al substanțelor active din îngrășăminte

Aporturile eficiente de substanțe nutritive din sol E_s respectiv N_s , P_s , K_s din (1), (2) și (3) (definite ca acele cantități de nutrienți din sol care au o eficiență comparabilă în fertilizarea culturilor cu cea a îngrășămintelor minerale) se stabilesc cu relația:

$$E_s (N, P_2O_5, K_2O, kg / ha / an) = E_{s_{max}} (1 - 10^{e * IA}) + \left[g * \frac{VUR}{CUI} - h \left(\left(\frac{VUR}{CUI} \right)^3 - i \right) * d * R_s \right] \quad (6)$$

în care:

- $E_{s_{max}}$, d , e , sunt parametrii care se stabilesc pentru fiecare cultură, prezentați de autori sub formă tabelară, pentru majoritatea culturilor din țara noastră;

- expresia din paranteza dreaptă este un factor de corecție pentru conjunctura economică;

- IA este valoarea indicelui agrochimic (IN - indicele de azot, P_{AL} - conținutul de fosfor mobil, K_{AL} - conținutul de potasiu mobil)

- R_s are semnificația prezentată mai sus (5)

Pentru legume cultivate în câmp, E_s se calculează cu relația (Vintilă Irina și colab., 1884):

$$E_s(N, P_2O_5, K_2O, kg / ha) = \frac{a * IA(1 - 10^{-d * R_s})}{b * IA + c} \quad (7)$$

în care: IA este valoarea indicelui agrochimic (IN - indicele de azot, P_{AL} - conținutul de fosfor mobil, K_{AL} - conținutul de potasiu mobil, a , b , c , d , fiind coeficienți stabiliți experimental și prezentați tabelar pentru fiecare cultură de legume.

Aportul eficient de nutrienți din îngrășăminte naturale, notat generic cu A_{in} , și reprezentând N_{in} , P_{in} , K_{in} , din expresiile (1), (2) și (3), pentru anul agricol în curs se stabilește din relația:

$$A_{in}, kg N, P_2O_5 \text{ și } K_2O / ha = NIN * C * 10 * \left(a + \frac{b}{t} \right) \quad (8)$$

în care:

NIN_t - norma (doza) de îngrășământ natural aplicată, în t/ha

C - conținutul total de N, P_2O_5 sau K_2O din îngrășământul natural, în %;

t - timpul, în ani, care a trecut de la aplicarea îngrășământului natural (în anul aplicării $t = 1$)

a și b - coeficienți care au următoarele valori: $a = 0,06$ pentru N și P; $a = 0$ pentru K; $b=0,27$ pentru N, $0,25$ pentru P și $0,5$ pentru K

Norma (doza) de îngrășământ natural NIN din formula (6) se stabilește diferențiat pentru cea aplicată periodic față de cea aplicată anual, după cum urmează:

Norma periodică (3-4 ani) de îngrășământ natural - NIN_p se calculează cu relația:

$$NIN_p, t / an, 3 - 4 ani = \left(a + \frac{a}{IN} \right) \left(\frac{Rs}{b} \right) \left(c - \frac{d}{A} \right) \left(\frac{e}{N_t} \right) \quad (9)$$

în care:

IN - indicele de azot calculat cu relația $IN=(humus \times V_{AH})/100$

Rs - recolta scontată, t/ha;

A - conținutul de argilă cu diametrul particulelor sub 0,002 mm, %;

N_t - conținutul de azot total al îngrășământului natural, % din masa umedă;

a, b, e - coeficienți de regresie specifici fiecărei culturi, prezența tabelar de autori;

$d = 8$;

e - conținutul mediu standard al îngrășământului organic, 0,45 % din masa umedă (corespunzător gunoiului de grajd semifermentat cu așternut de paie de la rumegătoare mari)

Norma anuală, NIN_a (derivată din necesitatea de împrăștiere pe terenurile din preajma unor crescătorii de animale cu efective mai importante):

$$NIN_a, t / ha = \frac{DOEN - (N_{min}^s * c)}{3,3N_o^{in} + 10N_{min}^{in}} \quad (10)$$

în care:

N_{min}^s - conținutul de azot mineral pe profilul de sol, kg/ha

N_o^{in} - conținutul de azot organic fin îngrășământul natural (se calculează ca diferență între azotul total din îngrășământ și azotul mineral din îngrășământ, %

N_{\min}^{in} - conținutul de azot mineral (amoniacal și nitric) din îngrășământ, %

N_L - aportul eficient de azot din sol lăsat în sol de premergătoare leguminoase, care depinde de gradul de reușită al culturii, reflectat de nivelul recoltei principale pe toată perioada de timp în care aceasta a ocupat terenul, se poate estima cu relația (Borlan ș.a., 1994. Budoii, 2001):

$$N_L, \text{ kg N/ha} = R_l * N_{spl} * \left(\frac{0,8}{t} \right) - 0,15$$

în care:

R_l - recolta principală obținută la leguminoasa premergătoare, kg/ha, (pentru leguminoase perene este recolta însumată pe toți anii de exploatare;

N_{spl} - cantitatea specifică de azot fixat biologic de premergătoarea leguminoasă și rămas în sol, în kg N/tona de produs principal, având următoarele valori: 20 la soia, 35 la fasole, 25 la mazăre, 6 la fân de lucernă și trifoi, 3 la borceag de toamnă, 2 la borceag de primăvară;

t - timpul, în ani, trecut de la prima arătură făcută după culturile leguminoase.

N_{\min} , azotul mineral (amoniacal și nitric), existent în profilul solului la ieșirea din iarnă, se determină de regulă pe o grosime a solului de 90 cm. În funcție de reușita culturii premergătoare și a condițiilor climatice de la sfârșitul toamnei până la intrarea în primăvară, în sol se pot acumula cantități importante, de ordinul zecilor de kg, de azot mineral, care pot fi folosite eficient de cultura mai ales de culturile de toamnă. Se determină, la cerere, prin analiză chimică de către laboratoarele specializate ale OSPA județene. Această corecție se aplică facultativ, numai în situațiile în care se dispune de informația necesară.

Corecțiile pentru aporturile eficiente de N, P_2O_5 și K_2O din surse neconvenționale (reziduuri și subproduse industriale, cum este de ex. carbonatul de calciu rezidual din industria îngrășămintelor care poate aduce în sol, în cazul amendării solurilor acide, cantități de azot de până la 300 kg/ha, în funcție de doza de amendament, anulând uneori necesitatea fertilizării cu azot în primul an de la aplicarea amendamentului).

Metoda B - Evaluarea necesarului de îngrășămintă organice și minerale în cadrul unei exploatații agricole (schemă simplificată).

Necesarul de fertilizare al culturilor cu îngrășămintă organice și minerale cu azot

Unele aporturi și exporturi de N din sol, menționate în expresia (1) pot fi ne semnificative sau se pot compensa. De exemplu, pierderile de azot prin levigare în sol în afara sistemului radicular, care nu mai pot fi folosit productiv de către culturi, sunt în medie cam de același ordin de mărime cu aportul de azot adus de precipitații.

Din aceste considerente, se propune folosirea următorului model simplificat, care ia în considerare elementele de bilanț ale azotului cu pondere mai însemnată:

$$\text{Doza de N (din îngrășămintă naturale și minerale)} = N_c - (N_s + N_L + N_{rez} - N_{rv}) \quad (11)$$

în care:

N_c este azotul preconizat a fi preluat de cultură în recolta (principală și secundară) scontată în cadrul unui ciclu anual de vegetație. Se poate estima pe baza consumurilor specifice prezentate în tabelul 1. N_s este N disponibilizat din sol în cursul unui an agricol prin mineralizarea humusului. Se poate estima prin calcul cu relația următoare:

$$N_s = 0,1 * H * C_m * k_h, \quad (12)$$

În care: H este rezerva de humus în stratul de suprafață cu grosimea de 25 cm (circa 3000t/ha), C_m - conținutul humusului în azot (în medie 4,84%); k_h - coeficientul de descompunere anuală a humusului (0,012 pentru culturi prășitoare și 0,018 pentru culturi neprășitoare).

Tabel 1

Consumurile (exporturile) medii de elemente nutritive din sol pentru formarea recoltelor (kg de elemente nutritive/tona de recoltă principală și cantitatea corespunzătoare de recoltă secundară)

Culturile	Raportul dintre recolta principală și secundară	Elementele nutritive (substanțe active convenționale)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5
Grâu de toamnă	boabe : paie (1 : 1.3)	26.5	13.7	16.4
Orz și orzoaică	boabe : paie (1 : 1)	23.0	10.8	22.3
Secară	boabe : paie (1 : 1.5)	27.5	9.4	26.8
Ovăz	boabe : paie (1 : 1.5)	28.5	11.0	31.2
Porumb boabe	boabe : tulpini (1 : 1.6)	27.5	12.5	16.5
Porumb pentru siloz	plante întregi cu știuleți	6.5	3.0	5.5
Sfeclă de zahăr	rădăcini : frunze și colete (1 : 1)	4.9	2.0	6.0
Sfeclă furajeră	rădăcini : frunze (1 : 0.5)	3.8	1.7	7.9
Cartofi	tuberculi : vreji (1 : 0.5)	5.2	2.7	7.5
Floarea soarelui	semințe : tulpini (1 : 3)	36.5	17.5	50.0
Rapiță pentru ulei	semințe : tulpini (1 : 3)	51.5	36.0	44.0
În pentru semințe	semințe : tulpini (1 : 3)	59.0	17.3	72.0
Fasole boabe	boabe : vreji (1 : 1.5)	59.5*	13.4	25.0
Mazăre boabe	boabe : vreji (1 : 1.5)	61.0*	16.6	28.0
Soia	boabe : vreji (1 : 1.5)	70.0*	22.5	34.0
În pentru fuior	tulpini	11.0	7.0	13.0
Cânepă	tulpini	10.0	8.5	17.5
Lucernă	masă verde la începutul înfloririi	8.0*	1.6	6.5
Trifoi roșu	masă verde la începutul înfloririi	6.5*	1.5	5.5
Iarbă de pajiști naturale		6.5	1.4	4.5
Golomăț	masă verde	6.0	1.7	8.3
Borceag (ovăz+măzărice)	masă verde	6.5*	2.4	5.5
Porumb	masă verde	3.0	1.7	4.5
Fân de lucernă	începutul înfloririi	32.0*	6.4	22.0
Fân de trifoi roșu	începutul înfloririi	26.0*	6.0	21.0
Fân de pajiște naturală	-	24.0	5.6	18.0
Fân de graminee perene cultivate	-	23.0	6.5	28.0
Fân de borceag (ovăz+măzărice)	-	25.0*	8.0	20.0
Fân de lucernă în amestec cu raigras	-	26.0*	6.0	20.0

1	2	3	4	5
Mere	Fructe	1.6	0.5	2.0
Struguri de vin (+producția secundară)	-	6.5	1.6	5.5
Tomate	fructe	2.9	1.0	4.5
Varză de toamnă	căpățâni	3.5	1.2	4.0

*) în cea mai mare parte provine din simbioza cu microorganismele fixatoare de azot

Pot fi de asemenea utilizate și următoarele valori medii de azot mineral disponibilizate prin mineralizarea humusului în soluri arabile aflate de multă vreme în cultură, după cum urmează:

Tabel 2

Cantități de azot mineral disponibilizate anual în sol prin mineralizarea humusului în funcție de valoarea indicelui de azot $IA = \text{Humus} * V / 100$

Indice de azot (IA)	N mineral, kg N/ha
la valori IN în stratul arat de 1,0	25 - 30
la valori IN în stratul arat de 2,0	40 - 45
la valori IN în stratul arat de 1,0	50 - 55
la valori IN în stratul arat de 1,0	65 - 70

Sub plantele prășitoare, cantitățile de azot mineral formate (de regulă azot amoniacal) sunt de 1,2 - 1,3 ori mai mari decât cele de sub plantele neprășitoare.

N_L - azotul rămas în sol după premergătoare leguminoase

$$N_L, \text{ kg N/ha} = R_l * N_{spl} * \left(\frac{0,8}{t} \right) - 0,15h \quad (13)$$

în care:

R_l - recolta principală obținută la leguminoasa premergătoare, kg/ha, (pentru leguminoase perene este recolta însumată pe toți anii de exploatare;

N_{spl} - cantitatea specifică de azot fixat biologic de premergătoarea leguminoasă și rămas în sol, în kg N/tona de produs principal, având următoarele valori: 20 la soia, 35 la fasole, 25 la mazăre, 6 la fân de lucernă și trifoi, 3 la borceag de toamnă, 2 la borceag de primăvară;

t - timpul, în ani, trecut de la prima arătură făcută după culturile leguminoase.

N_{rez} - azotul rezidual, rămas de la cultura premergătoare:

$$N_{rez}, \text{ kg/ha} = \text{Producția premergătoarei (t/ha)} * C_{sp} * k_{rem}, \quad (14)$$

în care k_{rem} are valoarea 0,15 pentru neleguminoase și 0,35 pentru leguminoase.

N_{rv} - azot consumat suplimentar de resturi vegetale celulozice (rădăcini și paie de cereale păioase și graminee, coceni de porumb, tulpini de floarea soarelui, ș.a.)

$$N_{rv}, \text{ kg N/ha} = 7 * R_v, \quad (15)$$

în care R_v este cantitatea de resturi vegetale celulozice introdusă în sol, în t/ha.

Doza de azot calculată conform relației (11) trebuie asigurată în primul rând din îngrășămintele naturale existente în exploatarea agricolă, având grijă să nu fie depășite limitele impuse de legislația în vigoare pentru Zone Vulnerabile la Poluarea cu Nitrați (210 kg N/ha pentru terenuri arabile cu scădere în patru ani la 170 kg N/ha, respectiv 250 kg N/ha pentru fânețe).

Pentru conformarea cu acest prag al dozei de azot din îngrășământul natural, trebuie făcut în prealabil un calcul privind cantitatea de îngrășământ, Q , în t sau m^3 /ha care aduce un aport de 170, respectiv 210 sau 250 kg N/ha.

$$Q, \text{ t/ha sau } m^3/\text{ha} = 170/C_s, \text{ respectiv } Q, \text{ t/ha sau } m^3/\text{ha} = 210/C_s, \quad (16)$$

În care C_s reprezintă conținutul specific de N al tipului de îngrășământ disponibil în fermă, exprimat în kg/t sau kg/m^3 în cazul celor lichide sau semifluide (tabelul 3)

Tabel 3

Aporturi medii totale de nutrienți majori cu îngrășămintele naturale (kg element sau substanță activă/tonă) (Vintilă, 1983, Răuță și Dumitru, 1986; Dumitru, 1986, citați de Borlan ș.a., 1994)

Proveniență	Substanță organică uscată	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5
a) Gunoi semifermentat cu așternut de paie și resturi de furaje fibroase				
Rumegătoare mari	220	4,5	2,5	5,0
Rumegătoare mici	250	7,0	2,8	6,0
Cabaline	250	6,0	3,0	5,0
Porcine	210	5,5	4,0	4,5
Păsări	80	6,0	5,0	2,0
b) Îngrășăminte fluide sub formă de suspensii (tulbureală)				
Rumegătoare mari	40	3,0	1,0	3,0
Porcine	40	4,0	2,0	2,0
Păsări	80	6,0	5,0	2,0
c) Urină nefermentată				
Rumegătoare mari	80	7,5	0,1	16,0
Cabaline	90	13,5	0,1	12,5
Porcine	30	4,0	1,0	5,0
d) Dejecții solide nefermentate				
Rumegătoare mari	160	5,0	2,0	2,0
Rumegătoare mici	300	7,5	4,3	3,8
Cabaline	240	5,8	2,9	6,2
Porcine	290	6,8	6,5	3,0
Păsări	260	14,5	11,5	6,0

e) must de bălegar (platformă de gunoi)				
Rumegătoare mari și cabaline	50	1,5	0,6	3,0
f) Nămol din paturile de uscare din crescătoriile de porci				
Porcine	190	6,5	3,5	0,8
h) Compost cu nămol din paturi de uscare și resturi vegetale celulozice				
Porcine	400	9,0	8,5	4,0

Îngrășământul organic se utilizează în funcție de disponibilitățile fermei și specificul culturilor, surplusul (raportat la întreaga suprafața agricolă) fiind disponibil pentru comercializare.

Doza de azot corespunzătoare normei de îngrășământ natural (NIN) stabilită pe criteriile agronomice (diferențiată pe tipuri de culturi și zone pedoclimatice) (a se vedea pentru gunoiul de grajd recomandările de normare din tabelul 4) se ajustează în funcție de proporția mineralizării și eliberării a azotului din îngrășămintele organice încorporate în sol în primii trei ani de la aplicare. Viteza desfășurării procesului de mineralizare este mai mare cu cât raportul C:N din aceste materiale este mai îngust (mai mic)(tabel 5)

Tabel 4

Cantitățile de gunoi de grajd recomandate pentru aplicare anuală în sol (t/ha) (Cod de bune practici agricole, 2003)

Cultura	Gradul de fermentare	Zona de stepă			Zona de silvostepă			Zona forestieră		
		Textura solului								
		ușoară	mijlocie	grea	ușoară	mijlocie	grea	ușoară	mijlocie	grea
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cereale păioase	Puțin fermentat	15-20	20-25	25-30	20-25	25-30	30-35	20-25	30-35	30-35
	Bine fermentat	10	10-15	15-20	10-15	15-20	20-25	10-15	15-20	20-25
Porumb	Puțin fermentat	20-25	25-30	30-35	25-30	30-35	35-40	25-30	30-35	35-40
	Bine fermentat	10-15	15-20	20-25	15-20	20-25	25-30	15-20	20-25	25-30
Plante tehnice	Puțin fermentat	25-30	30-35	35-40	30-35	40	30-35	35-40	35-40	35-40
	Bine fermentat	20-25	25-30	25-30	20-25	30	25-30	25-30	25-30	25-30
Culturi legumicole	Bine fermentat	30-40	35-40	40	30-35	30-40	35-40	30-35	30-35	35-40

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pomi pe rod	Bine fermentat	30	35-40	40	30-35	30-40	35-40	30-35	30-35	40
Viță de vie neviguroasă	Bine fermentat	20	20-30	30-35	20-25	25-30	30-35	30-35	30-35	35-40
Viță de vie viguroasă	Bine fermentat	30	30-35	30-35	30-35	35-40	40	30-35	35-40	40

Tabel 5

Coeficienții de valorificare (%) a diferitelor îngrășăminte naturale, în funcție de raportul C:N (Borlan ș.a., 1994)

Tip de îngrășământ	Raport C:N	Ani de la încorporarea în sol		
		1	2	3
Gunoii de grajd semifermentat	28,0	35-40	15-20	10-15
Gunoii de grajd nefermentat (dejecții bovine și cabaline)	15,0	60-65	15-20	5-10
Dejecții proaspete de porc	16,0	60-65	20-25	0-10
Dejecții proaspete de păsări	8,5	80-85	5-10	
Nămol decantare porcine	15,5	70-75	15-20	
Nămol decantare păsări	5,9	85-90	5-10	
Turbureală		50-65	20-40	

Tabel 6

Valori absolute și relative privind utilizarea elementelor nutritive din gunoii de grajd semifermentat pe așternut de paie, provenit de la rumegătoare mari, având 0,4% N, 25% P₂O₅ și 0,5% K₂O

Substanțe nutritive eficiente	Coeficienți de utilizare (%)				Kg element sau substanță activă/tona gunoii			
	Anul 1	Anul 2	Anul 3	Total pe trei ani	Anul 1	Anul 2	Anul 3	Total pe trei ani
Azot (N)	33	20	15	68	1,3	0,8	0,6	2,7
Fosfor (P ₂ O ₅)	35	22	8	65	0,8	0,6	0,2	1,6
Potasiu (K ₂ O)	50	25	17	92	2,5	1,3	0,8	4,6

Necesarul de fertilizare cu îngrășăminte organice și minerale cu fosfor și potasiu

În cazul fosforului și potasiului se poate utiliza, de asemenea, o schemă simplificată pentru determinarea necesarului de fertilizare cu îngrășăminte organice și minerale pe baza exporturilor în

recolta scontată și în funcție de unele însușiri relevante ale solului (gradul de asigurare cu P și K, textura)(Borlan ș. a., 1997), conform tabelelor 1, 7 și 8 .

Recomandările iau în considerație procesele fizică chimice (adsorbție, fixare, retrogradare) care controlează mobilitatea acestor nutrienți în sol, mărind corespunzător dozele pe solurile slab asigurate până la dublarea cantităților exportate cu recolta scontată și diminuând până la anulare dozele pe solurile excesiv asigurate.

Necesarul de nutrienți astfel evaluat se corectează cu aporturile de P și K din îngrășămintele naturale (în efect remanent sau direct) utilizând coeficienții din tablele 3, 5 și 7.

Tabel 7

Determinarea necesarului de fertilizare cu fosfor și potasiu pe baza exporturilor de elemente

Gradul de asigurare al solului	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	Toate tipurile de sol	Soluri ușoare	Soluri medii și grele
Foarte scăzut	E + 0,9 * E	E + 0,5 * E	E + 1,0 * E
Scăzut	E + 0,4 * E	E + 0,25 * E	E + 0,5 * E
Mijlociu	E	E	E
Ridicat	0,5E	0,5E	0,5E
Foarte ridicat	0	0	0

E - exportul de nutrienți în kg/ha

Tabel 8

Semnificația agrochimică a conținuturilor de forme mobile de fosfor și potasiu extractibile în soluție tamponată de acetat-lactat de amoniu la pH 3,75 , în funcție de textura solului (Borlan ș.a., 1997)

Gradul de asigurare al solului	P _{AL} (ppm P)	K _{AL} (ppm K)		
	Toate tipurile de sol	Soluri ușoare* nisipoase și lutoase	Soluri medii** argilo-nisipoase și lutoase	Soluri grele** argilo-lutoase și argiloase
Foarte scăzut	<8	<50	<66	<80
Scăzut	8-18	50-100	66-132	80-160
Mijlociu	18-36	100-150	132-200	160-240
Ridicat	36-72	150-200	200-265	240-320
Foarte ridicat	>72	>200	>265	>320

*) Valorile inferioare pentru solurile nisipoase, cele superioare pentru solurile luto-nisipoase

***) Valorile inferioare pentru condiții locale bune, cele superioare pentru condiții locale nefavorabile (condiții locale = factorii fizico-chimici și biologici din sol în legătură cu mobilizare, acumularea reținerea de nutrienți și regimul de nutriție)

Planul de Fertilizare și sistemele de cultură

În anexa 6.2.1 se prezintă un model cadru de plan de fertilizare, cu explicațiile necesare pentru completarea acestuia. Modelul prezentat trebuie adaptat pentru diferite sisteme de cultură. Modelul propus este pretabil pentru culturi de câmp și pentru culturi legumicole în câmp.

Pentru plantații de pomi și arbuști fructiferi precum și pentru vița de vie planul poate suferi modificări prin scoaterea unor rubrici (ex -planta premergătoare) și introduse unele noi legate de specificul culturilor (de ex. fertilizarea la înființarea plantației).

Modificări corespunzătoare pot fi făcute și în cazul pășunilor și fânețelor permanente, unde coloana cu planta premergătoare trebuie înlocuită.

Considerații agronomice și ecologice suplimentare în legătură cu planul de fertilizare și aplicarea îngrășămintelor

La alcătuirea planului de fertilizare trebuie în primul rând luate în considerare toate materialele reciclabile cu valoare fertilizantă din fermă (dejecții de animale, reziduuri vegetale, ș.a.) și numai în completarea necesarului se va apela la îngrășăminte produse industrial.

Planul de fertilizare trebuie să asigure o nutriție echilibrată cu NPK, și, în situații particulare, cu alți nutrienți (Ca, Mg, S, microelemente) pentru a putea valorifica pe deplin potențialul productiv al culturilor și a diminua riscul apariției unor manifestări de deficiențe sau excese trofice. Separat de Planul de fertilizare, pentru solurile ce conțin aciditate vătămătoare ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} < 5,5$) trebuie alcătuit și un plan de amendare periodică.

Sortimentele de îngrășăminte minerale trebuie alese astfel încât să se armonizeze cu însușirile solurilor pe care urmează să fie aplicate pentru a le asigura o eficiență maximă și a reduce riscul de pierderi prin diferite procese.

Perioadele de aplicare a îngrășămintelor trebuie să fie, pe cât posibil, armonizate cu perioadele de consum maxim al culturilor. În acest sens este recomandabilă fracționarea dozelor de îngrășăminte, în special a celor cu azot, măsură care reduce și riscul de disipare a nutrienților în alte compartimente ale mediului.

O atenție deosebită trebuie acordată administrării îngrășămintelor organice. Pe lângă efectul fertilizant, acestea (mai cu seamă cele solide) pot avea efecte deosebit de pozitive asupra activității biologice a solului, capacității de reținere a apei, rezistenței la secetă a culturilor, stabilității culturale a solului, ș.a. Dar aplicarea lor în doze mai mari decât cele recomandate, sau în perioadele "inchise" (în special în lunile de iarnă), pot provoca fenomene de poluare a apelor de suprafață și subterane cu nitrați. Din rațiuni de protecție a mediului, recomandările de aplicare a îngrășămintelor organice, în ceea ce privește cantitatea și momentele de aplicare pot să nu corespundă în totalitate cu principiile agronomice clasice.

Este foarte important modul de aplicare a îngrășămintelor (împrăștiere și încorporare în sol, aplicare localizată, aplicări foliare) precum și uniformitatea aplicării. Se pot obține, de exemplu, reduceri importante ale dozelor prestabilite în planul de fertilizare prin aplicarea localizată a îngrășămintelor.

Planul de fertilizare este un instrument cu caracter previzional. El trebuie revizuit ori de câte ori intervin abateri în cursul normal de creștere și dezvoltare a plantelor determinate de accidente climatice sau din alte cauze. În acest sens este recomandat să se păstreze un registru la nivelul fermei în care să

fie consemnate la fiecare parcelă (solă) istoricul fertilizării, culturile în rotație, producțiile obținute, tipul și dozele de îngrășămintă efectiv aplicate, modul de aplicare și momentele în care au fost aplicate, alte observații relevante privind tehnologiile de fertilizare aplicate. Asemenea informații sunt deosebit de utile la perfecționarea permanentă a planului de fertilizare și în gestiunea economică a exploatației agricole sau agrozootehnice.

Bibliografie

1. Borlan Z., ș.a., 1994, - *Fertilitatea și fertilizarea solurilor*. (Compendiu de Agrochimie)
2. Borlan Z., ș.a., 1997, *Potasiul - element nutritiv pentru sporirea recoltelor și a calității acestora*, International Potash Institute, Basel, Switzerland
3. Budoș Gh., 2000, 2001, *Agrochimie*, Ed. Didactică și Pedagogică, R.A., București
4. Lixandru Gh. ș.a., 1990, *Agrochimie*, Ed. Didactică și Pedagogică, București
5. Davidescu D. ș.a., 1981, *Agrochimia Modernă*, Ed. Academiei RSR, București
6. Dumitru M ș.a., 2003, *Cod de Bune Practici agricole*, vol.1, Ed. Expert, București
7. Vintilă Irina ș.a., 1984, *Situația agrochimică a solurilor din România. Prezent și viitor*, Editura Ceres, București
8. ***Ordin MGGA - MAPDR nr. 296/216 (MO nr. 471/3.VI.2005, Partea I)

Anexa 6.2.1 - PLAN DE FERTILIZARE - AN AGRICOL

Parcela sau grupul de parcele	Suprafața ha	Cultura premergătoare	Cultura anuală	Recolta scontată t/ha	Analiza solului					Necesarul de nutrienți pentru cultură, kg/ha			RECOMANDĂRI DE FERTILIZARE						Observații	
					pH H ₂ O	V, %	Humus, %	PAL, mg P/kg	KAL, mg K/kg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Îngrășământ natural t/ha*			Îngrășământ mineral kg sa/ha**				
													a) efect remanent (anul 1-3) b) anul curent							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	19	20
Nr. parcelei cadastrale. localizare													a)	a)	a)					
													b)	b)	b)					
													b)	b)	b)					
													T=	T=	T=	T=	T=	T=		

Coloanele 1-5 se completează cu datele referitoare la câmpul cultivat indicând recolta scontată

Coloanele 6-10 se completează folosind datele din ultimul studiu agrochimic (nu mai vechi de 4 ani)

Coloanele 11-13 se completează cu cantitățile de nutrienți exportați cu recolta scontată prin înmulțirea consumurilor specifice din tabelul 1 cu recolta scontată. În cazul fosforului și potasiului necesarul astfel estimat se corectează în funcție de starea agrochimică a solului (tab. 8) conform tabelului 7.

Coloanele 14-16 se completează cu cantitățile eficiente de N, P₂O₅ și K₂O din îngrășământul organic aplicat în anul în curs (eventual aplicat în mai multe reprize) și din efectul remanent al celui încorporat în ultimii trei ani, ținând cont de coeficienții de valorificare din tabelele 5 și 6, de cantitatea maximă de N, permisă de

normativele de protecție a mediului, de principiile unei fertilizări raționale (1/2 - 1/3 din necesarul de N al culturii), precum și de restricții tehnologice. A se vedea datele orientative de aplicare din tabelul 4

*) Cantitățile brute de îngrășăminte naturale se consemnează într-o fișă aparte de gestionare a acestora (natura acestora, proveniența, modul de aplicare, momentul aplicării după dispunerea pe teren, etc)

Necesarul de îngrășăminte minerale (coloanele 17-19) se calculează astfel:

Pentru culturile fertilizate cu îngrășământ natural (direct sau în remanență) este necesar să se scadă cantitățile eficiente de nutrienți aduse de acesta (coloanele 14-16) din necesarul de nutrienți pentru cultura respectivă (coloanele corespunzătoare 11-13). Din rezultatul obținut în cazul azotului se deduc suplimentar următoarele aporturi: cantitatea disponibilizată anual în sol prin mineralizarea humusului (N_s calculat cu formula (12) sau estimat din tabelul 2), N rămas după o premergătoare leguminoasă (N_L calculat cu formula 13), azotul rezidual după alte premergătoare (N_{rez} calculat cu formula 14). La doza de azot obținută după corecțiile menționate se poate adăuga o cantitate corespunzătoare azotului din resturile vegetale rămase pe teren de la premergătoare, dacă acestea sunt importante cantitativ (N_{rv} calculat cu formula 14). În final, doza de N estimată ca mai sus se corectează cu coeficientul de utilizare a azotului din îngrășământul chimic care în medie este de 50-60% pentru solurile cu textură lutoasă și lutoargiloasă. Dacă se aplică fracționat se menționează cantitățile la fiecare aplicare.

*) Doza brută de îngrășământ mineral se calculează prin împărțire dozei de substanță activă D_{sa} la conținutul procentual de substanță activă din îngrășământul disponibil în unitate (E%), Doza brută = $D_{sa} / E\% = D_{sa} * 100/E$

În coloana 20 -Observații, se pot trece momentele planificate pentru aplicarea îngrășămintelor precum și alte aspecte nemenționate în cadrul rubricilor.