

A GYAKORLATI NÖVÉNYTERMESZTÉS IGÉNYEI A TÁPANYAGFELVÉTELI KUTATÁSOK FELÉ

BARANYAI FERENC és FEKETE ATTILA

MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Főosztály, Budapest

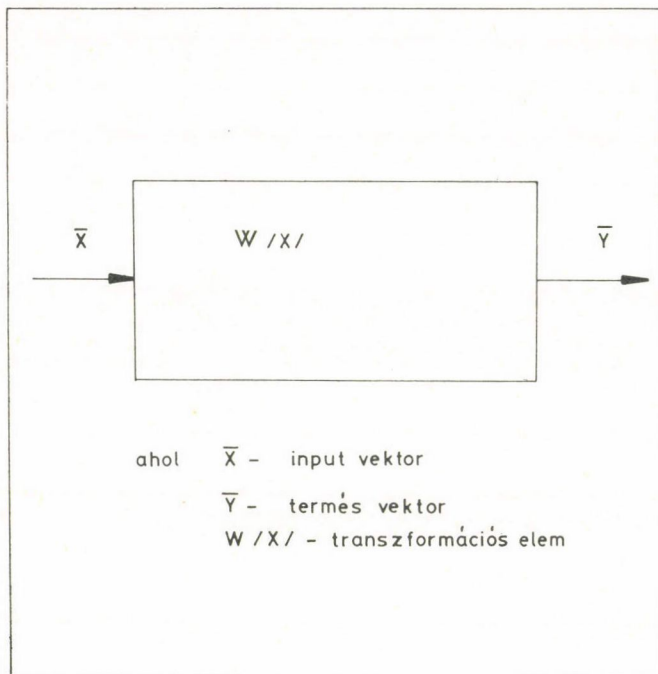
1973 óta, amikor a világméretű ipari expanzió kezdte túlhaladni az energiahordozók kínálatát, az olajimportáló országok az exportálók politikai embargójával, majd pedig az olajár emelkedésével találták magukat szemben. Az ipari termelés és vele együtt a gazdasági fejlődés lelassult, az infláció tartóssá vált. E szituációban az iparilag fejlett országok két irányban reagáltak:

- erélyes intézkedéseket tettek a fosszilis energiákkal való takarékoság érdekében;
- radikális és széles körű kutatási és fejlesztési programokat dolgoztak ki a társadalmi termelés, ezen belül a mezőgazdasági termelés eszköz és erőforrás rendszerének felülvizsgálatára és a következő 50 évben kimerüléssel fenyegető szénhidrogén energiaformák helyettesítésének kutatására és megoldására.

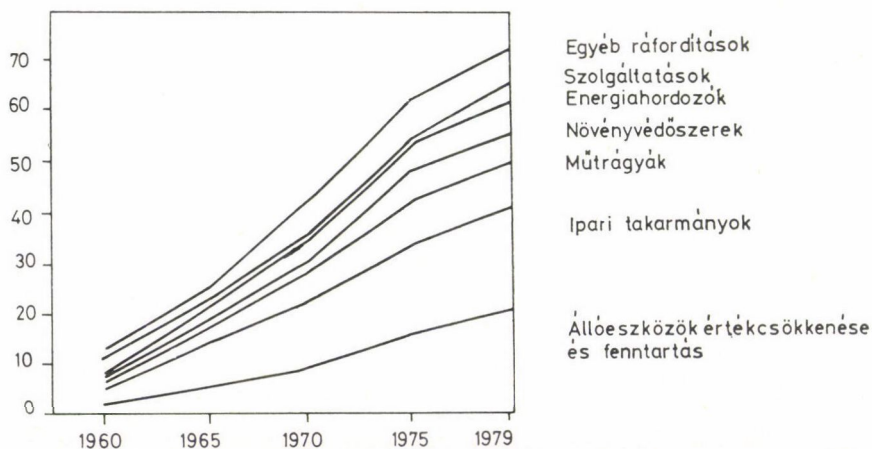
A párhuzamos kutatás elsődleges oka az, hogy már jelenleg is, de a jövőben fokozott mértékben az energia és az ételtermelés — ezen belül az ételtermelés — egymással kiváltható, egymással stratégiaileg helyettesíthető, egyenértékű termék lesz. A mezőgazdasági termelő tevékenységet az 1. ábrán igen leegyszerűsítve ábrázoltuk. A $\bar{X}$ vektorral jellemeztük a tevékenység során felhasznált összes input energiát és eszközt (műtrágya, növényvédőszer, gép, fűtő- és üzemanyag stb.) W -vel jelöltük a transzformációt meghatározó összes szerkezeti paramétert, a termőtalaj mennyiségét és minőségét, természetű növény transzformációs képességét.

$\bar{Y}$ vektor az előállított termék mennyiségének és minőségének leírására szolgál.

A mezőgazdaságban az elmúlt évtizedekben a termőföldet, természetes csapadékot, élő vonó- és munkaerőt világmértékben óriási mennyiségű mesterséges (input) energiával, ill. eszközzel helyettesítették (2. ábra). Vagyis az $\bar{Y}$ vektort kizárólag az input $\bar{X}$ vektor növelésével változtattuk, a W transzformációs egység (operátor, elem stb.) tulajdonságával nem foglalkoztunk, jelentőségét elimináltuk. Az ún. nem megújuló energiaformák nagyon is egyértelműen beismert végessége, stratégiai jelentősége kényszerűsített e fejlesztési felfogás és tevékenység gyökeres revíziójára, meghatározó jelentőségű az input, illetve mesterséges energiák hatékonyságának kérdése.



1. ábra. A mezőgazdasági termelő tevékenység rendszerttechnikai ábrázolása. $\bar{X}$ - input energiák és eszközök vektora, $\bar{Y}$ - előállított termékek (mennyiségi és minőségi) vektora, W - a transzformációt meghatározó szerkezeti változók összessége



2. ábra. A mezőgazdaság külső forrásokból származó ráfordításainak változása. X tengelyen: évek, Y tengelyen: milliárd forint (1976. évi áron számolva)

1. táblázat

Egy főre jutó mezőgazdasági terület 50 éves trendjének összehasonlítása

Régió, Állam	1951—55.	1961—65.	1971—75.	1985.	2000.
Iparilag fejlett tőkés országok	0,61	0,56	0,55	0,50	0,46
— USA	1,17	0,95	0,95	0,86	0,84
— Nyugat-Európa	0,33	0,30	0,26	0,24	0,22
Szocialista országok	0,45	0,39	0,35	0,30	0,26
— Szovjetunió	1,16	1,02	0,93	0,83	0,73
— Magyarország	0,75	0,70	0,66	0,62	0,61
— Kína	0,19	0,18	0,16	0,13	0,11
Fejlődő országok	0,45	0,40	0,35	0,27	0,19
Világ összesen:	0,48	0,44	0,39	0,32	0,25

Az adatok forrása: — a régiókra és — Magyarország kivételével — az államokra vonatkozóan: „The Global 2000 Report to the President Food and Agriculture Projections” c. fejezete (Washington 1980).

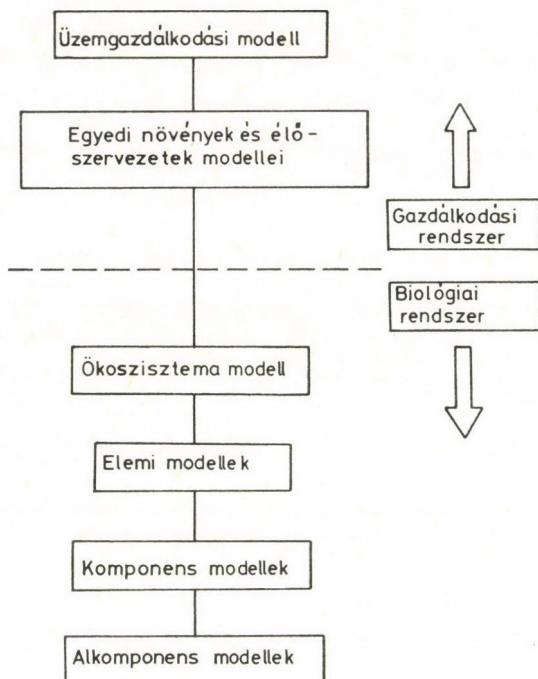
Magyarországra vonatkozóan a tényadatok KSH közlemények alapján; az előrejelzések „A mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón” c. tanulmány adatai alapján számítva.

Az Egyesült Államok elnökének utasítására a közelmúltban készített prognózisok (The Global 2000 Report to the President, 1980) szerint a világ népessége évente 1,8—2%-kal nő; az ezredfordulóra 6,0—7,1 milliárd közé fog esni, a mezőgazdasági terület az 1971—75. évi 1,48 milliárd ha-ról csupán 1,54 milliárd ha-ra növelhető (1. táblázat). Tehát ahhoz, hogy konzerváljuk az 1975. évi táplálkozási szokásokat — benne az éhező százmilliókat — a területegységenkénti hozamokat mintegy 50—60%-kal kellene növelni. A hivatkozott 1. táblázatból kitűnik, hogy a fejlődő és nyugat-európai országok területellátottsága (ha/fő) kismértékben; Kína fajlagos termőtalaj vagyona jelentős mértékben lesz alacsonyabb 2000-ben, mint a világátlag. Legkedvezőbb az USA és a Szovjetunió helyzete, ez a tény óriási felelősséget hárít e két vezető nagyhatalomra a világ élelmiszerellátása területén is.

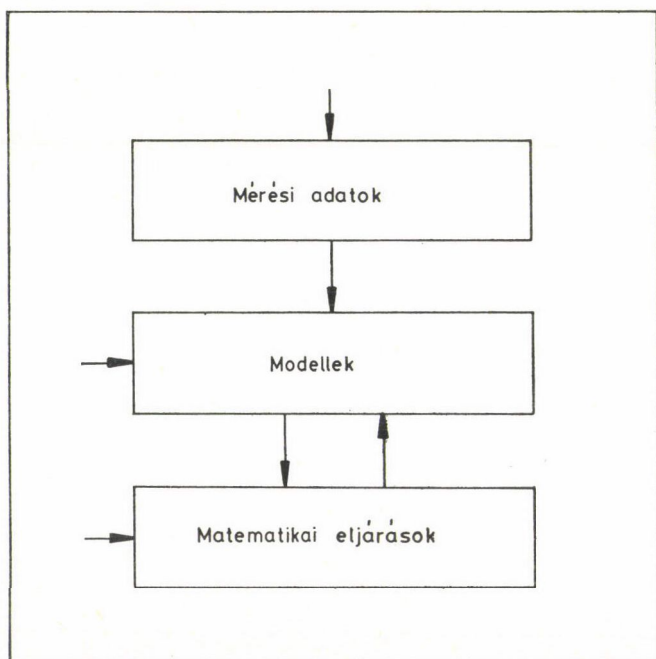
Hazánk az 1 főre jutó mezőgazdasági terület és mezőgazdaságilag művelt területnek az összterülethez való arányában igen előkelő helyet foglal el. Ez az öröndetes tény azonban rámutat arra is, hogy hazánkban a W transzformációs egység extenzív javítási lehetőségei (területnövelés) már nagyrészt kiaknázottak, kizárólag intenzív (hatékonysági) tényezővel számolhatunk és ez a növénytermesztés hatékonyságának fokozása.

A világ élelmiszer termelésében és exportjában vezető szerepet játszó Egyesült Államokban a rendszerelmélet-technika mezőgazdasági alkalmazásával törekednek a termelés hatékonyságának növelésére. A rendszer leírására egyes kutatók hierarchikus (3. ábrán látható) modellt ajánlják (MILES 1975).

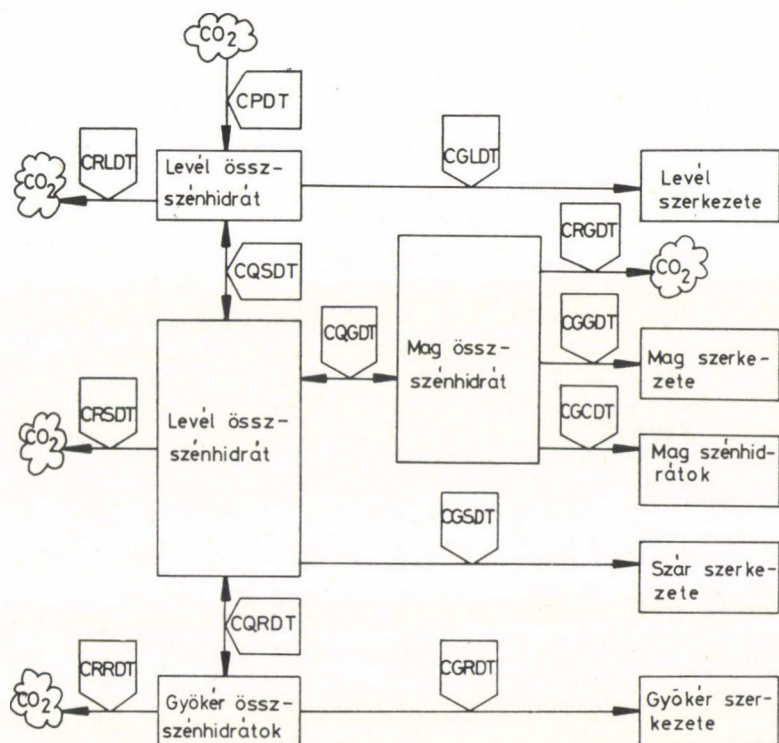
Számos rendszert dolgoztak ki a növekedési, tápanyagfelvételi folyamatok modellezésére (SIMAIZ kukoricára, SUBGROW cukorrépára, SIMCOT



3. ábra. Mezőgazdasági termelés hierarchikus szerkezete



4. ábra. CROPS szimulációs rendszer elemei



5. ábra. Szénfelvétel dinamikus rendszere

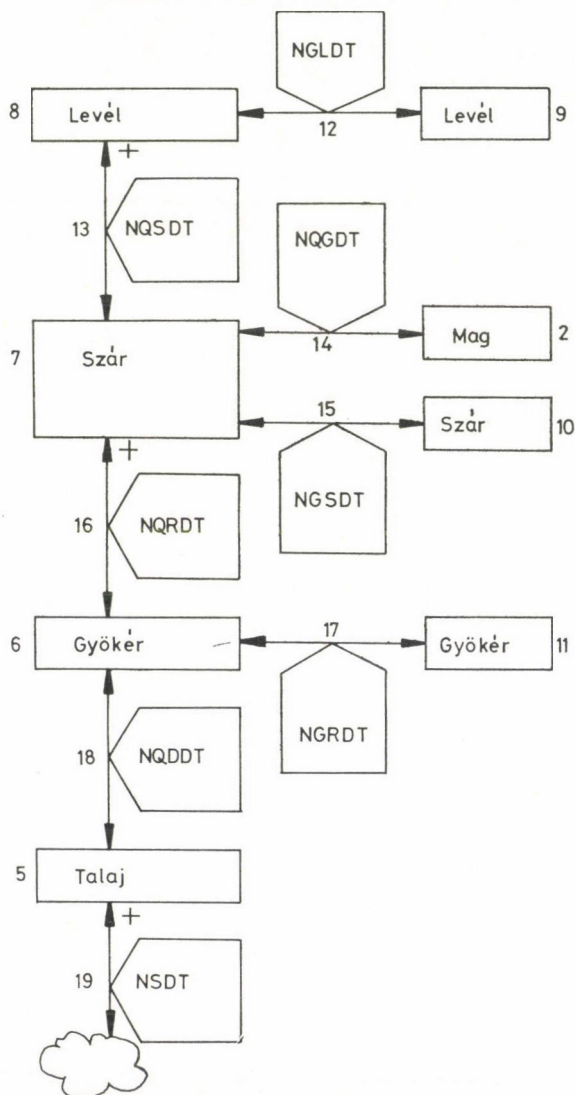
gyapotra, SIMED lucernára, ELCROS kukoricára stb.), ezek közül egy általánosabb modell-rendszert (CROPS MILES 1975) szeretnénk kissé részletesebben bemutatni.

A rendszer a 4. ábrán látható elemekből áll, az 1. elem szolgál a mérési eredmények gyűjtésére, bevitelére, a 2. elembe van lehetőségünk a modell szerkezetének automatikus generálására, a 3. elem szolgál a legfontosabb matematikai feladatok megoldására: így a rendszert leíró differenciál egyenletek paramétereinek becslésére, a differenciál-egyenletrendszer numerikus megoldására, a mérési és számított értékek matematikai-statisztikai vizsgálatára, optimalizálási feladatok megoldására. A 2. elembe a növény növekedése szempontjából legfontosabb 5 anyagi — szén, nitrogén, foszfor, kálium és víz — áramokra az 5., 6., 7., 8., 9. ábrán látható struktúrák generálhatók. A 10. ábrán példaként bemutatjuk a nitrogén anyag áramra felírt szerkezet (6. ábra) elemeinek értelmezését.

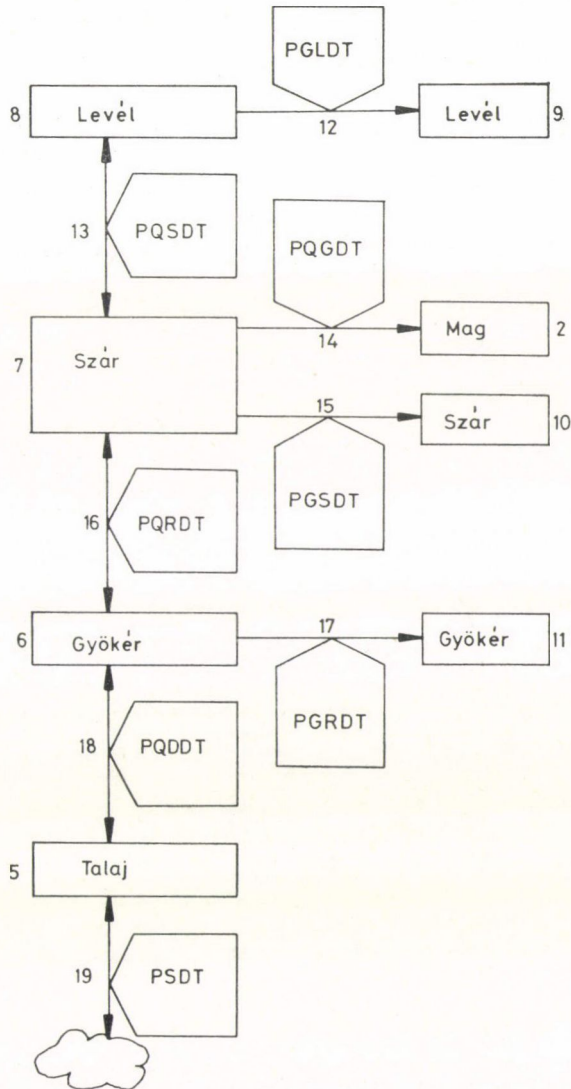
A CROPS szimulációs nyelv tartalmazza azokat az összefüggéseket, amelyek segítséget nyújtanak az elemző számára, hogy megértse a környezetnek a terményre gyakorolt hatásait. Így a CROPS az élettani alapú fejlődési

modellek fejlesztése mellett alapot ad egy komplex, — gyakran ellentmondásos — rendszernek, a növények megértéséhez.

Az elmúlt években megjelent publikációk és statisztikai adatok (10 t/ha feletti búza termés) döbbsentettek rá bennünket arra, hogy a hazai, évről évre megdöntött búza és kukorica rekord terméseredmények bűvöletéből kilépve megkülönböztetett figyelemmel kísérjük az Egyesült Királyságban folyó kutatásokat. GREENWOOD, BURNS egy egyszerű növény, a fejessaláta példáján



6. ábra. Nitrogénfelvétel dinamikus rendszere

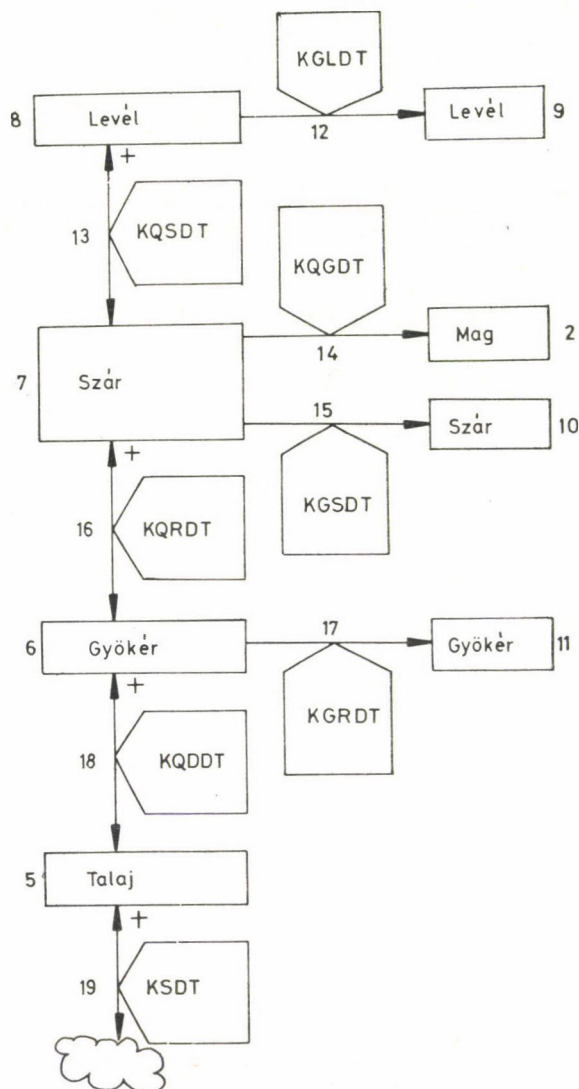


7. ábra. Foszforfelvétel dinamikus rendszere

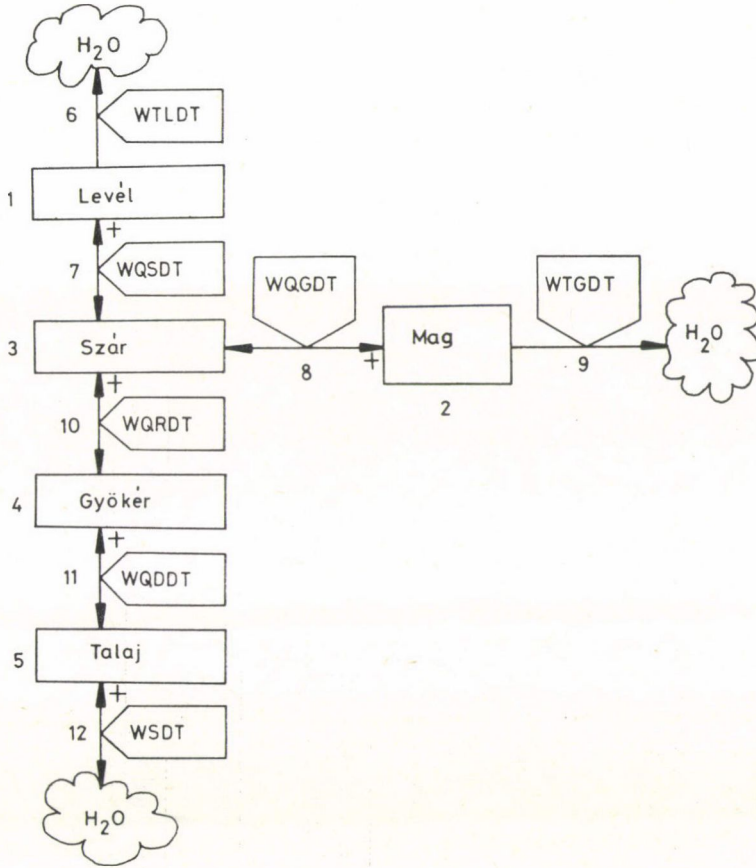
dolgoztak ki tápanyag felvételi modell rendszert. A modell vázlatos szerkezetét a 11. ábrán mutatjuk be. Kulcs komponensként a nitrogént választották, a rendszert két részre — a talajban, ill. a növényben lejátszódó folyamatokra bontották fel (ADDISCOTT 1977, VLEK 1981).

A rendszer legfontosabb elemeiül az „optimális” környezeti feltételek mellett nevelt növény esetén (vízkultúrában) megállapított szárazanyagprodukciónak — idő, illetve nitrogénfelvétel-idő, összefüggések szolgálnak. Valamely

idő-szárazanyag produkció érték párból (12. ábra, X érték) egy más állapotba jutást a reális, illetve ideális környezeti tényezők arányából számolják. A megoldásra Michaelis – Menten féle egyenletet használnak. Munkájuk nagy érdeme, hogy túlmenően a talaj kiadott tápanyag függvénykapcsolatok figyelembevételén, foglalkoztak a modell tesztelésével a rendelkezésre álló kísérleti eredmények alapján. A 13. ábrán a SY41W 1 kísérlet szerint előre jelzett és kísérleti eredmények nagyfokú azonosságát mutatjuk be. A modell lehetővé tette a N műtrágya bedolgozásának, optimális mélységének, az alaptrágya-



8. ábra. Káliumfelvétel dinamikus rendszere

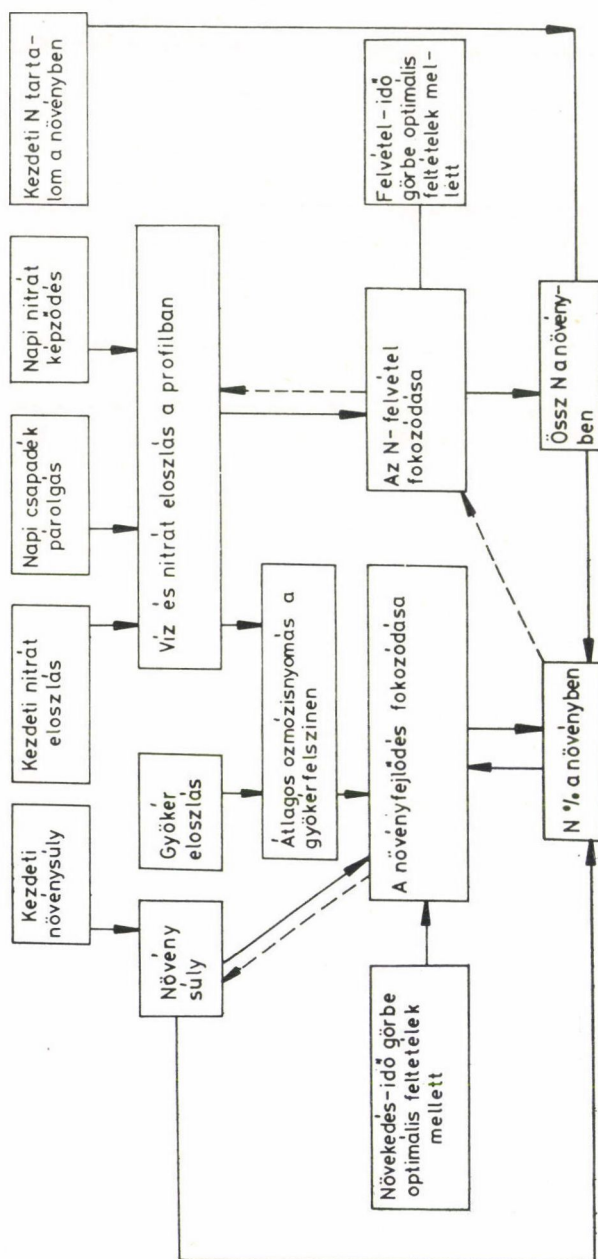


9. ábra. Vízfelvétel dinamikus rendszere

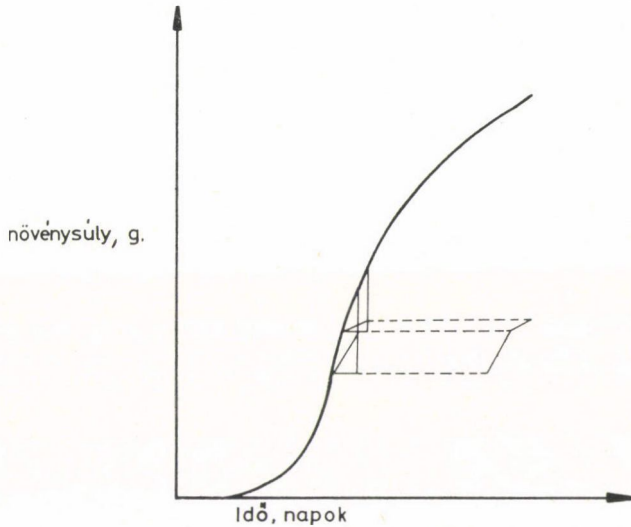
Nitrogén áramlás mértékének meghatározása

Szám	Szám	Meghatározás
NGLDT	12	Levelek nitrogén növelésének mértéke
NQSDT	13	Nitrogén transzlokáció mértéke a szárból a levelekbe
NQGDT	14	Nitrogén transzlokáció mértéke a szárból a szembe
NGSDT	15	A szár nitrogén növelésének mértéke
NQRDT	16	Nitrogén transzlokáció mértéke a gyökerekből a szárba
NGRDT	17	Gyökerek nitrogén növelésének mértéke
NQDDT	18	Gyökerek nitrogén felvétele
NSDT	19	A talajban rendelkezésre álló tápanyagból a nitrogén-készlet növelésének mértéke

10. ábra. Nitrogén felvételi séma elveinek értelmezése

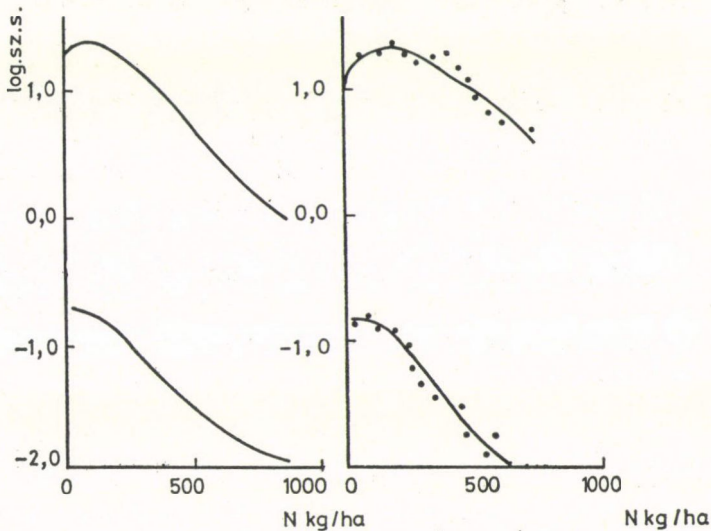


II. ábra. Növénynövekedési modell (GREENWOOD után)

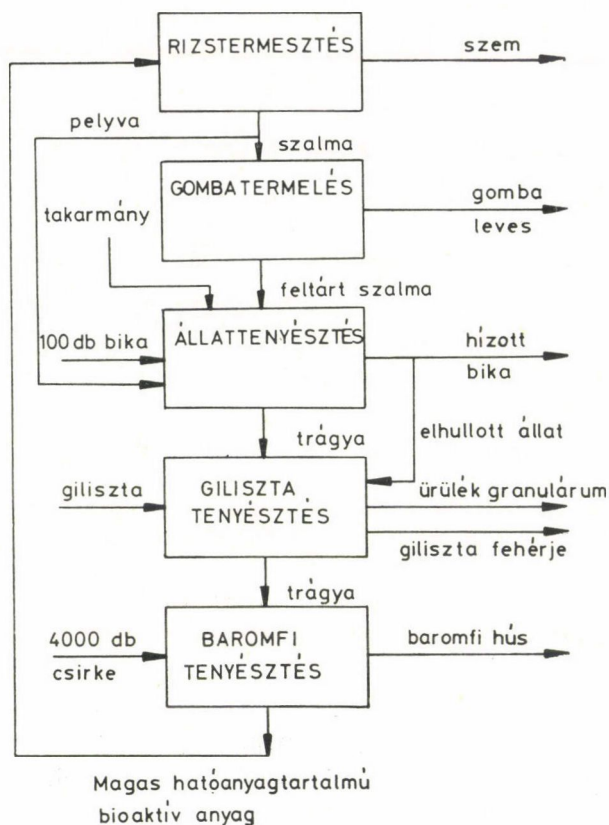


12. ábra. A reális növekedés mértékének kiszámítása az optimális körülmények között termesztett növény növekedési görbéje alapján. X — tengelyen: idő, napok, Y — tengelyen: növény-súly, g

fejtrágya megosztás optimális értékének és egyéb technológiai paraméterek optimális értékének megállapítását. Az 1978-ban írt közleményükben már arra hívták fel a figyelmet, hogy a modellnek alkalmasnak kell lenni más kultúrákra is.



13. ábra. A SY41W1 sz. kísérletben mért eredmények összehasonlítása a számított értékekkel. X — tengelyen: N műtrágya (kg/ha), Y — tengelyen: $\log^{-2}$, növény súly, g, ábrában: nap



14. ábra. Japán „négydimenziós” technológia legfontosabb elemei

Az 1980–81. kísérletekben mért 10 tonna/ha búza terméseredmények elemzése már azt mutatja, hogy ezeket a kiugró eredményeket 4-szeri — a hazai gyakorlat számára eretnek módra új — nitrogén kijuttatással érték el. Megítélésünk szerint ebben az előbbiekben leírt modellnek is nagy szerepe van.

Ismertek előttünk azok a japán tervek, mely szerint az ország 10 éven belül a krónikus mezőgazdasági importórból önellátóvá válik. Mintegy tíz-tizenöt-ször több lakos és mintegy 2,5-ször több — bár gyenge minőségű — termőtalaj esetén ez a törekvés utópisztikusnak tűnhet. Miben rejlik a japán tervek realitása?

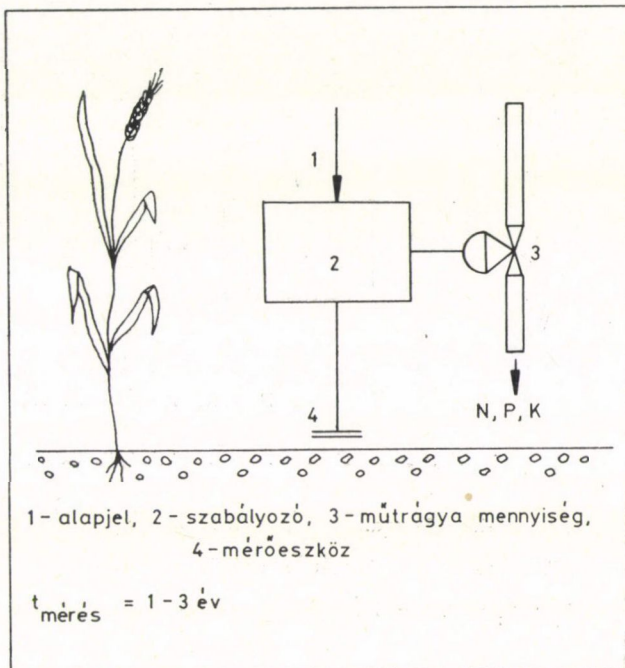
A hazai input energia felhasználását több mint 60%-kal meghaladó (410 kg/ha, ill. 260 kg/ha műtrágya mennyiség) felhasználáson, az amerikai és angol tapasztalatok adaptálásán túlmenően a japánok kiemelten foglalkoznak a megtermelt biomassa produktum kérdésével. Míg itthon az évi mintegy 13–15 millió tonna szemtermés betakarítása mellett több millió tonna

szalma és szár elégetésével „gondoskodunk” az atmoszféra CO_2 tartalmának növeléséről, addig Japánban az eddig ismert és gyakorlatban használt energiadegradálás helyett a megtermelt energia több lépésben történő transzformációját tervezik. A 14. ábrán bemutatott eljárás lényege, hogy a felépített, de közvetlenül nem hasznosítható szervesanyagot először gombával, majd gilisztával tájrák fel. A mintegy 5–6 technológiai transzformációból álló rendszer zárt cikluson a hasznos végtermékeket hulladékmentesen állítja elő.

A továbbiakban tekintsük át a hazai helyzetet. Az 1976-ban elhatározott új talajerőgazdálkodási rendszerünk realizálása érdekében az alábbi feladatokat oldottuk meg:

- felépítettük és üzembe állítottuk azt a 13 teljesen automatizált talajtápanyagvizsgáló laboratóriumot, amely mintegy évi 300 000 talajminta 14 legfontosabb talajjellemzőre történő levizsgálását biztosítja;
- a mérési eredmények értelmezése alapján álló műtrágyázási irányelveket dolgoztunk ki a legfontosabb szántóföldi, zöldség és álló kultúrára, így a hatékony üzemi műtrágya-felhasználás szakszerű tervezése megoldott.

Vizsgáljuk meg a 15. ábrát. Megállapítható, hogy a jelenleg üzemeltetett talajerőgazdálkodási rendszer lényege olyan talajtápanyag-készlet és kon-

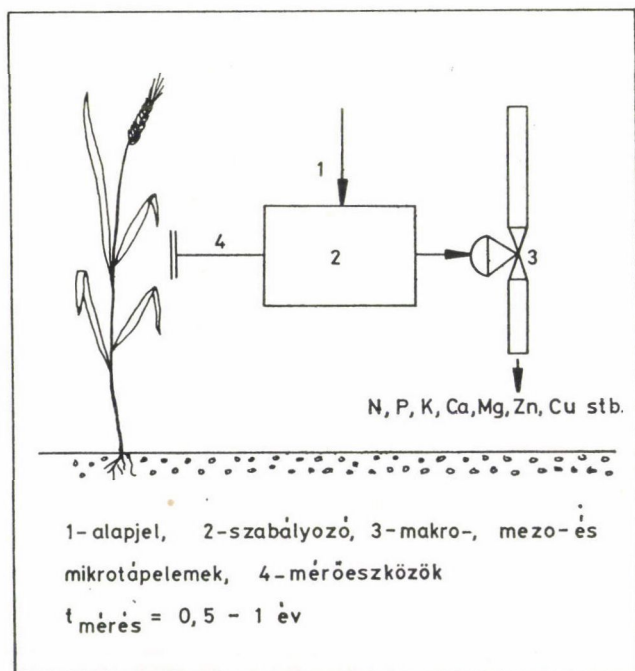


15. ábra. Tápanyaggazdálkodási rendszer

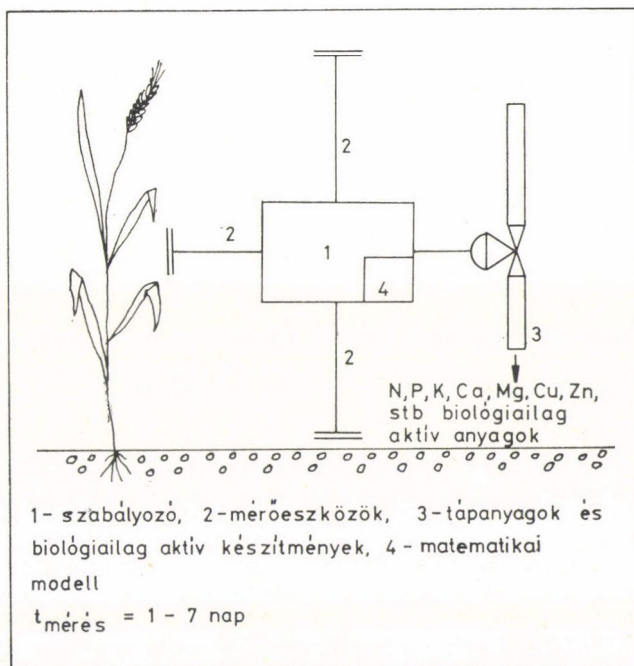
centráció biztosítása a talajban, amely a vegetáció minden időszakában nagyobb, mint a kultúrnövény igénye. Természetesen az ilyen időben 1–2 alkalommal, nagy műtrágyaadaggal végzett trágyázás esetén a kimosódásból, bomlásból és más okokból származó, a környezetet terhelő tápanyagvesztések jelentősek.

A tápanyaggazdálkodás szakszerűségének további fokozása érdekében tervezzük a harmonikus növénytáplálási rendszerünk üzemszerű megszervezését (16. ábra). Megfelelő tápanyagfelvételi kutatásokkal, a növényvizsgálatok rendszeressé tételével, a növény- és talajvizsgálatoknak az összes esszenciális, vélelmezhetően fontos és toxikus tápelemre történő kiterjesztésével a folyamatos tápanyagutánpótlást biztosító technológiai műveletek (művelőutas, légi stb.) bevezetésével elérhetjük, hogy a növény számára térben és időben optimális tápanyagutánpótlást biztosítsunk, vagyis megvalósítsuk a harmonikus növénytáplálást.

A Szegedi Biológiai Központ Biofizikai Kutató Intézetében folyó, magas színvonalon szervezett kutatások, egyes növénytermesztési rendszerekben, élenjáró üzemekben végzett gyakorlati vizsgálatok, és a MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központban folyó matematikai modellezések alapján feltehetően 2–3 éven belül megoldjuk a legfontosabb növények harmonikus tápanyagellátását.



16. ábra. Harmonikus növénytáplálási rendszer



17. ábra. Irányított (szabályozott) növénytáplálási rendszer

Tudjuk, hogy a növények életciklusa során a környezeti tényezők hatása igen jelentős lehet. Ezekre az jellemző, hogy időben igen gyorsan változhatnak, a tápanyag mozgása, felvétele gyakran lassabban megy végbe. Ezért lehetséges, hogy egy időpillanatban térben és időben optimálisnak megítélt talajtápanyag-tartalom a környezeti tényezők gyors változása miatt már nem megfelelő. Ilyen esetekben válik szükségessé a növények tápanyagfelvételi folyamatainak meggyorsítása, lassítása, röviden irányítása és szabályozása. E feladatot az „irányított (szabályozott) növénytáplálási rendszer” bevezetésével kívánjuk megoldani (17. ábra). Az utánam következő előadásban (ERDEI, BÉRCZI és OLÁH) azt mondják: „A transzportfolyamat megváltozása nemcsak a növény növekedésének és fejlődésének másodlagos következménye, hanem a hormon-transzportrendszer közvetlen kapcsolatán keresztül is megvalósulhat (KANNAN 1977, 1978, ERDEI et al. 1979, RAMANI és KANNAN 1980, GARCIA LUIS és GUARDIOLA 1981). A hormon-irányított transzportfolyamatok mechanizmusának alakulása az egyedfejlődés során, valamint e folyamatok tudatos ellenőrzésének és manipulálásának lehetőségei azonban még alig ismertek.”

A tudományosan megalapozott kutatási eredmények hiányától függetlenül az 1982–83. mezőgazdasági évben mintegy 35 000 ha-on kezdtünk nagyüzemi kísérleteket búza, kukorica, napraforgó és cukorrépa növényeken, biológiailag aktív, hormonháztartást szabályozó készítményekkel. Várakozásunk

szerint az egyedszám növelésével, az intenzív gyökérrendszer indukálásával a terméseredmények mintegy 15–25%-kal fognak emelkedni.

Növénytermesztési célkitűzéseink realizálása — a jelenlegi, bizonyos mértékben lehangoló kiindulási helyzet figyelembevételével mellett is — a gyakorlat oldaláról keményen veti fel a hazai növényélettani kutatások felé megfogalmazható, rövid időn belül megoldandó feladatokat. Ezeket az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- növényélettani folyamatok hierarchiájának, szerkezetének pontos definiálása, az egyes szinteken ható tényezők identifikálása, az elemi hatásmechanizmusok feltárása, értelmezése;
- a szervesetlen ionok transzportfolyamatainak feltárása, arra ható tényezők számbavétele, szabályozó mechanizmusának vizsgálata;
- a fenti feladatok széles körű, sokoldalú, koordinált megoldása az összes határterületen dolgozó (biológus, biokémikus, agrokémikus, talajtanos, számítástechnikus, rendszerelméleti) szakember bevonásával.

Végül reméljük, hogy a jelenleg több millió-milliárd forint értékű anyagi és technikai eszközt alkalmazó kutatók felismerik az emberiség jövője szempontjából központi, történelmi szerepüket, minden erőfeszítésüket az emberiség jövőjét megkérdőjelező fehérjehiány megoldására összpontosítják.

IRODALOM

- ADDISCOTT, T. M.: *Journal of Soil Science*, 554–563 (1977).
 GREENWOOD, D. J., WOOD, J. T., et al: *Journal of Agricultural Science*, 445–467 Cambridge (1974).
 MILES, G. E.: Kandidátusi tézisek, Purdue University (1975).
 ODAIRA, K.—JOSIDA, T.: *Jodzsigen Keidzaigaku (A négydimenziós ökonómia)* Tokió, Tomeisha 200 (3) (1979).
 The Global 2000 Report to the President, Wasington, 1–72 (1980).
 VLEK, P. L., TILLERY, I. R., BURFORD, I. R.: *Pant and Soil*, 133–167 (1981).