

ENERGIA-SZEMPONTOK A NÖVÉNYNEMESÍTÉSBEN*

KURNIK ERNŐ

az MTA rendes tagja

Takarmánytermesztési Kutatóintézet, Iregszemcse

Korunk két nagy problémája az energia- és a fehérjetermelés és -felhasználás, bonyolult összefüggéseivel társadalmunk termelő és fogyasztó szférájára egyaránt kihat és időnként komoly nehézségek, világméretű bonyodalmak forrásává válik.

A termelő ágazatok közül a mezőgazdaság, bár maga is jelentős energiafelhasználó, mégis egyike azoknak, amely — legalábbis jelenleg — a fotoszintetikus energia hasznosítása révén lényegesen több energiát termel, mint amennyit felhasznál. A termelés-technikai színvonal állandó növelésével azonban rohamosan nő a közvetlen és a közvetett energiafelhasználás, amellyel egyre nehezebben tart lépést a felhasznált és a megtermelt energia közötti különbség, a nettó energiahozam növekedése. Így például az Amerikai Egyesült Államokban a század elején alig egy, a hetvenes évek elején pedig már 8,7 ásványi eredetű kcal-t használtak fel egy fogyasztási kcal előállításához. Angliában is az elmúlt fél évszázad alatt 5,7-szeresére emelkedett a mezőgazdaságban a közvetlen és közvetett energiafogyasztás. Hazánkban csak az utóbbi 15 évet tekintve, a mezőgazdaság összes közvetlen energiafelhasználása 3,5-szeresére nőtt és ugyancsak jelentősen megnőtt — főként a műtrágyák fokozott felhasználása révén — a közvetett energiafogyasztás is. Ilyen körülmények között érthető, hogy nálunk is — akárcsak szerte a világon — az érdeklődés középpontjába került a mezőgazdasági kutatás energiacentrikussággal jellemezhető új iránya, amely egyrészt a termeléshez felhasznált energia csökkentését, másrészt pedig termesztett növényfajaink hasznos energia-termelésének növelését célozza.

Egy-egy szántóföldi kultúra termeléséhez a felhasznált összes energiaigény növényfajonként eléggé változó. Általában a hosszú tenyészidejű, több művelési fogást igénylő, viszonylag nagy fő- és mellékterméket adó, későn, sokszor kedvezőtlen időjárási viszonyok között betakaruló kapások és a mesterséges szárítást igénylő takarmánynövények termesztésének energiaszükséglete jelentős lehet. Pontos számítások és megbízható becslésekre támaszkodó világirodalmi és hazai adatok alapján, fontosabb szántóföldi kultúráink

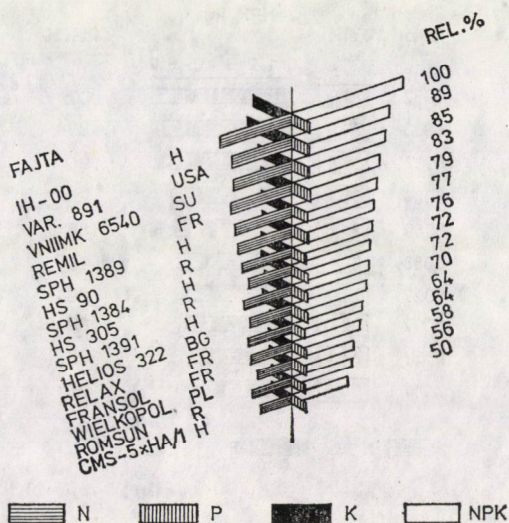
* Akadémiai székfoglaló előadás, elhangzott: 1977. április 12-én

termelési energiaigénye eléggé ismert. Amennyiben ezeket az adatokat a racionális csökkentés biológiailag is megfogható lehetőségének nézőpontjából tanulmányozzuk, már az első rátekintésre feltűnik a közvetett energiafelhasználás igen jelentős részaránya, ezen belül is a táplálóanyag-ellátást biztosító műtrágyákra jutó, meglepően nagy hányad. Ez például a kukoricánál az összes energiaigény 40%-a, ugyanannyi, mint amennyit a termelési folyamathoz használt gépek üzemeltetése, a szárítás és a szállítás felemészt. Különösen a nitrogén-műtrágyák előállítása jár nagy energiaigénnyel, amely — a területre való kijuttatást is beleértve — a foszfor-műtrágyákénál hatszor, a káli-műtrágyákénál 90-szer nagyobb.

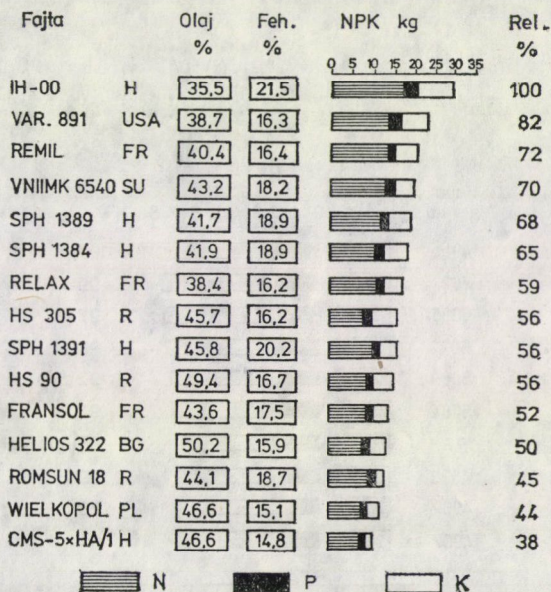
E tények ismeretében önként adódik a kérdés: vajon genetikai és agrotechnikai módszerekkel kedvezően és tartósan befolyásolható-e a növények táplálóanyag-hasznosítása? A gyakorlati növény-nemesítés nyelvén szólva: előállíthatók-e olyan új „takarékosabb” növényfajták, amelyek az egységnyi biológiai termés, illetve a mag, a fehérje és az olajtermés előállításához az eddigieknél kevesebb nitrogént, foszfort, káliumot stb.-t használnak fel? A fontosabb növényfajok között etekintetben mutatkozó különbségek ismertek. A fajon belüli heterogenitást eddigi szelektációs tapasztalataink alapján fel kellett tételeznünk. — E kérdésre szabad legyen a későbbiek során még néhány mondat erejéig visszatérni. — A téma kapcsán intézetünkben művelt három növényfaj, a napraforgó, a borsó és a szója fajta- és nemesítési alapanyagának felhasználásával széles körű tájékozódó jellegű vizsgálatokat végeztünk.

A napraforgóból — hogy a vélhető különbségek élesebben kirajzolódjanak — szabad elvirágzású fajtákat, beltenyészített vonalakat, több vonalas hibrideket (továbbiakban: fajták), tehát a nemesítés gyakorlatában használt valamennyi genetikai „formációt” analizáltuk, amelyek a fejlődés, az értékmérő tulajdonságok — termés, fő- és melléktermék aránya, olaj- és fehérjetartalom — rezisztencia és a morfológiai bélyegek, a habitus tekintetében is jelentős eltérést mutattak. A kapott eredmények — amelyeket ezúttal a fásasztó számok tömegét tartalmazó táblázatok helyett a különbségeket jól szemléltető számrajzok segítségével mutatok be — várakozásainkat messze-mően meghaladták. Ugyanis a vizsgált, viszonylag kevés számú fajta az egységnyi magterméshez felhasznált NPK vegyes hatóanyag mennyisége tekintetében — beleértve a magtermésre arányosan jutó növényi részeket is — feltűnően nagy és a maximális 50%-os különbségig igen változatos értékeket mutat. Még nagyobb különbséget találtunk az egységnyi olajtermés előállításához felhasznált táplálóanyag-mennyiséget illetően. Itt a maximális különbség kereken 60% és a vizsgált fajták egynegyede — a „listavezető” fajtánál — a felénél is kevesebb hatóanyaggal állította elő az egységnyi olajtermést (1., 2. ábra).

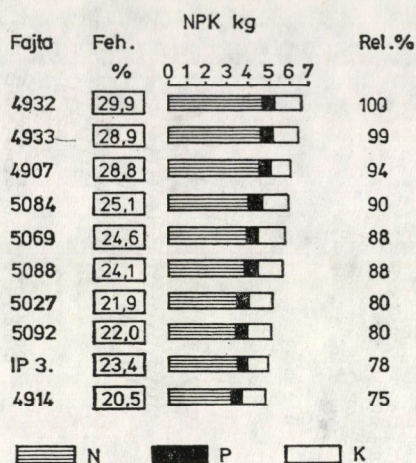
A borsóból főként a fehérjetartalom tekintetében nagy különbséget mutató (20—30%), de habitusban is eléggé eltérő fajtákat vizsgáltunk.



1. ábra. 100 kg magterméshez felhasznált NPK mennyiségének alakulása néhány napraforgófajtánál



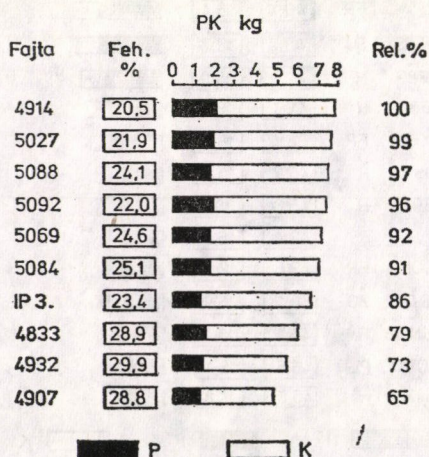
2. ábra. 100 kg olaj előállításához felhasznált NPK mennyiségének alakulása néhány napraforgófajtánál



3. ábra. 100 kg magtermésben foglalt NPK mennyiségének alakulása néhány borsófajtában

A különbségek itt már szerényebbek. Egységnyi magterméshez felhasznált NPK vegyeshatóanyagban a maximális különbség kereken 25% (3. ábra). Az egységnyi fehérjetermés előállítására vonatkozóan az általánosan nagy nitrogéntartalom miatt a különbség — persze más fajtasorrenddel — 12%-ra csökken. A légköri nitrogént hasznosítani tudó borsónál — és a szójánál is — érdemes külön megnézni a foszfor és kálium együttes mennyiségének alakulását. E tekintetben megint igen jelentős — kereken 35%-os különbséget találunk (4. ábra).

Szójából a világlistán szereplő régi és új fajták mellett hazai fajtákat és vonalakat vizsgáltunk száraz és öntözött viszonyok között. Itt a különb-



4. ábra. 100 kg fehérje-előállításához felhasznált PK mennyiségének alakulása néhány borsófajtánál

ségek még kisebbek. Egységnyi mag, illetve fehérje előállítására felhasznált NPK vegyeshatóanyag mennyisége egyaránt csak 20% körüli különbségeket mutat.

A fajon belüli heterogenitás tehát ezek szerint az idegen megtermékenyülő napraforgónál a legnagyobb, az önmegtermékenyülő borsónál már mérsékeltébb és legkisebb az ugyancsak önmegtermékenyülő, konszolidált — főként idős fajtákat tartalmazó — szójánál. A különbségek azonban mindenképpen olyan nagyok, hogy — legalábbis eddigi nemesítési gyakorlatunk szerint — már egyszerű szelekcióval is megközelíthetőnek, céltudatos kombinációs nemesítéssel pedig kifejleszthetőnek véljük a nagy termést adó, „takarékos” táplálóanyag-gazdálkodású, „kevésbé étkes” fajtákat. Ugyanúgy, amint azt az állattenyésztésben a hagyományos állatfajtákhoz képest a takarmányt messzemenően jobban hasznosító, áttörő sikerű új fajták előállítása példázza.

Ezen alapvető felismerés mellett a vizsgálatok olyan összefüggések megállapítását is lehetővé tették, amelyeket a fenti célkitűzés megvalósítása érdekében — éppen a tulajdonságok részben korrelatív jellege miatt — jól lehet használni. Ezek közül csak a legfontosabbakat: mindhárom növényfajnál az egységnyi mag-, olaj-, fehérjetermés előállításához felhasznált táplálóelemek közül a nitrogén részesedése legnagyobb: 60—70%, sorrendben követi azt a kálium 20—30%-kal és 5—10%-kal legkisebb foszforé. Fajon belül egymáshoz viszonyítva, napraforgónál a kálium (66,8%), borsónál a nitrogén (31,4%) és szójánál a foszfortartalombeli különbségek (36,8%) voltak a legnagyobbak.

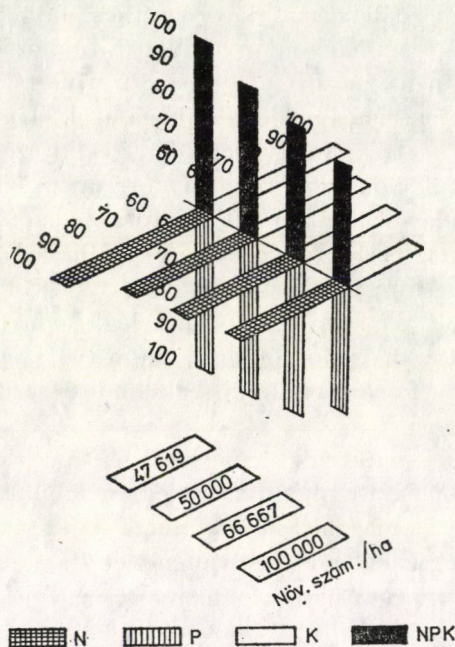
Jellegzetes képet mutatnak a mag és a hajtás e vonatkozású adatai is. A magtermésbe beépült NPK mennyiségének variabilitása lényegesen kisebb, mint a hajtásé, amely a magéhoz képest annak kétszerese is lehet.

Ennek felismerése különösen olyan növényfajok nemesítésénél fontos, amelyeknek melléktermékét (napraforgó, repce) ma még nem tudjuk gazdaságosan hasznosítani és a jelentős táplálóanyag-lekötésükkel tetemes közvetett energiát „pazarolnak”.

E részmátát zárva és a bevezetőben elmondottakra utalva még egy megállapítás: amennyiben a három növényfaj táplálóanyag-hasznosítását az olaj- és a fehérjetermelés nézőpontjából vizsgáljuk, akkor megállapítható, hogy e vonatkozásban változatlanul a klasszikus fogalmazásnál kell maradnunk, miszerint a napraforgó kifejezetten olaj, a szója — és természetesen a borsó is — elsősorban fehérjeforrásnak tekinthető. Ugyanis a szója egységnyi olajtermés előállításához kereken háromszor annyi NPK vegyes hatóanyagot használ fel, mint a napraforgó (60,1 kg és 18,71 kg). Ugyanakkor egységnyi fehérjeterméshez a napraforgó igényli a legnagyobb mennyiséget (46 kg), szója a ennek alig kétharmadát (28 kg), a borsó pedig csak a felét (22,81 kg).

Az agrotechnikai tényezők és a táplálóanyag hasznosítása közötti összefüggést az állománysűrűség — „a territoriális igény” — alakulásának néző-

pontjából vizsgáltuk. Ugyanis az utóbbi két évtizedben a köztermesztés gyakorlatában a sűrűbb növényállományra való áttérés általában — így a kapásoknál a kukoricánál, a napraforgónál és a szójánál is — ugrásszerű termésmnövekedést eredményezett, amely vélhetően táplálóanyag-hasznosítási konzekvenciákkal is járt. Ez irányú napraforgó-kísérleteink eredményei igazolták e feltevés helyességét, amennyiben a ma általánosan alkalmazott állomány-sűrűség még elérhetőnek vélt megduplázásával további 20—30%-kal csökkent az egységnyi mag- és olajtermés előállításához felhasznált nitrogén, foszfor és kálium mennyisége (5. ábra). Vele együtt megváltozott a termés



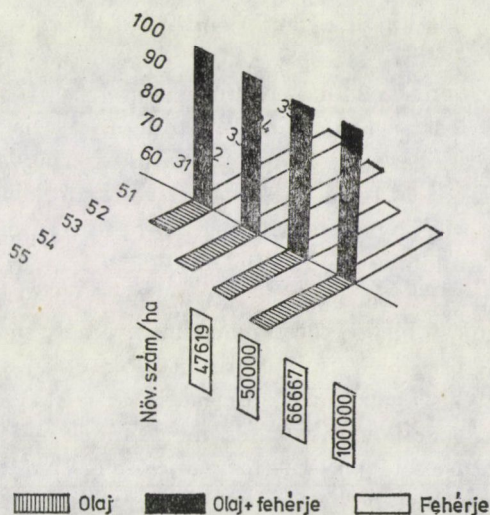
5. ábra. Az egységnyi mag- és olajtermés előállításához felhasznált NPK mennyiségének alakulása az állomány-sűrűség függvényében (100=47619 növény/ha értéke)

és a hajtás táplálóanyag aránya is. Ugyanis a növény-sűrítéssel a hajtás nitrogén-, foszfor- és káliumtartalma lényegesen nagyobb mértékben csökken, mint a magé, ami feltétlenül előnyösnek mondható egy olyan növény esetében, mint amilyen a napraforgó is, amelynek mellékterméke — mint arra az előzőkben már utaltunk — ma még kétféleképpen nem hasznosítható. E felismerés magyarázatánál nem is mentünk volna tovább annál a kézenfekvőnek látszó feltevésnél, amelyet az adott víz- és táplálóanyag-készleten való osztozkodás konkurrencia elvéből tudni véltünk. Volt azonban már egy korábbi, a fotoszintetikus energiahasznosítással kapcsolatos kukoricakísérletünk, amelynek során azt tapasztaltuk, hogy a szabadon álló, tág térállású, földbe süllyesztett,

azonos víz- és táplálóanyag-ellátást biztosító, nagyméretű tenyészedények kukorica-növényei — egységnyi termés előállításához — a magba és a hajtásba egyaránt több nitrogént és esetenként több foszfort és káliumot építenek be, mint a normál kötésű állományban elhelyezett tenyészedényes növények. Ezt a kísérletet 1976-ban napraforgóval és kukoricával megismételtük. Hasonló eredményre jutva, egyértelműen bizonyítottnak látszik, hogy a köztermesztésben ma használatos állománysűrűségnél normál viszonyok között a csökkent táplálóanyag-felvétel, illetve beépülés nem annyira a víz- és táplálóanyagért vívott konkurrencia következménye, hanem sokkal inkább az állomány csoportosítás eddig még kellően nem ismert tényezőinek kölcsönhatása, amelyek végső fokon az egyedi potenciális termőképesség realizálását szabályozzák, illetve gátolják.

E felismerés többek között elfogadható magyarázattal szolgál arra is, hogy a kukorica-fehérjetartalom múltban bekövetkezett hirtelen csökkenésének nem a hibridkukorica-termesztésre való áttérés volt az oka, hanem a sűrűbb növényállomány alkalmazásának elterjedése. Ugyanis az 1975. évi kísérleteinkben a tág térállású kukorica fehérjetartalma közel 2%-kal, 1976-ban ez a különbség kerekén 1,5%-kal volt nagyobb, mint a normál állományúé.

Hasonlóképpen viselkedett a napraforgó is. A tavalyi tenyészedényes kísérleteinkben tág térállásnál 3,5%-kal volt nagyobb a mag fehérjetartalma, mint normál állományban. Ugyanakkor — mint az a negatív korrelációból várható volt — ez utóbbi olajtartalma 2%-kal növekedett — jól egyezve az évek óta folyó szabadföldi kisparcellás és nagyüzemi kísérleteink eredményeivel (6. ábra).



6. ábra. Az olaj- és fehérjetartalom, illetve termés alakulása az állománysűrűség függvényében (termés: 47619 növény/ha értéke=100)

Amennyiben a növényállomány-sűrítés mint agrotechnikai tényező, előzőekben bemutatott kihatásait — napraforgó köztermesztésünk arányaiban gondolkozva — összegezzük, megállapíthatjuk, hogy azok eredményeként évről évre sok ezer tonna műtrágyát takarítunk meg, több ezer tonnával nagyobb a növényi olajtermelésünk, de ugyanakkor több ezer tonna fehérjével leszünk szegényebbek. — A természet örök kompromisszuma — valamit valamiért.

A növényállomány-sűrítés olajtartalom-növelő pozitív hatásának ismeretével tulajdonképpen át is tértünk a termesztési folyamathoz szükséges közvetett energia takarékosabb felhasználásáról a növényi energiatermelés növelésének kérdésére.

Elöljáróban szabad legyen rögtön felhívni a figyelmet arra az alapvető különbségre, amelyben szántóföldi növényeink — az energiatermelés növelésének lehetősége tekintetében — egymástól eltérnek. Ugyanis a napraforgónál — és általában az olajos növényeknél — a faj, illetve a fajta hasznos energiatermelését nem csupán a magtermés, hanem az olajtartalom növelése útján is fokozhatjuk. Ugyanakkor a főként szénhidrátforrásnak tekinthető búzánál, kukoricánál és a cukorrépánál ez csak a termés hozam növelése által lehetséges. Ezzel magyarázható, hogy pl. a búzának és a kukoricának ahhoz, hogy az elmúlt 30 év alatt az egy hektárra eső energiahozamát megkétszerezze, a termését is meg kellett dupláznia. A napraforgónál ehhez csak a termés alig 40%-os növelésére volt szükség, mivel ezen idő alatt — a céltudatos nemesítési munka eredményeként — az olajtartalmat 28—30%-ról 48—50%-ra, a mag kalóriatartalmát pedig — kalorimetrikus vizsgálataink szerint — a 30 év előtti 5600 kcal-ról kerekén 7000 kcal-ra sikerült növelni. Ugyanakkor a búza és a kukorica kalóriaértéke a korábbi irodalmi adatokhoz képest alig változott.

Az energiahozamnak az olajtartalom útján való növelése elvileg csak a biológiai határig lehetséges. Ezért továbblépni itt is csak a magtermés fokozásával tudunk. Ehhez — mai megítélésünk szerint — legígéretesebbnek látszó út változatlanul a termőtalaj növényeltartó képességét figyelembe vevő, további ésszerű állománysűrítés. Ez a múlthoz képest a már megduplázott bázisról kiindulva — kísérleteink és a nagyüzemi próbák szerint — az első nagy lépéshez viszonyítva, ugyan már jóval szerényebb, de még mindig jelentős terméstöbbletet eredményezhet, amely meghaladja az ismert fajták közötti különbséget és azt a terméstöbbletet is, amellyel ma egy új fajtát a köztermesztés számára minősítenek.

Természetesen az állománysűrítés mértékének — még optimális víz- és táplálóanyag-ellátás esetében is — megvan a maga határa. Ezen túl a növények térbeli elhelyezkedéséből adódó ön- és egymást árnyékolása (pl. zárt napraforgó-állományban az alsó szintekbe a szabad területen mért sugárzásnak mindössze 15%-a érkezik le!), a lombozat és a gyökérzet különböző mér-

tékű érintkezéséből vélhető kölcsönhatások, a fény-, hő- és páratartalmi viszonyok, egy szóval az állomány csoportosítás eredményeként az egyed, de az egységnyi területről nyert energiatermelés is — kedvezőtlen mellékhatásoktól kísérve, pl. megdőlés — rohamosan csökken.

Különösen a magas törzsű, nagy asszimilációs felületet fejlesztő, nagy levélindex értéket mutató, jelentős víz- és táplálóanyag-igényű, kedvezőtlen mag- és hajtás arányú fajták viselik el nehezen az állománysűrítést. Az alacsony szárú, kevés és kis levelű, de ezt nagyobb asszimilációs hatásokkal kompenzáló, kisebb víz- és táplálóanyag-igényű, optimális mag — hajtás arányt megközelítő fajták elvileg is alkalmasabbnak látszanak az állománysűrítés-adta termésmenővelő hatás kihasználására. Ez az eset még akkor is fennáll, ha a jelenleg standardnak tekinthető, hektáronkénti 48000-es tőállománynál az előző típust reprezentáló fajtákhoz képest jóval kisebb termést adnak (7., 8. ábra).

I. táblázat

Az olajtermés, az asszimilációs felület, az asszimilációs aktivitás és a mag-hajtás arányának alakulása néhány napraforgófajtánál

Fajta		Egy átlagnövény			
		asszimilációs felülete cm ²	olajtermése g	1000 cm ² levél-felületre jutó olajtermés/g	100 g magtermésre jutó hajtás/g
Helios 322	BG	6388	49,3	7,72	168
VNIIMK 6540	SU	3929	36,7	9,34	179
HS 305	R	5771	36,6	6,34	181
Fransol	FR	3060	33,2	10,85	136
Romsun 18	R	3458	32,1	9,28	122
HS 90	R	5637	29,6	5,25	203
Wielkopol.	PL	3100	26,1	8,42	109
Relax	FR	3848	23,5	6,11	153
OC—56x HA/1	H	6012	22,5	3,74	156
Remil	FR	4575	21,0	4,59	248
SPH 1384	H	1789	19,3	10,79	150
Var. 891	USA	4951	18,5	3,74	273
CMS—3x KAP.	H	4500	15,3	3,40	284
SPH 1391	H	833	11,9	14,28	128
IH—00	H	2008	10,7	3,81	199

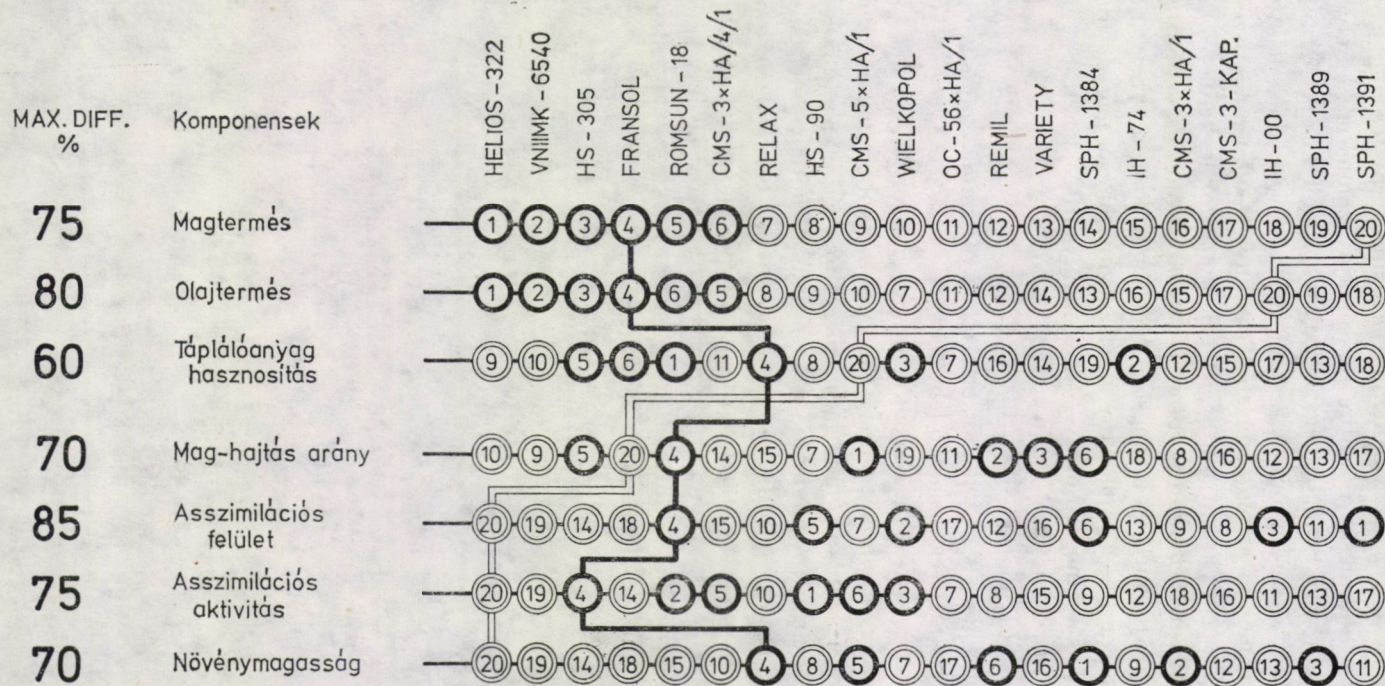
Napraforgó fajtagyűjteményünket e nézőpontból elemezve — mint az az I. táblázat adataiból látható — a pozitív és negatív tulajdonságok a fajtákban a legkülönbözőbb módon kombinálódnak. Így például a „Fransol” hibrid viszonylag minden fontosabb tulajdonság tekintetében jó, a SPH 1391. sz. spontán hibrid pedig — bár a standard állományban a teljesítőképesség tekintetében a sor végén áll — a kettős, hármas levélindexű, nagy teljesítőképességű fajtákhoz képest 0,4 levélindexszel és más kedvező tulajdonságokkal kombinálva — a növényesűrítési lehetőség szempontjából igen perspektivikus kombinációnak tekinthető.



7. ábra. Magas törzsű napraforgó



8. ábra. Perspektivikus alacsony törzsű „törpe” napraforgó



9. ábra. A napraforgó fotoszintetikus energia hasznosításával kapcsolatos értékmérő tulajdonságok variációja néhány napraforgófajtánál.

Még teljesebb a kép, ha valamennyi értékmérő tulajdonság variációját vizsgáljuk. Ennek alakulását a 9. ábra rácssémája szemlélteti, amelyen a pozitív tulajdonságok csökkenő, a negatív tulajdonságok növekvő rangsorban következnek. A fajták a rangsoroknak megfelelően helyezkednek el. A vizsgált 20 fajta közül, a mag- és az olajtermésből kiindulva — ebben az összehasonlításban is — a „Fransol” hibrid mutatja a tulajdonságok legkedvezőbb kombinációját, jól tartva helyét a rangsorok első harmadában.

A mag- és olajtermésben a rangsor végén levő spontán hybrid újabb két pozitív tulajdonsággal — a táplálóanyag-hasznosítással és a nagyon fontosnak ítélt alacsony termettel megerősödve — az állománysűrítési lehetőség tekintetében csak javította pozícióját.

Nemesítési nézőpontból egy ilyen viszonylag szűk alapanyagban, a vizsgált tulajdonságok ilyen jellegű „érintetlen variációja” nem könnyű, de mindenképpen eredményes szelekció lehetőségét sejteti.

A növénytermesztés és a növénynemesítés gyakorlatában a napenergia jobb hasznosítása egyértelmű az eddiginél nagyobb és jobb minőségű terméssel. A nagyobb termés azonban óhatatlanul nagyobb energiafelhasználással jár. Így, bár igaz, hogy a Nap mindenkié és energiájából mindenkinek annyi jut, amennyit belőle hasznosítani tud, azonban a természet e csodálatos ajándékát — mint láttuk — nem adja ingyen. Energiáért energiával kell fizetnünk, de hogy cserébe mit és mennyit kapunk, az nagyrészt az imént néhány képen felvillantott, világszerte folyó kutatás eredményeitől függ, amelynek sikerén, sok kutatótársammal együtt magam is fáradozom.