

## **A műtrágyázás hatása a kukorica fejlődésére és tápanyagforgalmára**

### **I. Szárazanyag-felhalmozás, tápelemtartalom és tápelemarányok**

LÁSZTITY BORIVÓJ<sup>1</sup>, BICZÓK GYULA<sup>2</sup>, ELEK ÉVA<sup>3</sup> és RUDA MIHÁLY<sup>4</sup>

<sup>1</sup>MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest, <sup>2</sup>MTA Botanikai Kutató Intézete, Vácrátót, <sup>3</sup>MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, Budapest és <sup>4</sup>MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézete, Budapest

Gazdasági növényeink genetikai potenciáljának minél jobb kihasználása érdekében szükséges — többek között — az optimális tápelem-ellátottság biztosítása a tenyészidő folyamán. Közismert, hogy a kukorica a teljes vegetáció során igényli az ásványi tápanyagok folyamatos biztosítását.

A tápelemellátás biztosítása érdekében ismernünk kell a szárazanyag-felhalmozás dinamikáját is. A növényeknek ugyanis eltérő a tápanyagigénye a fejlődés különböző szakaszaiban, és a felvétel maximumában jelentkezhetnek elsősorban a tápelemhiányok. A trágyázás során pedig a maximális igények kielégítését is elerendő célnak kell tekinteni, a legigényesebb fejlődési stádiumban egyetlen tápelem sem kerülhet minimumba. A különböző érésű hibridek más és más növekedési dinamikával és tápanyagfelvétellel rendelkeznek, szükséges az egyes hibridcsoportok részletes vizsgálata.

Jelen munkánkban az NK.PX-MS.C.20. rövid tenyészidejű kukoricahibrid (FAO szám: 340) példáján jellemezni kívánjuk a csoport szárazanyag-felhalmozását, valamint a legfontosabb makro- és mikroelemek felvételét. Ismeretes, hogy a növényi tápelemtartalom és következésképpen a tápelemarányok nem állandóak, hanem egyrészt az idő, másrészt a külső ökológiai — talaj és a klimatikus — tényezők függvényében változnak [3, 4, 6, 17, 22, 23, 27, 34, 36]. Az említett tényezők, valamint a növényi táplálkozás általános törvényszerűségei mellett valamennyi növényi fajnak, sőt fajtának létezik a koncentráció tekintetében is egy növény-specifikus, genetikailag determinált sajátossága [30]. A növényi tápelemtartalom a táplálás mennyiségi, a tápelemarányok a minőségi mutatói [8, 21]. A meghatározott növényi fejlődési fázishoz kötött tápelemtartalmak és -arányok diagnosztikai értéket képviselnek. Tekintettel arra, hogy a talaj tápanyagállapota jelentős befolyásoló tényező, vizsgálatainkban olyan szabadföldi kísérletre támaszkodtunk, ahol az utóbbi tényező szárazanyag- és tápanyag-felhalmozást módosító szerepét egyaránt figyelembe vehettük.

A kukorica trágyázásával, ezen belül az ásványi táplálkozással kapcsolatos kérdésekkel foglalkozó irodalom igen nagy és széles körű. Az időközönként összefoglaló művek részletesen tájékoztatnak [1, 2, 12, 15, 25, 32, 33].

A kukorica fejlődését és tápelemfélévelését — külföldi példák nyomán — hazánkban is már a múlt században kezdték tanulmányozni [22]. Azóta az agroökológiai körülmények változásának megfelelően, más és más szempontok alapján, a vizsgált tápelemek skálája az analitikai metodika fejlődésével fokozatosan kiszélesedett [9, 10, 13, 26, 28, 29, 31].

### Anyag és módszer

A szabadföldi kísérletet 1975 őszén állítottuk be egy Duna—Tisza közí karbonátos homoktalajon, az MTA TAKI Órbottyáni Kísérleti Telepén, véletlen blokk elrendezésben négy ismétléssel. A kísérleti terület talaja 1,2% humusz-, valamint 1—5%  $\text{CaCO}_3$ -tartalommal rendelkezik. A kísérlet beállításakor a szántott rétegben a talajvizsgálatok szerint a  $\text{pH}_{\text{KCl}}=7,2-7,4$ ;  $\text{AL}-\text{P}_2\text{O}_5=70-100$  ppm;  $\text{AL}-\text{K}_2\text{O}=50-80$  ppm;  $\text{Mg}_{\text{KCl}}=50-60$  ppm;  $\text{Mn}_{\text{EDTA}}=60-65$  ppm;  $\text{Zn}_{\text{EDTA}}=1,5-1,6$  ppm;  $\text{Cu}_{\text{EDTA}}=1,2-1,5$  ppm volt. A MÉM NAK által alkalmazott módszerek és elfogadott határértékek alapján [7] a talaj humusszal jól—közepesen, mészsel, mangánnal, cinkkel és rézzel kielégítően, foszforral és magnéziummal közepesen, káliummal gyengén ellátott. A leiszapolható rész ( $<0,02$  mm) 10—20% között alakult. A kísérletben a nagyüzemben szokásos agrotechnikát alkalmaztunk, azonban az egyenletes tőszám és a pontosabb értékelhetőség céljából kézi vetést és betakarítást eszközöltünk. Jelzőnövényül az NK.PX-MS.C.20. hibrid 55 ezer/ha tőszámmal szolgált. A kísérlet beállításakor 500 és 1000 kg/ha  $\text{P}_2\text{O}_5$ -, ill.  $\text{K}_2\text{O}$ -adaggal

#### I. táblázat

A kísérletben felhasznált tápelemek mennyisége (Órbottyán, 1975—1978.)

(1) Keze- lés száma	1975/1976			1976/1977			1977/1978			1975—1978		
	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$
kg/ha												
1.	200	—	—	200	—	—	200	100	—	600	100	—
2.	200	50	100	200	50	100	200	100	100	600	200	300
3.	200	100	200	200	100	200	200	100	200	600	300	600
4.	200	500	500	200	—	—	200	100	—	600	600	500
5.	200	500	500	200	50	100	200	100	100	600	650	700
6.	200	500	500	200	100	200	200	100	200	600	700	900
7.	200	1000	1000	200	—	—	200	100	—	600	1100	1000
8.	200	1000	1000	200	50	100	200	100	100	600	1150	1200
9.	200	1000	1000	200	100	200	200	100	200	600	1200	1400

$\text{P}_2\text{O}_5$ : szuperfoszfát (18%)

$\text{K}_2\text{O}$ : kálisó (40%)

N: pétisó (28%) fele őszzel, fele tavasszal, ill. 1978-ban csak tavasszal

feltöltő trágyázást végeztünk egyes parcellákon, hogy az eredetileg foszforral—káliummal közepesen—gyengén ellátott talajon jó—közepes ellátottságú parcellákat nyerjünk (1. táblázat).

A későbbiekben egységes  $N_{200}P_{100}$ -alapon, 0, 100, 200 kg/ha  $K_2O$ -adagokkal fenntartó K-műtrágyázást végeztünk (1. táblázat). A P- és K-műtrágyákat és a N felét ősszel, szántás előtt, a N másik felét tavasszal, vetés előtt juttattuk a talajba. Műtrágyaként 25%-os pétisót, 18%-os szuperfoszfátot és 40%-os kálisót használtunk. A talajvizsgálatok céljára a kísérlet beállításakor, valamint a későbbi években az aratás—törés után parcellánként 20—20 pontminta egyesítésével átlagmintákat vettünk. A talaj PK-tartalmát az AL-módszerrel vizsgáltuk. A kísérlet első két évében a

2. táblázat

A kísérleti terület csapadékadatai az 1978. év vegetációs periódusában és a 40 éves átlag

(1) Jellemző adatok	(2) Hónap					(3) Összesen
	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	
a) Csapadékos napok száma	14	10	12	7	3	46
b) Mennyiség, mm/hó	96	82	90	23	32	323
c) 40 éves átlag, mm	62	59	48	53	46	268
d) Eltérés az átlagtól, + – mm	+ 34	+ 23	+ 42	– 30	– 14	+ 55

jelzőnövény őszi búza volt. 1978-ban, a kukorica tenyészidőszaka folyamán öt alkalommal, parcellánként 24—24 föld feletti növény felhasználásával mintavételezést végeztünk a legfontosabb fenofázisokban: 4—6 leveles korban, 10—12 leveles korban, virágzás kezdetén, a teljes érés kezdetén és töréskor, valamint a Hanway-skála szerinti [18] 4., 6., 8. és 9. fejlődési stádiumban (utóbbi esetben külön a szem és a szár arányának, illetve a fő- és melléktermék beltartalmának vizsgálatához. Kénsavas peroxidos roncsolás után a nitrogént „dead stop” eljárással [11], a P-t fotometriásan [37], a K-ot és Ca-ot lángfotométerrel, a mikroelemeket sósavas hidrolízist követően atomabszorpciós spektrofotométerrel határoztuk meg. A tápelem-koncentrációkat abszolút száraz anyagra vetítve elembe bontjuk minden esetben. A növénymintákban meghatároztuk a legfontosabb tápelemeket. A mért termés, valamint a vizsgálati adatokat HP-számítógépen értékeltük.

A vetés IV. 27-én, az első mintavétel V. 31-én majd VI. 21-én, VII. 25-én, VIII. 16-án és X. 10-én történt. A teljes tenyészidő a vetéstől a betakarításig 165 nap volt. Az egyes mintavételek között eltelt idő nem volt azonos, 21 és 55 nap között ingadozott. A mintavételi időpontok megválasztása elsődlegesen fiziológiai alapon történt. A kísérleti terület éghajlata kontinentális jellegű, a lehullott csapadék sokévi átlaga 500 mm körül ingadozik (2. táblázat).

1978-ban a csapadékviszonyok viszonylag kedvezőek voltak a kukorica fejlődésére, különösen a tenyészidő első felében, így a kontrollparcellák termése is

kielégítő (4,5—5,0 t/ha májusi morzsolt) szemtermést adott. Ugyanakkor az adott év, különösen a tenyészidő első felében, igen párás, napfényszegény és hűvös volt, ezért a növény egyes fejlődési fázisai elhúzódtak. A szárazanyag-felhalmozás dinamikájának leírása a BÉKÉSSY és munkatársai [5] által kidolgozott, egyszerű fenomenológiai modell segítségével történt. A biomatematikai modell két szubkompartmentet tartalmaz:

$$U_i = \frac{A_i}{1 + e^{-b_i(t-t_g)}} - \frac{R_i}{1 + e^{-s_i(t-t_s)}}$$

ahol

- $i$  = a vizsgálandó komponensre vonatkozó index;
- $A_i$  = telítési érték, a maximális felhalmozás értéke;
- $R_i$  = a teljes leépülés, ill. reflux (a talajfelszínre vagy a talajba visszajutó mennyiség);
- $t$  = a vetéstől eltelt idő, nap;
- $t_g$  = a felhalmozás inflexiós pontja;
- $t_s$  = a reflux inflexiós pontja;
- $b_i$  = a felvétel gyorsulása, ill. rokon mennyiség a tápelem pufferkapacitással;
- $s_i$  = a szeneszencia (öregedés) által indukált veszteség gyorsulásának, ill. tompításának mértéke.

A ténylegesen mért és a modell alapján számított felhalmozási értékek összefüggését lineáris regresszióval vizsgáltuk.

### A kísérleti eredmények és megvitatásuk

A kísérleti terület talajának felvehető AL-PK viszonyait a 3. táblázatban mutatjuk be. Az első évben a feltöltő adagú P-műtrágyázás a talaj ellátottságát közepes szintre növelte, a továbbiakban pedig a fenntartó adagokkal ezt a szintet állandósított-

3. táblázat

A talaj AL-oldható P- és K-tartalmának alakulása az egyes kezelésekben (Órbottyán, 1976—1978.)

(1) Kezelés száma	AL—P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , ppm			AL—K <sub>2</sub> O, ppm		
	1976	1977	1978	1976	1977	1978
1.	100	103	107	56	69	57
2.	96	96	106	66	80	70
3.	119	128	123	80	109	91
4.	174	173	188	92	107	91
5.	161	159	176	90	107	96
6.	146	168	188	88	121	114
7.	199	167	202	121	109	96
8.	181	198	194	120	128	112
9.	228	204	191	130	153	126
a) SzD <sub>5%</sub>	44	48	57	8	16	14

tuk. Az AL-oldható  $K_2O$ -tartalom a feltöltő K-műtrágyázás hatására nőtt, és a vizsgálat évében is szignifikánsan meghaladta a fenntartó adagú kezelésekben mért tartalmakat. A fenntartó adag elsősorban az előzőleg feltöltött parcellákon növelte az AL-oldható  $K_2O$ -készletet a talajban, ami azonban így is csupán jó—közepes volt.

### Szárazanyag-felhalmozás

A kukorica szárazanyag-felhalmozása az egyes fejlődési fázisokban biztos jelzője lehet mind a szemtermésnek, mind a kivont tápanyagok mennyiségének. A  $CO_2$ -asszimiláció és a tápanyagfelvétel produktivitásának agronómiai szempontból legjobb mutatója a szárazanyag-képződés dinamikája [15].

A kukorica szárazanyag-felhalmozását és a felhalmozás ütemét területegységre és növényegyedre vonatkoztatva a 4., illetve az 5. táblázatban adjuk meg.

4. táblázat

A kukorica szárazanyag-felhalmozásának alakulása a tenyészidő folyamán (Órbottyán, NK.PX-MSK.20. hibrid, 1978.)

(1) Kezelés száma	(2) 4—6 leveles (máj. 31.)	(3) 10—12 leveles (jún. 21.)	(4) Virágzás (júl. 25.)	(5) Tejes érés (aug. 16.)	(6) Töréskor (okt. 10.)		
					(7) szem	(8) szár	(9) összesen
<b>A. Száraz anyag, t/ha</b>							
1.	0,016	0,250	3,06	5,94	4,20	3,25	7,45
2.	0,021	0,367	4,58	8,99	6,91	6,39	13,30
3.	0,020	0,367	4,80	8,52	7,14	6,23	13,37
4.	0,022	0,477	4,61	8,49	6,85	6,10	12,95
5.	0,023	0,383	4,77	8,82	6,98	6,22	13,20
6.	0,025	0,486	4,53	8,23	6,86	6,52	13,38
7.	0,024	0,377	4,68	8,12	7,06	6,61	13,67
8.	0,023	0,418	5,09	8,89	6,77	6,62	13,39
9.	0,023	0,407	5,18	8,74	6,66	6,57	13,23
a) SzD <sub>5%</sub>	0,006	0,135	0,91	1,57	1,15	1,22	2,14
b) Átlag	0,022	0,408	4,59	8,30	6,60	6,60	12,66
%	0,2	3,2	36	66	52	48	100
<b>B. Száraz anyag, g/növény</b>							
1.	0,29	4,5	55,6	108,0			135,4
2.	0,38	6,7	83,2	163,4			241,8
3.	0,36	8,5	87,3	154,9			243,1
4.	0,40	8,7	83,8	154,4			235,4
5.	0,42	7,0	86,7	160,4			240,0
6.	0,45	8,7	82,4	149,6			243,2
7.	0,44	6,9	85,1	147,6			248,5
8.	0,42	7,6	92,5	161,6			243,3
9.	0,42	7,4	94,2	158,9			240,5
SzD <sub>5%</sub>	0,10	2,4	16,5	28,5			38,9
Átlag	0,40	7,4	83,4	150,9			230,2

## 5. táblázat

A kukorica szárazanyag-felhalmozásának dinamikája a tenyészidő folyamán  
(Őrbottyán, NK.PX-MS.C.20. hibrid, 1978.)

(1) Kezelés száma	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	4—6 leveles korig	6—10 leveles kor között	10 leveles kor és virág- zás között	Virágzás és tejes érés között	Tejes érés és teljes érés között	Tenyészidő átlagában
	g/ha/nap			kg/ha/nap		
1.	5	11	83	137	27	45
2.	6	16	124	210	78	81
3.	6	21	127	177	88	81
4.	6	22	122	185	81	78
5.	7	17	129	193	80	80
6.	7	22	119	176	94	81
7.	7	17	127	164	101	83
8.	7	19	137	181	82	81
9.	7	18	140	169	82	80
a) SzD <sub>5%</sub>	1,8	6,1	23	31	10	13
b) Átlag	6,5	17,6	123,0	176,8	79,1	76,6

## A. Száraz anyag, g/növény/nap

1.	0,00009	0,200	1,509	2,491	0,491	0,818
2.	0,00011	0,291	2,254	3,818	1,418	1,473
3.	0,00011	0,382	2,309	3,218	1,600	1,473
4.	0,00011	0,400	2,218	3,364	1,473	1,418
5.	0,00013	0,309	2,345	3,509	1,454	1,454
6.	0,00013	0,400	2,164	3,200	1,709	1,473
7.	0,00013	0,309	2,309	2,982	1,836	1,509
8.	0,00013	0,345	2,491	3,291	1,491	1,473
9.	0,00013	0,328	2,545	3,073	1,491	1,454
SzD <sub>5%</sub>	0,00003	0,111	0,418	0,564	0,182	0,236
Átlag	0,00012	0,320	2,236	3,214	1,438	1,393

A száraz anyag akkumulációja a kukoricánövény föld feletti részeiben egyenlőtlenül folyt a fejlődés egyes szakaszaiban. 4—6 leveles korban a felhalmozás rendkívül alacsony, ez egyébként ismeretes. A szárazanyag-produkció a kísérletnek ebben a fenofázisában a betakarításkori teljes mennyiségnek csupán 0,2%-a. A föld feletti részben található száraz anyag mennyiségét a PK-műtrágyázás több mint a felével megnövelte, habár ez a növekedés abszolút értékben nagyon kicsi volt.

Az egyes tápelemeknek a fiatalkorú kukorica fejlődésére gyakorolt hatását illetően eltérők a vélemények: egyesek a nitrogén, mások a kálium, többek viszont a foszfor hatását tekintik a leggyengébbnek [1, 14, 29, 38]. A növény tápelemszükséglete ebben a fejlődési szakaszban abszolút értékben rendkívül kicsi. A foszfor hatása különösen akkor érvényesül, amikor a növény a heterotróf táplálkozásról áttér az autotróf ellátásra. Fiziológusok szerint a fiatal növény gyökere nem képes felvenni a kötött foszfort a talajból. Ezért szükséges, hogy a foszfor könnyen felvehető formában álljon a fiatal növény rendelkezésére ebben a kritikus időszakban.

A 10—12 leveles korban a kukoricánövény szervesanyag-produkciója növekedett. A mennyiség — összevetve más szerzők [19, 23, 24] más érési csoportú

kukoricánövényekre vonatkozó adataival (10—30 g/növény) — szerény eredmény, de utalnánk arra, hogy ez esetben korai éréscsoportba tartozó hibridről van szó. Az eltérést ezenkívül magyarázza az is, hogy a vizsgálat során viszonylag napfényszegény idő volt, ami késleltette a fejlődést. Az előző fenofázishoz viszonyított szárazanyag-növekedés a kísérlet átlagában 385 kg/ha mennyiséget mutatott. Ez alatt a három hét alatt a felhalmozás napi mennyisége sokszorosán meghaladta az előző fázis felhalmozási ütemét. A gyarapodás azonban még így is kevés, ugyanis a betakarításkori mennyiségnek csupán 3,2%-át termelte meg a növény.

A tápanyagellátás, ill. a műtrágyázás hatása statisztikailag is bizonyított, a PK hatására keletkezett többlet közel kétharmaddal haladta meg a kontrollt.

A vizsgált kukoricahibrid virágzáskori szárazanyag-tömege elérte átlagosan a töréskori mennyiség 36%-át. Az 1 növényre vetített szárazanyag-termelés (55—95 g) szintén kisebb az irodalomban található adatoknál (100—200 g), de a relatív eltérés lényegesen kisebb, mint az előző fenofázisokban. A 10—12 leveles kori állapothoz viszonyítva a többlet 4,1 t/ha mennyiségnek felel meg átlagosan, a betakarításkori teljes föld feletti termés egyharmadának. A két fenofázis között eltelt 34 nap alatt a száraz anyag gyarapodási rátája jelzi a felhalmozás gyors szakaszát. A PK-műtrágyázás hatására a NP-kontrollhoz viszonyítva 50—70%-os szárazanyag-növekedést állapítottunk meg. A többi műtrágyázási kezelésben mért adatok közötti különbségek nem érték el a statisztikailag igazolható nagyságot. Mennyiségben a 10—12 leveles kori állapot, valamint a virágzás fázisa között halmozódott fel a legtöbb száraz anyag.

A tejes érés fenofázisában a vizsgált növény a töréskori teljes föld feletti szárazanyaghozam kétharmadát halmozta fel. Ebben a szakaszban megközelítette, sőt a napi felhalmozás ütemét illetően meg is haladta a növekedés más éréscsoportú kukorica szárazanyag-felhalmozását [14, 20, 24]. A gyarapodás abszolút értékben kisebb volt az előző időszakban mértnél, de még így is a teljes szárazanyag-mennyiség 30%-át termelte meg a növény. Ugyanakkor a gyarapodás üteme közel egyharmaddal meghaladta az előző két fenofázis között mért növekedési ütemet. A tápanyagellátás hatását vizsgálva, a PK-műtrágyázás a NP-kontrollhoz viszonyítva ezúttal is szignifikáns, közel 50%-os többlethozamokat eredményezett. A többi PK-kezelés eredményei között az eltérés minimális volt, és statisztikailag nem volt bizonyítható.

A tejes érés és a teljes érés fenofázisai között a kukoricánövény a teljes szárazanyag-produkció 34%-át állította elő. A tejes érés fenofázisa óta eltelt 54 nap alatt a napi termelés 79,1 kg/ha, egy növényre vetítve 4 g száraz anyag volt. A felhalmozódás üteme a generatív szakaszban mérséklődött, a megelőző időszak 60%-ára csökkent.

Töréskor a vizsgált korai éréscsoportú kukoricahibrid szemtermése valamennyi kezelésben nagyobb volt a szártermésnél és átlagosan 52%-át adta a teljes föld feletti biomassa-produkciónak. A műtrágyázás hatására a kukorica-végtermékben (szem, szár) a NP-kontrollhoz képest is szignifikáns, 70—100%-os többleteket lehetett kimutatni. A feltöltő PK- és fenntartó PK-kezelések között minimális, nem szignifikáns többleteket mértünk mind a szem-, mind a szártermésben.

A talaj—növény—trágya hármas kölcsönkapcsolat leírásához a módszertani részben bemutatott biomatematikai modellt alkalmaztuk. A kiszámított modellparaméterek (6. táblázat) segítségével megrajzoltuk a szárazanyag-felhalmozás görbéit, a

kontroll, valamint a fenntartó és feltöltő PK-kezelésekben (1. ábra). A görbék jól szemléltetik a szárazanyag-felhalmozás dinamikájának leépülésmentes, a növényfajra jellemző típusát, illetve jellegét. Látható, hogy a felhalmozás a vegetáció végét tartott, továbbá, hogy a gyors fejlődés időszaka a virágzás fázisától következett be. Az intenzív növekedési szakaszban a PK-ellátottság a felhalmozási sebesség maximumát időben a teljes érés felé tolta el, azaz a szemképződést gyorsította. A modell segítségével bemutatott görbék és a modell paraméterei egyaránt jelzik a trágyázási kezelések hatását. A modell alapján számított és a ténylegesen mért szárazanyag-mennyiségek között az elvégzett regresszió-analízis segítségével szoros ( $r=0,986$ ) összefüggést tudunk kimutatni.

6. táblázat

## A modell paraméterei

Kezelés száma	$A_i$	$R_i$	$b_i$	$t_g$	$s_i$	$t_s$
1.	79,84	—	0,071	95	—	—
2.	142,47	—	0,059	101	—	—
3.	143,06	—	0,054	103	—	—
4.	138,72	—	0,056	102	—	—
5.	141,37	—	0,058	101	—	—
6.	143,35	—	0,053	105	—	—
7.	146,51	—	0,052	105	—	—
8.	143,51	—	0,056	101	—	—
9.	148,44	—	0,049	103	—	—

## Tápelemtartalom és tápelemarányok

Az átlagos N-koncentráció (7. táblázat) a tenyészidő folyamán végig csökkent, a 4—6 leveles korbani 4%-ról a töréskori 1,51%-ra. Az egységes N-műtrágyázás következtében, az eltérő PK-ellátottság ellenére, egyik fenofázisban sem volt megállapítható bizonyítható eltérés az egyes kezelések adatai között. Ami a dinamikát illeti, gyors koncentrációesés a 10—12 leveles kortól következett be, az intenzív szárazanyag-felhalmozás beindulásával.

A P-tartalom (7. táblázat) maximumát (0,61%) a 10—12 leveles korban mértük, ezt követően gyorsan csökkent, és a törés időpontjában a teljes föld feletti részben 0,29%-ot ért el. A műtrágyázás és a talaj P-ellátottságának növelő hatása különösen a fiatalokú növény P-tartalmában mutatkozott meg. Ez a hatás az idő függvényében mérséklődött, azonban valamennyi vizsgált időpontban, sőt még a szemtermésben is kimutatható volt.

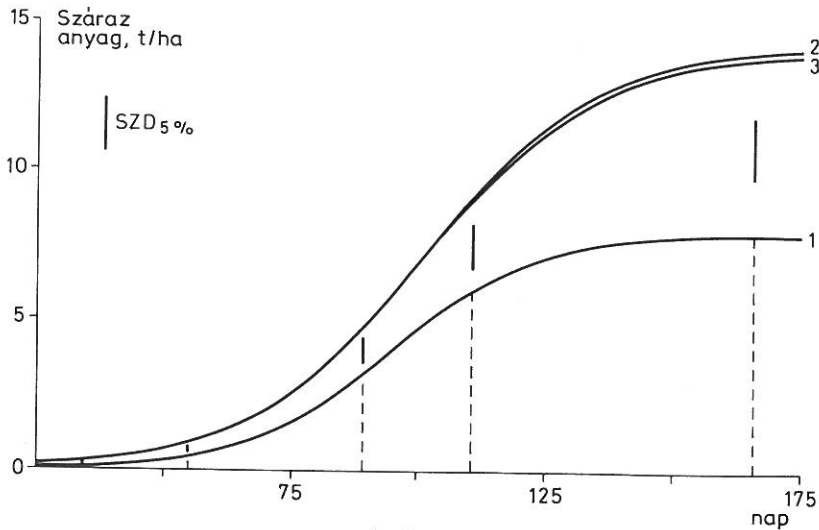
A kukoricánövény K-tartalma (7. táblázat) a teljes föld feletti részben a tenyészidő folyamán közel hasonló jellegű lefutást mutatott, mint a foszfor, csupán nagyságrendben tért el. A maximumot itt is a 10—12 leveles kori növényben mértük, ezt követően igen gyors csökkenés következett be, mely a betakarításig tartott, amikor a koncentráció minimumot ért el a kísérlet átlagában. A műtrágyázás hatását elemezve a K-tartalom alakulására, jól látható mind a fenntartó, mind pedig (1. táblázat) a



feltöltő adagú K-műtrágyázás növelő hatása. A fiatalkorú növényben a növelő hatás kifejezettebb, de a későbbi időpontokban is megnyilvánult.

A Ca koncentrációja (7. táblázat) a fiatalabb, 4—6 leveles kortól kezdődően fokozatosan csökkent a tejes érés szakaszáig, utána gyakorlatilag stagnált. A műtrágyázási kezelések hatása jól nyomon követhető, különösen a fejlődés vegetatív fázisában. A feltöltő PK-adagok koncentrációcsökkentő hatása fiatal korban erősebben, később kevésbé, de megfigyelhető. A fenntartó adagú K-műtrágyázás elsősorban a fiatal korban csökkentette a Ca-koncentrációt a kukoricánövényben.

A Mg-tartalom dinamikája (7. táblázat) közel hasonló jelleget mutat, mint a foszforé és káliumé. A maximumot itt is a 10—12 leveles korban mértük, a minimumot a betakarítás idején. A feltöltő PK- és a fenntartó adagú K-műtrágyázás hatása jól megfigyelhető a vizsgált fejlődési szakaszokban. A feltöltő adagok hatása, mely a koncentráció csökkentésében nyilvánult meg, csupán a szemtermésben nem érvényesült. A szemtermésben ellenkező hatást, növekedést tapasztaltunk, ami



1. ábra

A műtrágyázás hatása a kukorica szárazanyag-képződésére (Őrbottyán, 1978.). Vízszintes tengely: nap. Függőleges tengely: száraz anyag, t/ha. 1: kontroll; 2: fenntartó PK-műtrágyázás; 3: feltöltő PK-műtrágyázás

valószínűleg a tápelem-átcsoportosulás következménye lehet. A fenntartó adagú K-műtrágyázás hatása valamennyi vizsgált fenofázisban kimutatható volt a szemtermés kivételével.

A kukorica Fe-tartalma (7. táblázat) a tenyészidőszak alatt folyamatos csökkenést mutatott, egészen a betakarításig. A legnagyobb koncentrációt (közel 2000 ppm-t) a 4—6 leveles korban mértük a kísérlet átlagában, ez igen magas érték. A magas Fe-tartalom részben magyarázható a csapadékos, napfényszegény idővel, ami kedvezett a vas felvételének. A további fenofázisokban gyors csökkenés következett be, és a betakarításkor a kezelések, illetve a szem és szár átlagában csupán 172 ppm volt a

7. táblázat

A kukorica tápelemtartalmának változása a tenyészidő folyamán  
(Órbottyán, NK.PX-MSC.20. hibrid, 1978.)

(1) Kezelés száma	(2) 4—6 leveles (máj. 31.)	(3) 10—12 leveles (jún. 21.)	(4) Virágzás (júl. 25.)	(5) Tejes érés (aug. 16.)	(6) Töréskor (okt. 10.)		
					(7) szem	(8) szár	(9) összesen
N, %							
1.	3,94	4,02	2,66	1,71	2,08	1,10	1,58
2.	3,73	3,79	2,34	1,66	1,89	1,07	1,50
3.	3,97	3,68	2,32	1,67	1,96	1,00	1,51
4.	4,08	3,70	2,36	1,69	1,90	0,97	1,45
5.	4,27	3,73	2,31	1,75	1,95	0,94	1,46
6.	3,79	3,53	2,47	1,67	2,01	0,99	1,51
7.	3,57	3,64	2,41	1,77	1,99	1,06	1,56
8.	4,10	3,62	2,49	1,77	1,97	1,02	1,49
9.	4,51	3,63	2,44	1,74	1,98	1,08	1,54
a) SzD <sub>5%</sub>	0,95	0,29	0,25	0,21	0,17	0,22	0,28
b) Átlag	4,00	3,70	2,42	1,71	1,97	1,03	1,51
%	100	93	61	43	49	26	38
P, %							
1.	0,44	0,55	0,39	0,31	0,44	0,12	0,29
2.	0,38	0,56	0,35	0,31	0,45	0,16	0,31
3.	0,39	0,55	0,32	0,32	0,45	0,15	0,29
4.	0,50	0,60	0,32	0,32	0,43	0,13	0,28
5.	0,50	0,61	0,37	0,33	0,37	0,15	0,25
6.	0,46	0,64	0,35	0,33	0,40	0,15	0,28
7.	0,49	0,67	0,39	0,33	0,45	0,20	0,32
8.	0,57	0,69	0,40	0,32	0,48	0,13	0,31
9.	0,66	0,69	0,39	0,33	0,52	0,17	0,35
a) SzD <sub>5%</sub>	0,13	0,11	0,05	0,04	0,07	0,05	0,09
b) Átlag	0,49	0,61	0,36	0,33	0,44	0,15	0,29
%	80	100	59	54	72	25	47
K, %							
1.	1,55	2,66	0,97	0,44	0,25	0,35	0,29
2.	2,21	4,35	1,17	0,47	0,29	0,47	0,37
3.	2,83	5,50	1,38	0,59	0,31	0,48	0,39
4.	2,53	4,20	1,04	0,48	0,27	0,65	0,44
5.	3,07	5,10	1,40	0,49	0,23	0,57	0,39
6.	2,98	6,10	1,53	0,67	0,27	0,71	0,48
7.	2,57	5,71	1,49	0,65	0,27	0,71	0,48
8.	3,45	6,23	1,78	0,64	0,29	0,68	0,48
9.	4,21	6,87	1,85	0,77	0,29	0,83	0,55
a) SzD <sub>5%</sub>	0,61	0,49	0,29	0,11	0,05	0,11	0,12
b) Átlag	2,82	5,19	1,40	0,57	0,28	0,60	0,43
%	54	100	27	11	5	11	8

(1) Kezelés száma	(2) 4—6 leveles (máj. 31.)	(3) 10—12 leveles (jún. 21.)	(4) Virágzás (júl. 25.)	(5) Tejes érés (aug. 16.)	(6) Töréskor (okt. 10.)		
					(7) szem	(8) szár	(9) összesen
<b>Ca, %</b>							
1.	1,52	1,05	0,70	0,41	0,061	0,93	0,44
2.	1,21	0,93	0,68	0,41	0,044	0,99	0,50
3.	0,95	0,80	0,59	0,40	0,050	0,93	0,46
4.	1,15	0,94	0,56	0,38	0,044	0,88	0,44
5.	1,29	0,94	0,53	0,39	0,050	0,79	0,40
6.	0,99	0,88	0,57	0,36	0,050	0,76	0,40
7.	0,95	0,87	0,47	0,41	0,050	0,77	0,40
8.	0,99	0,90	0,42	0,35	0,050	0,79	0,41
9.	1,02	0,86	0,54	0,33	0,050	0,86	0,46
a) SzD <sub>5%</sub>	0,32	0,15	0,21	0,23	0,024	0,10	0,10
b) Átlag	1,12	0,91	0,57	0,39	0,050	0,86	0,44
%	100	81	51	35	5	76	39
<b>Mg, %</b>							
1.	0,71	0,69	0,52	0,35	0,12	0,44	0,26
2.	0,53	0,53	0,37	0,25	0,15	0,42	0,27
3.	0,44	0,44	0,35	0,25	0,13	0,34	0,23
4.	0,48	0,57	0,36	0,25	0,13	0,39	0,25
5.	0,48	0,47	0,33	0,24	0,13	0,33	0,22
6.	0,38	0,43	0,22	0,23	0,12	0,31	0,21
7.	0,40	0,50	0,31	0,24	0,14	0,32	0,23
8.	0,35	0,43	0,29	0,23	0,16	0,28	0,22
9.	0,29	0,39	0,25	0,21	0,15	0,26	0,20
a) SzD <sub>5%</sub>	0,10	0,09	0,05	0,04	0,03	0,04	0,05
b) Átlag	0,45	0,49	0,33	0,30	0,14	0,34	0,23
%	92	100	67	61	29	69	47
<b>Fe, ppm</b>							
1.	1658	532	250	106	32	125	73
2.	2346	805	148	94	29	433	223
3.	2484	890	165	77	22	455	225
4.	1863	860	156	135	14	407	196
5.	1516	859	196	115	16	355	175
6.	2053	832	187	100	21	356	183
7.	2255	707	159	85	16	271	137
8.	2022	808	172	83	22	242	133
9.	1533	737	157	121	22	394	208
a) SzD <sub>5%</sub>	830	309	46	42	3	167	167
b) Átlag	1970	781	177	102	22	338	172
%	100	40	9	5	1,1	17	9
<b>Mn, ppm</b>							
1.	127	103	67	43	10	43	24
2.	139	98	62	41	9	79	42
3.	131	98	62	39	11	76	41
4.	112	92	53	38	9	71	38
5.	109	104	51	37	8	67	35
6.	131	110	51	38	9	55	31

(1) Kezelés száma	(2) 4—6 leveles (máj. 31.)	(3) 10—12 leveles (jún. 21.)	(4) Virágzás (júl. 25.)	(5) Tejes érés (aug. 16.)	(6) Töréskor (okt. 10.)		
					(7) szem	(8) szár	(9) összesen
7.	139	98	55	39	10	55	32
8.	133	94	50	38	9	54	31
9.	125	108	53	35	10	69	40
a) SzD <sub>5%</sub>	28	39	15	7	5	32	32
b) Átlag	127	101	56	39	9	63	35
%	100	80	44	31	7	50	28

## Zn, ppm

1.	30	34	18	22	27	18	23
2.	28	33	16	20	24	13	18
3.	31	31	17	20	25	15	20
4.	30	28	22	20	22	14	18
5.	30	33	20	18	23	12	18
6.	26	28	20	18	22	13	18
7.	29	28	20	17	23	10	17
8.	31	28	18	18	22	11	16
9.	30	30	17	20	24	19	21
a) SzD <sub>5%</sub>	7	5	4	6	4	10	11
b) Átlag	29	30	19	19	24	14	19
%	97	100	63	63	80	47	63

## Cu, ppm

1.	8,5	10,5	13,0	4,0	5,0	7,0	5,9
2.	9,0	18,0	11,0	5,5	2,5	5,5	3,9
3.	8,8	22,0	13,5	6,0	3,5	9,5	6,2
4.	7,8	21,0	13,0	6,5	3,0	12,5	7,5
5.	7,0	25,0	12,0	8,5	3,5	13,0	8,0
6.	8,3	25,5	11,0	5,0	4,0	15,0	9,0
7.	7,8	23,0	10,0	4,5	3,5	13,0	8,1
8.	8,0	22,0	9,0	5,0	3,0	10,5	6,7
9.	8,5	23,5	9,5	5,0	3,5	9,0	6,2
a) SzD <sub>5%</sub>	2,4	7,2	1,2	4,5	1,3	5,5	5,6
b) Átlag	8,2	21,2	11,3	5,6	3,5	10,5	6,9
%	39	100	53	26	16	49	33

Fe-tartalom. A PK-műtrágyázás hatása a vizsgált fenofázisok többségében nem volt igazolható és következetes, így még tendenciaszerű hatásról sem igen beszélhetünk.

A kukorica Mn-tartalmának változása (7. táblázat) a tenyészidő függvényében közel hasonló a Fe-tartaloméhoz. Ami a műtrágyázás hatását illeti, a PK-feltöltés gyakorlatilag nem befolyásolta a fiatal növény Mn-tartalmát, virágzás után viszont már csökkentő tendenciát figyelhetünk meg. A fenntartó K-műtrágyázás minimálisan, de nem bizonyíthatóan befolyásolta a Mn-tartalom alakulását a vizsgált fenofázisokban.

A kukorica Zn-tartalma (7. táblázat) a többi tápelemhez képest viszonylag a legkisebb ingadozást mutatta a vegetáció során. A maximumot (átlag 30 ppm-et) 4—6 leveles korban találtuk; ez a mennyiség a virágzás időpontjára egyharmaddal

lecsökkent, és ezen a szinten maradt a teljes érés fázisában a betakarítás időpontjáig. A változást csupán az jelentette, hogy teljes éréskor a szemtermésben a transzlokáció folytán növekedett, míg a szártermésben csökkent a Zn-koncentráció.

A feltöltő PK-műtrágyázás hatása az egyes vizsgált fenofázisokban csökkenő tendenciát mutatott. A fenntartó adagú K-műtrágyázás sem önmagában, sem az előző feltöltésre ráépülve nem befolyásolta a koncentrációt.

A kukoricanövény föld feletti részében a Cu-tartalom (7. táblázat) dinamikájában igen nagy ingadozások figyelhetők meg. A maximális mennyiségeket (átlagosan 21 ppm-et) a növény 10—12 leveles fejlettségi állapotában mértük. Utána csökkenés következett be a teljes érés szakaszáig, amikor minimális, átlagosan 6 ppm a növény Cu-tartalma. A beérés folyamatában a belső átrendeződés folytán a Cu-tartalom megemelkedett a teljes föld feletti részben és a szártermésben. A feltöltő PK-műtrágyázás hatására bizonyítható növekedést tapasztaltunk a 10—12 leveles korban, valamint a szártermésben, a virágzás szakaszában azonban csökkent a Cu-koncentráció. A többi fenofázisban nem lehetett egyértelmű kapcsolatot találni. A fenntartó adagú K-műtrágyázás alkalmazásakor a kukoricanövény Cu-tartalma a vizsgált fejlődési szakaszokban gyakorlatilag nem változott (illetve minimális mértékben, nem következetesen és nem szignifikánsan).

A kukoricanövényben a főbb tápelemarányok vizsgálatával adatokat kívántunk szolgáltatni arra vonatkozóan, hogy milyen a változás iránya és mértéke egyrészt a tenyészidő, másrészt a trágyázási kezelések függvényében, a teljes föld feletti növényi részre vonatkozóan.

A vizsgált tápelemarányokat a kísérlet átlagában az egyes fenofázisokban a 8. táblázatban adjuk meg. A nitrogén és a többi vizsgált elem arányai közül a N/P, N/Fe és N/Mn esetében a vegetáció során általában tágulást figyelhetünk meg, a N-túlsúly a többszörösére növekedett. A többi tápelemaránynál szűkülést tapasztaltunk, különösen a N/Ca arányokban, s leginkább a töréskor.

A kálium tápelemarányai a K/Fe kivételével a tenyészidő előrehaladásával általában csökkentek — különösen a K/P, K/Ca, K/Mg, K/Zn és K/Cu esetében —, ami a K-koncentráció rohamos csökkenésével magyarázható.

A foszfor tápelemarányainál a foszfor túlsúlya a Mg-hoz, Fe-hoz és Mn-hoz viszonyítva a vegetáció során növekedett, és a teljes éréskor a 4—6 leveles kori arányok többszörösére nőtt, a P/Ca és P/Cu arányok viszont szűkültek.

A P/Zn arány a tenyészidő folyamán gyakorlatilag nem változott, illetve a két tápelem koncentrációjának dinamikája közel azonos lefutású.

A kalcium koncentrációjának a többi eleméhez viszonyított mérsékeltabb csökkenése következtében a Ca/Mg, Ca/Fe, Ca/Mn, Ca/Zn és Ca/Cu arányok tágultak, ami a Ca-túlsúly jelentős növekedését idézte elő a tenyészidő előrehaladtával.

A magnézium tápelemarányai közül a Mg/Fe és Mg/Mn a vegetáció során általában növekedett, a Mg/Zn és Mg/Cu arányok viszont csökkentek, és ez mérsékelte a Mg-túlsúlyt az arányokon belül.

A kukoricanövény Fe-koncentrációjának a 4—6 leveles kort követő igen gyors csökkenése a Fe/Mn, Fe/Zn és Fe/Cu arányok jelentős szűkülését okozta.

A Mn/Zn és Mn/Cu arányokban erős szűkülést tapasztaltunk, különösen a vegetáció vége felé; ez a vizsgált elemek eltérő dinamizmusának következménye.

A Zn/Cu arány a tenyészidő kezdetén gyorsan leszűkül, majd ezután tágult ugyan a tenyészidő vége felé, azonban még akkor sem érte el a 4—6 leveles kori értéket.

A makroelemek egymás közti arányait kezelésként a 9. táblázatban adjuk meg. A talaj P-ellátottságának növekedésével a N/P arány szűkül, elsősorban fiatalabb korban, a 4—6 és 10—12 leveles szakaszban. A generatív szakaszban nemigen tapasztaltunk a kezelések hatására bekövetkezett változásokat, a szár

## 8. táblázat

A tápelemarányok változása a kukorica föld feletti részében a tenyészidő folyamán, a kísérlet átlagában (Órbottyán, NK. PX-MSC.20. hibrid, 1978)

(1) Arány	(2) 4—6 leveles (máj. 31.)	(3) 10—12 leveles (jún. 21.)	(4) virágzás (júl. 25.)	(5) tejes érés (aug. 16.)	(6) töréskor (okt. 10.)
N/K	1,42	0,71	1,73	3,00	3,51
P	8,16	6,07	6,72	5,18	5,21
Ca	12,5	4,07	4,25	4,38	3,43
Mg	8,89	7,55	7,33	5,70	6,57
Fe	20,3	47,4	137	168	87,8
Mn	315	366	432	438	431
Zn	1379	1233	1274	900	795
Cu	4878	1745	2142	3054	2188
K/P	5,76	8,51	3,89	1,73	1,48
Ca	8,81	5,70	2,46	1,46	0,98
Mg	6,27	10,6	4,24	1,90	1,87
Fe	14,3	66,5	79,1	55,9	25,0
Mn	222	514	250	146	123
Zn	972	1730	737	300	226
Cu	3439	2448	1239	1018	623
P/Ca	1,53	0,67	0,63	0,85	0,66
Mg	1,09	1,24	1,09	1,10	1,26
Fe	2,49	7,81	20,3	32,4	16,9
Mn	38,6	60,4	64,3	84,6	82,9
Zn	169	203	189	174	153
Cu	598	288	319	589	420
Ca/Mg	0,71	1,86	1,73	1,30	1,91
Fe	1,62	11,7	32,2	38,2	25,6
Mn	25,2	90,1	102	100	126
Zn	110	303	300	205	232
Cu	390	429	504	696	638
Mg/Fe	2,28	6,27	18,6	29,4	13,4
Mn	35,4	48,5	58,9	76,9	65,7
Zn	155	163	174	158	121
Cu	549	231	292	536	333
Fe/Mn	15,5	7,73	3,16	2,62	4,91
Zn	67,9	26,0	9,32	5,37	9,05
Cu	240	36,8	15,7	18,2	24,9
Mn/Zn	4,38	3,37	2,95	2,05	1,84
Cu	15,5	4,76	4,96	6,96	5,07
Zn/Cu	3,54	1,42	1,68	3,39	2,75

9. táblázat

 A kukorica tápelemarányainak változása a tenyészidő folyamán  
 (Örbottyán, NK.PX-MS.C.20. hibrid, 1978)

(1) Kezelés száma	(2) 4–6 leveles (máj. 31.)	(3) 10–12 leveles (jún. 21.)	(4) Virágzás (júl. 25.)	(5) Tejes érés kezdete (aug. 16.)	(6) Töréskor (okt. 10.)		
					(7) szem	(8) szár	(9) összes föld feletti rész
					<b>N/P</b>		
1.	9,0	7,3	6,8	5,5	4,7	9,2	5,4
3.	10,2	6,7	7,3	5,2	4,4	6,7	5,2
6.	8,2	5,5	7,1	5,1	5,0	6,6	5,4
9.	6,8	5,3	6,3	5,3	3,8	6,4	4,4
					<b>N/K</b>		
1.	2,5	1,5	2,7	3,9	8,3	3,1	5,4
3.	1,4	0,7	1,7	2,8	6,3	2,1	3,9
6.	1,3	0,6	1,6	2,5	7,4	1,4	3,1
9.	1,1	0,5	1,3	2,3	6,8	1,3	2,8
					<b>K/P</b>		
1.	3,5	4,8	2,5	1,4	0,6	2,9	1,0
3.	7,3	10,0	4,3	1,8	0,7	3,2	1,3
6.	6,5	9,5	4,4	2,0	0,7	4,7	1,7
9.	6,4	10,0	4,7	2,3	0,6	4,9	1,6
					<b>K/Ca</b>		
1.	1,0	2,5	1,4	1,1	4,2	0,4	0,7
3.	3,0	6,9	2,3	1,5	6,2	0,5	0,8
6.	3,0	6,9	2,7	1,9	5,4	0,9	1,2
9.	4,1	8,0	3,4	2,3	5,8	1,0	1,2
					<b>K/Mg</b>		
1.	2,2	3,9	1,9	1,3	2,1	0,8	1,1
3.	6,4	12,5	3,9	2,4	2,4	1,4	1,7
6.	7,8	14,2	7,0	2,9	2,3	2,3	2,3
9.	14,5	17,6	7,4	3,7	1,9	3,2	2,8
					<b>P/Fe</b>		
1.	2,7	10,3	15,6	29,2	138	9,6	39,7
3.	1,6	6,2	19,4	41,6	205	3,3	12,9
6.	2,2	7,7	18,7	33,0	191	4,2	15,3
9.	4,3	9,4	24,8	27,3	236	4,3	16,8
					<b>P/Zn</b>		
1.	147	162	217	141	163	67	126
3.	126	177	188	160	180	100	145
6.	177	229	175	183	182	115	156
9.	220	230	229	165	217	90	167
					<b>P/Mn</b>		
1.	35	53	58	72	440	28	121
3.	30	56	52	83	409	20	71
6.	35	58	69	87	444	27	90
9.	53	64	74	94	520	25	88

kivételével, amelyben az arány szűkült. A N/K arányok valamennyi fenofázisban jól jelezték a műtrágyázás hatását, ami a N-túlsúly csökkenésében nyilvánult meg. A N/K arány szűkülése különösen a 10—12 leveles korban és a szártermésben volt kifejezett és jelentős. A kukoricánövény K/P arányaiban a K-műtrágyázás hatására a viszony a kálium javára tolódott el, elsősorban a vegetatív fejlődés első két időszakában. A feltöltő adagú műtrágyázás utóhatása a K/P arányokban jól megfigyelhető, kivéve a szemtermésben.

A kukorica K/Ca és K/Mg arányaiban a PK-műtrágyázás eredményeképpen jelentős változások következtek be valamennyi vizsgált fenofázisban. Mind a fenntartó, mind a feltöltő PK-műtrágyázás az arányok tágulását eredményezte, a korai fejlődési szakaszokban jelentősebb mértékben. A P/Fe, P/Zn és P/Mn arányok változásait a trágyázás függvényében a 9. táblázat tartalmazza. A talaj P-ellátottsága mindhárom esetben befolyásolta az arányok nagyságát. Az arányokon belül különösen a vegetatív fejlődés időszakában volt a foszfor túlsúlya jelentős, amit a talaj jobb P-ellátottsága idézett elő. Ugyanakkor a P-feltöltés két szintjének hatása között gyakorlatilag nem volt kimutatható különbség, főként az érési szakaszban.

### Összefoglalás

Szabadföldi trágyázási kísérletben, csernozjom jellegű homoktalajon, eltérő PK-ellátottságon vizsgáltuk a rövid tenyészidejű (NK.PX-MS.C.20.) hibrid kukorica szárazanyag-felhalmozását, a tápelemtartalmak és -arányok változását a tenyészidő folyamán. A fejlődés dinamikáját egyszerű, két kompartmentet tartalmazó modellel is leírtuk, bemutattuk a paramétereit, továbbá vizsgáltuk a modellezett és a mért adatok összefüggését. A kapott eredmények alapján a következő megállapításokat tehetjük:

- A kukorica szárazanyag-felhalmozása az egész tenyészidő alatt tart, és a teljes érés szakaszában éri el a maximumot.
- A súlygyarapodást a leépülésmentes típus jellemzi.
- A szárazanyag-felhalmozás ütemének maximumát a virágzást követően mértük, amikor a növény 2—3 hét alatt a teljes mennyiség egyharmadát halmozta fel.
- A szárazanyag-mennyiségnek közel a felét e rövid tenyészidejű hibrid a generatív szakaszban halmozta fel.
- A teljes szárazanyag-produkciónak több mint a fele a szemtermésben volt megtalálható.
- Mind a feltöltő, mind a fenntartó adagú PK-műtrágyázás valamennyi vizsgált fázisban szignifikánsan növelte a kukorica szárazanyag-tömegét; az egyes PK-kezelések hatása között nem volt statisztikailag igazolható különbség.
- Az egyszerű kettős szubkompartment modell alkalmas a kukorica szárazanyag-felhalmozásának bemutatására, a trágyázás hatásának a jelzésére és a növény karakterisztikus jellegét tükröző dinamika leírására.
- A ténylegesen mért és a modell alapján számított felhalmozási adatok között szoros és szignifikáns összefüggést lehetett kimutatni.
- A kukoricánövény vizsgált tápelemtartalmai a tenyészidő folyamán általában csökkentek, és a vas kivételével a teljes éréskor érték el a minimumot.
- A maximális tápelem-koncentrációt a P-, K-, Mg-, Zn- és Cu-elemeknél a 10—12 leveles korban, a N, Ca, Fe és Mn esetében a 4—6 leveles korban mértük.



- A PK-műtrágyázás szignifikánsan növelte a kukoricánövény teljes föld feletti részében a P-, K- és Cu-tartalmakat, a Ca-, Mg- és Zn-koncentrációkat azonban csökkentette, elsősorban a fiatal növényben és a szártermésben.
- A feltöltő és a fenntartó adagú PK-műtrágyázásnál csupán tendencia figyelhető meg a P-, K-, Ca-, Mg-, Zn- és Cu-tápelemtartalmak változásában.
- A vizsgált tápelemarányok a tenyészidő folyamán nem állandóak, változásuk iránya és mértéke változó, fiatal korban nagyobb, a fejlődés előrehaladtával fokozatosan mérséklődő.
- A PK-műtrágyázás a bemutatott tápelemarányokat az időt meghaladóan jelentős mértékben befolyásolta.
- A tápelem-koncentrációk, valamint a tápelemarányok tenyészidő alatti változásának elemzése azt mutatja, hogy a teljes föld feletti kukoricánövény fiatal korban a leginkább alkalmas a diagnosztikai célú vizsgálatokra.

### Irodalom

- [1] ARNON, I.: Mineral nutrition of maize. Int. Potash Inst. Bern. 1974.
- [2] BARBER, S. A. & OLSEN, R. A.: Fertilizer use on corn. In: Changing patterns in fertilizer use (Ed.: NELSON, L. B. et al.) 163—188. Soil Sci. Soc. of Amer. Inc. Madison. Wisc. 1968.
- [3] BEAUFILS, E. R.: Physiological diagnosis. A guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. Fert. Soc. S. Afr. J. 1. 1—30. 1971.
- [4] BERGMANN, W. & NEUBERT, P.: Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB. Gustav Fischer Verlag. Jena. 1976.
- [5] BÉKÉSSY A., BICZÓK GY. & RUDA M.: Modelling the dynamics of arable crop nutrient uptake. Working paper. MTA SZTAKI IV/21. 1—13. 1982.
- [6] CURIĆ, R.: Ispitivanje uticaja različitih količina azotnih, fosfornih i kalijumovih đubriva na sadržaj azota, fosfora i kalijuma u nadzemnim organima kukuruza. Agrohimiya. (9—12) 381—390. 1972.
- [7] DEBRECZENI B.: Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1979.
- [8] ELEK É. & KÁDÁR I.: Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM NAK. Budapest. 1980.
- [9] ELEK É., KÁDÁR I. & LÁSZTITY B.: A kukorica szárazanyag-termelése és tápanyagfelvétele. Magyar Mezőgazdaság 35. (22) 8. 1980.
- [10] FURLANI, P. R. et al.: Acumulo de macronutrientes de silico e de materia seca por dois híbridos simples de milho. Bragantia. 36. 223—229. 1977.
- [11] FÜLEKY GY.: A dead-stop végpont jelzéses nátrium-hipobromitos titrálás alkalmazása a növényi anyagok és műtrágyák nitrogéntartalmának meghatározására. Agrokémia és Talajtan. 19. 339—346. 1970.
- [12] GISIGER, L.: Ertragsbildung und Verlauf der Nahrstoffaufnahme von Körnermais. Die Grüne. 17. 594—603. 1965.
- [13] GOLUB, SZ. SZ.: Foszfornoe pitanie kukuruzü v zaviszimoszti ot szosztava priposevnogo udobrenija i biogicseszkih oszobennosz'tej hibrida. Agrohimiya. (2) 33—39. 1975.
- [14] GORSKOV, P. A. & KRAVCSENKO, SZ. N.: Dejsztvie udobrenij na posztuplenie pitatelynuh vscsesztv roszt i uroszaj kukuruzü. Agrohimiya. (6) 59—68. 1966.
- [15] GYÖRFFY B., I'So I. & BÖLÖNI I.: Kukoricatermesztés. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1965.
- [16] HANWAY, J. J.: Corn growth and composition in relation to soil fertility. I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. Agron. J. 54. 145—148. 1962.

- [17] HANWAY, J. J.: Corn growth and composition in relation to soil fertility III. Percentages of N, P and K in different plant parts in relation to stage of growth. *Agron. J.* **54**. 222—229. 1962.
- [18] HANWAY, J. J.: Growth stages of corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.* **55**. 487—493. 1963.
- [19] HANWAY, J. J. & RUSSELL, W. A.: Dry matter accumulation in corn (*Zea mays* L.) plants: comparisons among single-cross hybrids. *Agron. J.* **61**. 947—951. 1969.
- [20] JOCIĆ, B.: Morfološke osobine, dinamika nakupljanja suve materije i sadržaj N, P, K, i Ca u zavisnosti od mineralne ishrane kukuruza. *Savremena Poljopriveda XXIV*. (9—10) 15—30. 1976.
- [21] KÁDÁR I. & LÁSZTITY B.: Az őszi búza tápelemarányainak változása a tenyészdő folyamán. *Agrokémia és Talajtan.* **30**. 291—306. 1981.
- [22] KÁDÁR I. & PUSZTAI A.: Az NPK túltrágyázás hatása a 6-leveles kukorica makro- és mikroelem tartalmára. *Növénytermelés.* **31**. 523—532. 1982.
- [23] KUDZIN, JU. K., BELOUSZ, G. M. & CSUMAK, V. Sz: Vlijanie primenenija udobrenij v szevooborote na piscsevoj rezsim mosnogo csernozema, pitaniya i produktivnoszt'kukuruzü. *Agrohimiya.* (8) 3—10. 1973.
- [24] KÜRTEIN, P. W.: Mais In: Scharrer—Linser. *Handbuch der Pflanzenernahrung und Düngung.* Springer Verlag. Wien. 335—352. 1965.
- [25] LATKOVICS GY-NÉ: Adatok a kukorica műtrágyázásához. III. A műtrágyázás hatása az Mv. 5. hibrid kukorica tápanyagforgalmára. *Agrokémia és Talajtan.* **10**. 151—164. 1961.
- [26] LATKOVICS, I.: Effect of mineral fertilizers on the growth and nutrient uptake of maize plants. *Agrokémia és Talajtan.* **23**. Suppl. 77—85. 1974.
- [27] LATKOVICS GY-NÉ & KRÁMER M.: Az őszi búza és kukorica műtrágyázás hatásának vizsgálata tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan.* **17**. 122—130. 1968.
- [28] LATKOVICS GY-NÉ & MÁTÉ F.: A fiatal kukoricánövény foszforfelvételének tanulmányozása P-32 izotóp jelzéssel. *Agrokémia és Talajtan.* **16**. 403—408. 1967.
- [29] NELSON, L. B.: The mineral nutrition of corn as related to its growth and culture. *Adv. in Agron.* 321—375. 1956.
- [30] SARIĆ, M. & KOVAČEVIĆ, V.: The genotype specificity related to mineral nutrition in maize. In: *Fiziologija kukuruza* (Ed.: BELIC, J.) Sep. ed. D XXIV. Serb. Acad. of Sci. Beograd. 127—144. 1980.
- [31] SARKADI J.: A kukorica műtrágyázása. *Agrártud. Közlem.* **35**. 277—282. 1976.
- [32] SAYRE, J. D.: Mineral accumulation in corn. *Plant Physiol.* **23**. 267—281. 1948.
- [33] SIGMOND E. & FLÓDERER S.: Tanulmány a tengeri fejlődéséről és táplálkozásáról. *Kísér. Közlem.* **8**. 686—742. 1905.
- [34] SINGH, B. R. & STEENBERG, K.: Plant response to micronutrients. I. Uptake, distribution and translocation of zinc in maize and barley plants. *Plant and Soil.* **40**. 637—646. 1974.
- [35] SPASOJEVIC, B.: Medusobni uticaj dubine obrade i intenziteta dubrenja mineralnim dubrivima na iznosenje N, P, K, i Ca kod kukuruza NSSC-70 uznavodnjavanja i bez navodnjavanja. *Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet. Novi Sad.* 1972.
- [36] TERMAN, G. L. & NOGGLE, J. C.: Nutrient concentration changes in corn as affected by dry matter accumulation with age and response to applied nutrients. *Agron. J.* **65**. 941—945. 1973.
- [37] THAMM F-NÉ, KRÁMER M. & SARKADI J.: Növények és trágyaanyagok foszfortartalmának meghatározása ammónium-molibdovanadátos módszerrel. *Agrokémia és Talajtan.* **17**. 145—156. 1968.
- [38] TREPACSEV, E. P.: Potreblenie kukuruzü foszfora pri raznoj poseve. *Agrohimiya.* (2) 29—38. 1966.

Érkezett: 1984. május 7.

## The Growth and Nutrient Turnover of Maize as Affected by Fertilizer Application

### I. Dry Matter Accumulation, Nutrient Content and Nutrient Ratios

B. LÁSZTITY, GY. BICZÓK, É. ELEK and M. RUDA

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Ecological and Botanical Research Institute of the HAS, Vácraót, Plant Protection and Agrochemistry Center of the Ministry of Agriculture and Food, Budapest and Computer and Automation Institute of the HAS, Budapest

#### Summary

A fertilizer field experiment was conducted on a chernozem-like sandy soil to study the changes in the dry matter accumulation, nutrient content and nutrient ratios of a maize hybrid (NK.PX-MS.C.20.) during its short vegetative period. The dynamics of plant growth was also described by a simple two-compartment model, its parameters were determined, and the relationship between the measured data and those calculated on the basis of the model was studied. It was found that

— Dry matter accumulation continued throughout the vegetative period of maize, and it reached its maximum at grain ripening.

— Weight increase was continuous; it was slow just after seedling emergence, but after 4 or 5 weeks it accelerated and went on till harvest.

— The maximum rate of dry matter accumulation was measured just after flowering, then the plant accumulated one third of its total dry matter yield in 2—3 weeks.

— The studied maize hybrid of short vegetative period accumulated almost half of its total dry matter yield in the generative growth stage.

— Grain represented more than half of total dry matter yield.

— Both build-up and normal PK applications significantly increased the dry matter production of maize plants in each growth stage. The difference between the effects of the various PK treatments was not statistically significant.

— The simple two subcompartment model is suitable to describe both the dry matter accumulation of maize plants and its dynamics reflecting the plant characteristics, as well as to indicate the effect of fertilizer treatments.

— A close and significant relationship was found between the measured accumulation data and those calculated on the basis of the model.

— The studied nutrient contents of the maize plant usually decreased during the vegetative period, and, with the exception of Fe, they reached their minimum at grain ripening.

— Maximum concentrations of P, K, Mg, Zn and Cu were measured at the 10—12-leaf stage, while the maximum of N, Ca, Fe and Mn concentrations occurred at the 4—6-leaf stage.

— PK application significantly increased P, K and Cu contents in the whole above-ground part of the maize plant, but it had a depressive effect on the Ca, Mg and Zn contents, especially in the young plants and in the stove yield.

— No marked difference could be observed between the effects of build-up and normal PK treatments, only a tendency of the changes in the P, K, Ca, Mg, Zn and Cu contents was apparent.

— The studied nutrient ratios varied both in the direction and rate of their changes during the growing season; the changes were more marked in the young plants, then they gradually abated.

— PK application influenced the nutrient ratios far more than the age of the plants did.

— The analysis of the changes occurring in the nutrient contents and nutrient ratios of the plants during the growing season indicates, that it is in the early stages of growth that the whole above-ground part of the maize plant is the most suitable for diagnostic studies.

*Table 1.* Fertilizer doses used in the experiment (Őrbottyán, 1975—1978). (1) No. of treatment.  $P_2O_5$ : superphosphate (18%).  $K_2O$ : potassium chloride (40%). N: calcium ammonium nitrate (28%); half of the dose was applied in the autumn, the other half in the spring, except in 1978, when it was applied only in the spring.

*Table 2.* Precipitation data of the experimental area in the growing season of 1978, and the 40-year-average. (1) Characteristic data. a) Number of rainy days; b) Amount of precipitation, mm/month; c) 40-year-average, mm; d) Deviation from the average,  $\pm$  mm. (2) Month. (3) Total.

*Table 3.* Changes in the AL = (ammonium lactate) soluble P and K contents of the soil in the various treatments (Őrbottyán, 1976—1978). (1) No. of treatment. a) C. D. values at 5%.

*Table 4.* Dry matter accumulation of maize during the growing season (Őrbottyán, NK. PX-MS. 20 maize hybrid, 1978). (1) No. of treatment. a) C. D. values at 5%; b) average. (2) 4—6-leaf stage (31 May). (3) 10—12-leaf stage (21 June). (4) Flowering (25 July). (5) Milky ripening (16 August). (6) At the snapping of maize (10 October). (7) Grain. (8) Stalk. (9) Total. A. Dry matter, t/ha. B. Dry matter, g/plant.

*Table 5.* The dynamics of dry matter accumulation in the maize plant during the growing season. (Őrbottyán, NK. PX-MS. 20 maize hybrid, 1978). (1) No. of treatment. a) C. D. values at 5%; b) average. (2) Up to the 4—6-leaf stage; (3) between the 6-leaf and 10-leaf stages, g/ha/day. (4) Between the 10-leaf stage and flowering; (5) Between flowering and milky ripening; (6) Between milky ripening and full ripening; (7) On the average of the vegetative period, kg/ha/day. A. Dry matter, g/plant/day.

*Table 6.* Parameters of the model. (1) No. of treatment.  $A_i$ : value of maximum accumulation;  $R_i$ : total reflux (the amount getting onto the soil surface and into the soil);  $b_i$ : acceleration of uptake (in other words the amount corresponding to nutrient buffer capacity);  $t_g$ : inflexion point of accumulation;  $s_i$ : rate of acceleration or deceleration of loss induced by senescence;  $t_s$ : inflexion point of reflux.

*Table 7.* Changes in the nutrient content of maize during the growing season (Őrbottyán, NK. PX-MS. 20 maize hybrid, 1978). For (1)—(9) see Table 4.

*Table 8.* Changes in the nutrient ratios in the above-ground part of maize plant during the growing season, on the average of the experiment (Őrbottyán, NK. PX-MS. 20. maize hybrid, 1978). (1) Ratio. For (2)—(6) see Table 4.

*Table 9.* Changes in the nutrient ratios of maize during the growing season (Őrbottyán, NK. PX-MS. 20 maize hybrid, 1978). For (1)—(8) see Table 4. (9) In the whole above-ground part.

*Fig. 1.* Dry matter accumulation by maize plants as affected by fertilizer application (Őrbottyán, 1978). Horizontal axis: Number of days. Vertical axis: Dry matter, t/ha. 1: control; 2: normal PK application; 3: build-up PK application.

## Wirkung der Mineraldüngung auf die Entwicklung und den Nährstoffumsatz des Maises

### I. Anhäufung der Trockensubstanz, Nährstoffgehalt und Nährstoffproportionen

B. LÁSZTITY, GY. BICZÓK, É. ELEK und M. RUDA

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest; Forschungsinstitut für Ökologie und Botanik der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Vácrátót; Zentrale für Pflanzenschutz und Agrochemie des Ministeriums für Lebensmittelproduktion und Landwirtschaft, Budapest, und Forschungsinstitut für Rechentechnik und Automatisierung der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

#### Zusammenfassung

In einem Feldversuch auf einem Tschernosemartigen Sandboden wurden die Anhäufung der Trockensubstanz, sowie die Änderung der Nährstoffgehalte und -proportionen bei einem Maishybriden von kurzer Vegetationsdauer (NK. PX-MS. 20.) im Laufe der Vegetationsperiode untersucht. Die Dynamik der Entwicklung wurde durch ein einfaches, zwei Kompartimente beinhaltendes Modell beschrieben, die Parameter des Modells wurden angeführt und der Zusammenhang der mit Hilfe des Modells gewonnenen und der tatsächlichen Angaben wurde studiert. Aufgrund der Ergebnisse konnte man folgendes feststellen:

— Die Anhäufung der Trockensubstanz dauert während der ganzen Vegetationsperiode an und erreicht ihr Maximum zur Zeit der vollen Reife.

— Die Gewichtszunahme ist nach dem Keimen recht langsam, nimmt erst nach 4—5 Wochen an Geschwindigkeit zu, hält aber dann bis zur Ernte an.

— Das Maximum der Trockensubstanzanhäufung wurde nach der Blüte gemessen, als die Pflanzen innerhalb von 2—3 Wochen 1/3 der gesamten Menge aufspeicherten.

— Nahezu die Hälfte der Trockensubstanz wurde von diesem Hybriden von kurzer Vegetationsdauer in der generativen Phase aufgespeichert.

— Mehr als die Hälfte der gesamten Trockensubstanzproduktion konnte in dem Kornertrag aufgefunden werden.

— Sowohl die Anhäufungs-, wie auch die Erhaltungsdüngung mit P und K erhöhten die Menge der Trockensubstanz des Maises in allen untersuchten Phasen signifikant; zwischen den Wirkungen der einzelnen PK-Düngungsvarianten konnte kein statistisch gesicherter Unterschied nachgewiesen werden.

— Das einfache, zwei Subkompartimente beinhaltende Modell ist zur Beschreibung der Trockensubstanzanhäufung des Maises, zur Angabe der Düngerwirkung und zur Darstellung der die charakteristische Eigenart der Maispflanzen widerspiegelnden Dynamik geeignet.

— Zwischen den tatsächlich gemessenen und den mit Hilfe des Modells berechneten Anhäufungsangaben konnte ein enger und signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden.

— Die Gehalte der Nährstoffe in den Maispflanzen haben im Laufe der Vegetationsperiode im allgemeinen abgenommen, und — mit Ausnahme des Fe — bei der vollen Reife ihr Minimum erreicht.

— Die Nährstoffkonzentration der Elemente P, K, Mg, Zn und Cu erreichte in den Pflanzen mit 10—12 Blättern, diejenige der Elemente N, Ca, Fe und Mn in den Pflanzen mit 4—6 Blättern das Maximum.

— Die PK-Düngung erhöhte im oberirdischen Teil der Maispflanzen den P-, K- und Cu-Gehalt signifikant, verringerte aber denjenigen von Ca, Mg und Zn, hauptsächlich bei den jungen Pflanzen und in den Maisstengeln.

— Die Wirkung der Anhäufungs- und Erhaltungsdüngung von P und K zeigt nur einen tendenzartigen Unterschied hinsichtlich der Änderung der P-, K-, Ca-, Mg-, Zn- und Cu-Nährstoffgehalte.

— Die Nährstoffproportionen sind während der Vegetationsperiode nicht konstant, Richtung und Ausmass ihrer Änderungen variiert, in den jungen Pflanzen sind sie bedeutender, mit Fortschreiten der Entwicklung werden sie stufenweise geringer.

— Die PK-Mineraldüngung hat die angeführten Nährstoffproportionen in bedeutendem Masse beeinflusst.

— Die Analyse der Änderungen der Nährstoffkonzentrationen und -proportionen innerhalb der Vegetationsperiode zeigt, dass sich die ganze oberirdische Maispflanze am meisten im jungen Stadium für diagnostische Untersuchungen eignet.

*Tab. 1.* Die im Versuch angewendete Nährstoffmenge (Örbottyán, 1975—1978). (1) Bezeichnung der Düngungsvariante.  $P_2O_5$ : Superphosphat (18%).  $K_2O$ : Kalisalz (40%). N: Kalkammonsalpeter (28%), die Hälfte im Herbst, die andere Hälfte im Frühjahr gegeben, bzw. nur im Frühjahr im Jahre 1978.

*Tab. 2.* Niederschlagsangaben des Versuchsgebietes in der Vegetationsperiode des Jahres 1978 und 40-jährige Durchschnittswerte. (1) Charakteristische Werte. a) Anzahl der Regentage; b) Niederschlagsmenge, mm/Monat; c) Mittelwerte von 40 Jahren, mm; d) Abweichung vom Mittel,  $\pm$  mm. (2) Monat. (3) Insgesamt.

*Tab. 3.* AL-löslicher P- und K-Gehalt des Bodens in den einzelnen Düngungsvarianten (Örbottyán, 1976—1978). (1) Bezeichnung der Düngungsvariante. a)  $GD_{5\%}$ .

*Tab. 4.* Gestaltung der Anhäufung der Trockensubstanz im Mais während der Vegetationsperiode (Örbottyán, 1978; Maishybride NK.PX-MSK.20.). (1) Bezeichnung der Düngungsvariante. a)  $GD_{5\%}$ ; b) Mittelwert. (2) Mais mit 4—6 Blättern (31. Mai). (3) Mais mit 10—12 Blättern (21. Juni). (4) Blüte (25. Juli). (5) Milchreife (16. August). (6) Ernte (10. Oktober). (7) Körner. (8) Stengel. (9) Insgesamt. A. Trockensubstanz, t/ha. B. Trockensubstanz, g/Pflanze.

*Tab. 5.* Dynamik der Trockensubstanzanhäufung im Mais im Laufe der Vegetationsperiode (Örbottyán, 1978; Maishybride NK.PX-MSK.20.). (1) Bezeichnung der Düngungsvariante. a)  $GD_{5\%}$ ; b) Mittelwert. (2) Bis zum 4—6-blättrigen Alter; (3) zwischen dem 6- und 10-blättrigen Alter, g/ha/Tag. (4) zwischen dem 10-blättrigen Alter und der Blüte; (5) zwischen der Blüte und der Milchreife; (6) zwischen der Milchreife und Reife; (7) Im Mittel der Vegetationsperiode, kg/ha/Tag. A. Trockensubstanz, g/Pflanze/Tag.

*Tab. 6.* Parameter des mathematischen Modells. (1) Bezeichnung der Düngungsvariante.  $A_i$ : Sättigungswert, Wert der maximalen Anhäufung;  $R_i$ : vollkommener Abbau, bzw. Reflux (auf die Bodenoberfläche oder in den Boden zurückgelangende Menge);  $b_i$ : Beschleunigung der Aufnahme, bzw. der Nährstoff-Pufferkapazität ähnliche Menge;  $t_g$ : Inflexionspunkt der Anhäufung;  $s_i$ : Ausmass der Beschleunigung, bzw. der Abschwächung des durch die Seneszenz (Altern) induzierten Verlustes;  $t_r$ : Inflexionspunkt des Reflexes.

*Tab. 7.* Änderung des Nährstoffgehaltes im Mais während der Vegetationsperiode (Örbottyán, 1978; Maishybride NK.PX-MSK.20.). (1)—(9): s. Tab. 4.

*Tab. 8.* Änderung der Nährstoffproportionen im oberirdischen Teil des Mais im Laufe der Vegetationsperiode, im Mittel des Versuches (Örbottyán, 1978; Maishybride NK.PX-MSK.20.). (1) Proportion. (2)—(6): s. Tab. 4.

*Tab. 9.* Änderung der Nährstoffproportionen des Mais im Laufe der Vegetationsperiode (Örbottyán, 1978; Maishybride NK.PX-MSK.20.). (1)—(8): s. Tab. 4. (9) Im gesamten oberirdischen Teil.

*Abb. 1.* Wirkung der Mineraldüngung auf die Trockensubstanzbildung bei Mais (Örbottyán, 1978). Abscisse: Anzahl der Tage. Ordinate: Trockensubstanz, t/ha. 1: Kontrolle; 2: Erhaltungsdüngung mit P und K; 3: Anhäufungsdüngung mit P und K.

## Влияние минеральных удобрений на развитие кукурузы и динамику питательных веществ

### I. Накопление сухого вещества, содержание и соотношение питательных элементов

Б. ЛАСТИТЬ, Д. БИЦОК, Е. ЭЛЕК и М. РУДА

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии ВАН, Будапешт; Институт экологии и ботаники ВАН, Вацратот; Центр защиты растений и агрохимии МСХ и ПП, Будапешт; Институт вычислительной техники и автоматизации, ВАН, Будапешт

#### Резюме

В полевом опыте по внесению минеральных удобрений, на черноземовидной песчаной почве в различной степени обеспеченной фосфором и калием, за период вегетации определили накопление сухого вещества и установили изменение соотношения питательных элементов в гибридной кукурузе (НК. РХ-МСС. 20). Динамику развития описали с помощью простой модели, содержащей два компартмента, показали параметры, далее, изучили зависимости моделированных и измеренных показателей. Полученные результаты позволили сделать следующие наиболее важные выводы:

— Накопление сухого вещества в кукурузе идет в течение всей вегетации, максимум наблюдается в стадии полной зрелости.

— Увеличение веса проходит постоянно, т.е. после прорастания идет медленнее, на 4—5 недели убыстряется и продолжается вплоть до уборки.

— Максимум темпа накопления сухого вещества приходился на период после цветения, когда растение за 2—3 недели накопило две трети от общего количества сухого вещества.

— Примерно половина всего сухого вещества накопилась в этом гибриде с коротким временем вегетации в генеративном периоде.

— Больше половины образовавшегося сухого вещества находилось в зерне.

— Как мелиоративная, так и обычная дозы фосфорных и калийных минеральных удобрений во всех изученных фазах достоверно увеличили сухую массу кукурузы; разницы между эффективностью РК-минеральных удобрений по отдельным вариантам внесения статистически не подтвердились.

— Простая двух-субкомпарментная модель пригодна для показа накопления сухого вещества в кукурузе, для оценки эффективности внесения удобрений и описания динамики, отражающей характерную особенность растения.

— Найдена тесная и достоверная зависимость между действительно измеренными и рассчитанными на основании модели величинами накопления сухого вещества.

— Содержание изученных питательных элементов в кукурузе за период вегетации обычно снижается и за исключением железа, достигает минимума в стадии полной зрелости.

— Максимальная концентрация таких питательных элементов, как Р, К, Mg, Zn, Cu измерили в растении в возрасте 10—12 листьев, максимальное содержание N, Ca, Fe и Mn в возрасте 4—6 листьев.

— РК-минеральные удобрения увеличили достоверно содержание фосфора, калия и меди в надземной части кукурузы и снизили концентрации кальция, магния и цинка в первую очередь в молодом растении и в урожае стеблей.

— При внесении мелиоративных и обычных доз РК-минеральных удобрений наблюдали только тенденцию в изменении содержания питательных элементов Р, К, Ca, Mg, Zn и Cu.

— За период вегетации соотношение изученных питательных элементов не постоянно, изменяется его направление и размеры — в молодом растении в значительной степени, с возрастом — более умеренно.

— Внесение РК-минеральных удобрений значительно влияет на соотношение указанных питательных элементов.

— Оценка изменения концентраций питательных элементов, а также их соотношений в продолжении вегетационного периода показали что вся надземная часть кукурузы в молодом возрасте наиболее пригодна для диагностических анализов.

*Табл. 1.* Количество использованных в опыте питательных элементов (Эрботтян, 1975—1978). (1) Номер варианта.  $P_2O_5$ : суперфосфат (18%).  $K_2O$ : калийная соль (40%). Азот: петская соль (28%) половину осенью, половину весной, в 1978 году только весной.

*Табл. 2.* Количество атмосферных осадков, выпавших на экспериментальном участке за вегетационный период 1978 года и среднее за 40 лет. (1) Характерные показатели. а) Число дней с осадками; б) Количество осадков, мм/месяц; в) Среднее за 40 лет, мм; г) Расхождение от среднего,  $\pm$  мм. (2) Месяц. (3) Всего.

*Табл. 3.* Изменение содержания АЛ-растворимых фосфора и калия в отдельных вариантах (Эрботтян, 1976—1978). (1) Номер варианта. а)  $СНР_{5\%}$ .

*Табл. 4.* Накопление сухого вещества в кукурузе за период вегетации (Эрботтян, гибрид НК.РХ-МСС.20, 1978.). (1) Номер варианта. а)  $СНР_{5\%}$ . б) Среднее. (2) В возрасте 4—6 листьев (31 мая). (3) В возрасте 10—12 листьев (21 июня). (4) Цветение (25 июля). (5) Молочная спелость (16 августа). (6) Уборка початков (10 октября). (7) Зерно. (8) Стебли. (9) Всего. А. Сухое вещество, т/га. В. Сухое вещество, г/растение.

*Табл. 5.* Динамика накопления сухого вещества в кукурузе за период вегетации (Эрботтян, гибрид НК.РХ-МСС.20, 1978.). (1) Номер варианта, а)  $СНР_{5\%}$ ; б) Среднее. (2) До возраста 4—6 листьев; (3) В возрасте между 6—10 листьев, г/га/день. (4) В возрасте между 10 листьев и цветением; (5) Между цветением и молочной спелостью; (6) Между молочной и полной спелостью; (7) В среднем за период вегетации, кг/га, день. А. Сухое вещество, г/растение/день.

*Табл. 6.* Параметры модели. (1) Номер варианта.  $A_1$ : величина насыщенности, показатель максимального накопления;  $R_1$ : рефлюкс (количество попадающее обратно на почвенную поверхность или в почву);  $b_1$ : ускорение усвоения или количество тождественное с буферным объемом питательного элемента;  $t_g$ : точка инфлексии накопления;  $s_1$ : размеры увеличения или снижения потерь вызванных сенесценцией (старением);  $t_s$ : инфлекссионная точка рефлюксии.

*Табл. 7.* Изменение содержания питательных элементов в кукурузе за период вегетации (Эрботтян, гибрид НК.РХ-МСС.20, 1978.). От (1) до (9) смотри в таблице 4.

*Табл. 8.* Изменение соотношения питательных элементов в надземной части кукурузы в продолжении вегетационного периода, в среднем по опыту (Эрботтян, гибрид НК.РХ-МСС.20, 1978). (1) Соотношение. (2)—(6) смотри в таблице 4.

*ТТабл. 9.* Изменение соотношения питательных элементов в кукурузе за период вегетации (Эрботтян, гибрид НК.РХ-МСС.20, 1978). (1)—(8) смотри в таблице 4. (9) Во всей надземной части растения.

*Рис. 1.* Влияние внесения минеральных удобрений на образование сухого вещества в кукурузе (Эрботтян, 1978.). По горизонтальной оси: количество дней. По вертикальной оси: сухое вещество, т/га. 1: контроль; 2: внесение РК-минеральных удобрений для поддержания уровня их содержания; 3: Мелиоративное внесение РК-минеральных удобрений.