

## **A kukoricaszem NPK-tartalmának változása és a műtrágyák érvényesülése meszes homokon**

LÁSZTITY BORIVÓJ

*MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest*

Az előző dolgozatban [13] beszámoltunk a műtrágyázás, ezen belül a nitrogén- és káliumműtrágyák hatásáról a kukorica-szemtermés alakulására Duna—Tisza közti karbonátos homoktalajon. A műtrágyázás hatása a termések mennyiségére közismert, kevésbé ismert a műtrágyázás mai szintjén igen jelentős a termés minőségére gyakorolt hatás. A termés minősége a kukorica esetében igen fontos tényező különösen, mert a termés takarmányértéke, ezen belül a nitrogén- és fehérjetartalom mennyisége a legfőbb értékmérő. Az egyes növények kémiai összetétele bizonyos határok között állandó, azonban külső tényezők hatására ezen belül változhat.

A kukoricaszem kémiai összetételének alakulása, valamint a műtrágyázás közti összefüggés vizsgálatával számos kutató foglalkozott és számolt be az eredményekről. HUNTER és YUNGEN [7] a növekvő trágyaadagok és a szem fehérjetartalmát vizsgálva megállapították, hogy a nitrogén-műtrágyázás hatására növekszik a szemtermés mennyisége és egyidejűleg a szem nitrogéntartalma is. Hasonló eredményekről számolnak be mások [2, 5, 6, 12, 14] különböző talajon végzett kísérletek alapján. Többen közölnek adatokat arról, hogy a kukoricaszem fehérjéinek összetétele labilis, és a trágyázás hatására a kevésbé értékes aminosavak mennyisége nő, az értékesebb aminosavak aránya csökken [3, 4, 15].

A foszfor- és káliumműtrágyák hatásáról a kukoricaszem NPK-tartalmának növelésében kevesen adnak számot, inkább a hatás hiányáról [1, 5]. A hatóanyagok érvényesüléséről kis számban széles határok között (N: 15—75%, P: 5—25%, K: 9—35%) közölnek adatokat, a műtrágyaadagtól és évtől függően [8, 10, 11].

Az ismertetett kísérleti eredmények alapján szükségesnek tartottuk a különböző adagú nitrogén- és káliumműtrágyák a termés mennyiségére, gyakorolt hatásának vizsgálata mellett a kukoricaszem minőségére, így elsősorban a szemtermés nitrogén-, foszfor-, kálium- és fehérjetartalmának változására érvényesülő hatás vizsgálatát is. A kérdés elemzését erősen befolyásolta az, hogy a tájegységen belül az állattenyésztés fejlesztése fontos feladat, aminek alapja a magas színvonalú kukoricatermesztés. A termés kémiai összetételének vizsgálatával egyidejűleg lehetőségünk volt arra, hogy számításokat végezzünk a műtrágyák hasznosulására vonatkozóan is.

## 1. táblázat

## A kukoricaszem nitrogéntartalmának változása és eltérése a 3 éves átlagtól

(1) Kezelés	1968		1969		1970		(2) 3 éves átlag N %
	N %	eltérés	N %	eltérés	N %	eltérés	
1. N <sub>40</sub> P <sub>50</sub> K <sub>40</sub>	1,45	—	1,19	—0,26	1,70	+0,25	1,45
2. N <sub>40</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1,34	—0,03	1,25	—0,12	1,53	+0,16	1,37
3. N <sub>40</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	1,48	+0,06	1,31	—0,11	1,47	+0,05	1,42
4. N <sub>40</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub>	1,34	+0,05	1,33	—0,06	1,49	+0,10	1,39
5. N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>40</sub>	1,45	+0,08	1,19	—1,18	1,46	+0,09	1,37
6. N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1,48	+0,11	1,31	—0,06	1,31	—0,06	1,37
7. N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	1,54	+0,07	1,45	—0,02	1,42	—0,05	1,47
8. N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub>	1,42	—0,06	1,42	—0,06	1,61	+0,13	1,48
9. N <sub>120</sub> P <sub>50</sub> K <sub>40</sub>	1,51	—0,03	1,48	—0,06	1,65	+0,09	1,54
10. N <sub>120</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1,42	—0,01	1,31	—0,12	1,57	+0,14	1,43
11. N <sub>120</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	1,32	—0,07	1,31	—0,08	1,55	+0,16	1,39
12. N <sub>120</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub>	1,42	—0,09	1,39	—0,12	1,71	+0,20	1,51
13. N <sub>160</sub> P <sub>50</sub> K <sub>40</sub>	1,39	—0,08	1,42	—0,05	1,61	+0,13	1,47
14. N <sub>160</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1,34	—0,09	1,34	—0,09	1,61	+0,18	1,43
15. N <sub>160</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	1,42	—0,03	1,39	—0,06	1,55	+0,10	1,45
16. N <sub>160</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub>	1,45	—0,05	1,39	—0,11	1,66	+0,16	1,50

## Kísérleti rész

A kísérletet a Duna—Tisza közén karbonátos homokon végeztük (1968—1970). A kísérleti hely főbb jellemzőit, a kezeléseket, az évenkénti terméseket az említett dolgozatunkban ismertettük. A kémiai analízishez parcellánként 10—10 tő csőtermését használtuk fel, amit szárítás után lemorzsolunk, majd ledaráltunk. A darálást követően az azonos kezelések mintáit egyesítettük, homogenizáltuk, majd ezután kerültek kémiai analízisre. A kémiai vizsgálatoknál a feltárást egyidejű nedvességtartalom-meghatározás mellett cc. kénsavval és peroxidral végeztük. Az így kapott törzsoldatból a nitrogént *Kjeldahl* szerint, a foszfor- és káliumtartalmat fotometriás úton határoztuk meg. A nyers fehérje mennyiségét a nitrogéntartalomról 6,25 faktossal számítottuk. A tápanyag-hasznosulás számítását klasszikus módszerrel végeztük, a szem- és szártermés N, P és K összetétele alapján számított hozamokból a kontrollhoz képest felvett tápanyagtöbbletet viszonyítottuk a kezeléssel talajba juttatott tápanyagmennyiséghez. A számításnál a kukoricaszár mennyiségét a parcellánként megvett mintakévék átlagos szem—szár aránya alapján a szemtermésből 1,3-as faktossal számítottuk. A szár kémiai összetételét többéves adatok alapján 0,2% foszfor-, 0,45% nitrogén- és 0,8% káliummennyiséggel számítottuk. A tápanyaghasznosulás-számításhoz a csatlakozó kísérlet trágyázatlan parcelláinak adatait használtuk fel. Az értékelést variancia-analízissel végeztük.

## Az eredmények értékelése

A kezelésenkénti, évenkénti, valamint a három év átlagában a nitrogéntartalom-alakulást az 1. táblázatban mutatjuk be. A nitrogéntartalom az évek sorrendjében 1,34% —1,54%, 1,19% —1,48%, és 1,31% —1,71%, a három

2. táblázat

A kukoricaszem foszfortartalmának változása és eltérése a 3 éves átlagtól

(1) Kezelés	1968		1969		1970		(2) 3 éves átlag P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	eltérés	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	eltérés	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	eltérés	
1. N <sub>40</sub> P <sub>50</sub> K <sub>40</sub>	0,83	-0,10	0,66	-0,27	1,31	+0,38	0,93
2. N <sub>40</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	0,80	+0,01	0,70	-0,09	0,87	+0,08	0,79
3. N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	0,80	-0,04	0,63	-0,21	1,10	+0,26	0,84
4. N <sub>40</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub>	0,76	-0,13	0,65	-0,15	1,28	+0,39	0,89
5. N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>40</sub>	0,81	+0,01	0,57	-0,23	1,03	+0,23	0,80
6. N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	0,83	+0,09	0,49	-0,25	0,89	+0,15	0,74
7. N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	0,83	+0,02	0,69	-0,12	0,92	+0,11	0,81
8. N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub>	0,73	-0,06	0,64	-0,15	0,99	+0,20	0,79
9. N <sub>120</sub> P <sub>50</sub> K <sub>40</sub>	0,76	-0,01	0,57	-0,20	0,99	+0,22	0,77
10. N <sub>120</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	0,76	+0,06	0,60	-0,10	0,73	+0,03	0,70
11. N <sub>120</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	0,80	-	0,60	-0,20	1,01	+0,21	0,80
12. N <sub>120</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub>	0,81	+0,01	0,61	-0,19	0,99	+0,19	0,80
13. N <sub>160</sub> P <sub>50</sub> K <sub>40</sub>	0,76	-0,06	0,66	-0,16	1,03	+0,21	0,82
14. N <sub>160</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	0,83	+0,03	0,70	-0,10	0,87	+0,07	0,80
15. N <sub>160</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	0,70	+0,01	0,57	-0,14	0,87	+0,16	0,71
16. N <sub>160</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub>	0,76	-0,03	0,65	-0,14	0,96	+0,17	0,79

év átlagában 1,37%—1,54% nagyságok között váltakozott a kukoricaszemben. A legnagyobb nitrogéntartalmat biztosító kezelések, ugyancsak az évek sorrendjében: N<sub>80</sub>P<sub>50</sub>K<sub>120</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>50</sub>K<sub>40</sub> és N<sub>120</sub>P<sub>50</sub>K<sub>160</sub>, a három év átlagában pedig a N<sub>120</sub>P<sub>50</sub>K<sub>40</sub> kezelés, hasonlóan a második évvel. A legnagyobb nitrogéntartalmat a harmadik csapadékszegény, a legkisebbet viszont a második csapadékos évben kaptuk.

A hároméves átlagoktól való eltéréseket a nitrogén esetében szintén az 1. táblázatban közöljük. A kukoricaszemben mért nitrogéntartalmak az első évben a nagyobb N 120 és 160 kg/ha kombinációkban az átlagnál kisebbek 0,01 és 0,09 tápanyag %-kal. A kisebb N 40 és 80 kg/ha kezeléskombinációkban az átlagnál nagyobb vagy azzal közel azonos nagyságokat mértünk, maximálisan 0,11%-kal nagyobb N-tartalmat. A második évben valamennyi kezelésnél az átlagossal kisebb nitrogéntartalmat kaptunk. Az eltérés mértéke 0,02 és 0,26% közti N-tartalom. A harmadik évben két kezelés kivételével az átlagoknál magasabb nitrogéntartalmat mértünk. Az eltérés maximálisan 0,20% N-tartalmat jelentett. Az összevont nitrogénkezeléseket a káliumadagok átlagában a 4. táblázatban mutatjuk be évenkénti bontásban. Az első évben a legmagasabb nitrogéntartalmat a 80 kg/ha N-adagnál kaptuk, mely a 40 kg/ha adaghoz viszonyítva szignifikáns növekedést jelent. A második évben a nitrogénadaggal párhuzamosan emelkedő tendencia érvényesült, a 40 kg/ha N-adaghoz viszonyítva a 120 és 160 kg/ha N-adagnál a szem nitrogéntartalma szignifikánsan magasabb volt. A harmadik évben a tendencia azonos az előző évvel és itt is a 120 és 160 kg/ha N-adagok szignifikánsan magasabb nitrogéntartalmat eredményeztek a 40 kg/ha N-adaghoz viszonyítva a kukoricaszem kémiai összetételében.

A nitrogéntartalommal egyidejűleg meghatároztuk a kukoricaszem foszfortartalmát is; a 3 éves átlagokat és azoktól való eltéréseket a 2. táblázat tartalmazza. A kezelésekből alkalmazott foszforműtrágya mennyisége egységes

## 3. táblázat

A kukoricaszem káliumtartalmának változása és eltérése a 3 éves átlagtól

(1) Kezelés	1968		1969		1970		(2) 3 éves átlag K <sub>2</sub> O%
	K <sub>2</sub> O %	eltérés	K <sub>2</sub> O %	eltérés	K <sub>2</sub> O %	eltérés	
1. N <sub>40</sub> P <sub>50</sub> K <sub>40</sub>	0,55	+0,09	0,44	-0,02	0,39	-0,07	0,46
2. N <sub>40</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	0,57	+0,11	0,44	-0,02	0,37	-0,09	0,46
3. N <sub>40</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	0,57	+0,11	0,40	-0,06	0,42	-0,04	0,46
4. N <sub>40</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub>	0,52	+0,06	0,46	—	0,40	-0,06	0,46
5. N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>40</sub>	0,58	+0,11	0,40	-0,07	0,42	-0,05	0,47
6. N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	0,74	+0,22	0,40	-0,12	0,41	-0,11	0,52
7. N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	0,55	+0,09	0,44	-0,02	0,39	-0,07	0,46
8. N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub>	0,57	+0,09	0,44	-0,04	0,43	-0,05	0,48
9. N <sub>120</sub> P <sub>50</sub> K <sub>40</sub>	0,57	+0,11	0,40	-0,06	0,40	-0,06	0,46
10. N <sub>120</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	0,50	+0,07	0,40	-0,03	0,39	-0,04	0,43
11. N <sub>120</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	0,50	+0,04	0,42	-0,04	0,46	—	0,46
12. N <sub>120</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub>	0,57	+0,09	0,40	-0,08	0,47	-0,01	0,48
13. N <sub>160</sub> P <sub>50</sub> K <sub>40</sub>	0,57	+0,02	0,44	-0,11	0,65	+0,10	0,55
14. N <sub>160</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	0,50	-0,02	0,44	-0,08	0,61	+0,09	0,52
15. N <sub>160</sub> P <sub>50</sub> K <sub>120</sub>	0,52	+0,02	0,44	-0,06	0,55	+0,05	0,50
16. N <sub>160</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub>	0,58	+0,01	0,60	+0,03	0,54	-0,03	0,57

volt. Az egyes kezelések között az eltérés csekély, szignifikáns különbségek nem voltak. Jelentősebb eltérés mutatkozott az egyes évek eredményei között. Így az évek során 0,70—0,83%, 0,57—0,70% és 0,87—1,31% volt a legkisebb és legnagyobb érték. A kísérlet átlagában a foszfortartalom a kezelésekben kismértékben tért el egymástól. A maximális nagyság 0,93%, a minimális 0,71% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A kezelések közül a legkisebb adagú N<sub>40</sub>P<sub>50</sub>K<sub>40</sub>-nál kaptuk a legmagasabb foszfortartalmat. Az átlagoktól való eltéréseket tekintve: az első évben egyaránt pozitív és negatív irányú eltéréseket kaptunk maximálisan plusz 0,09 és mínusz 0,13%-ot. A második évben az átlagtól minden kezelésben alacsonyabb tápanyagtartalmat, mínusz 0,09 és 0,25% közti eredményeket kaptunk. A harmadik évben valamennyi kezelés az átlagosnál nagyobb foszfortartalmat eredményezett, maximálisan 0,39% tápanyagtöbbletet. A kezelésekben alkalmazott nitrogén- és káliumműtrágyák különböző mennyisége, azok kombinációja, valamint a szem foszfortartalmának változása között összefüggést megállapítani nem lehetett, még tendencia sem vehető ki a három év során.

A káliumtartalom (3. táblázat) az első évben 0,50—0,74%, a másodikban 0,40—0,60% és a harmadikban 0,37—0,65% között váltakozott az egyes kezelésekben. A legmagasabb káliumtartalmat az első évben a N<sub>80</sub>P<sub>50</sub>K<sub>80</sub>, a másodikban a N<sub>160</sub>P<sub>50</sub>K<sub>160</sub> és a harmadikban a N<sub>160</sub>P<sub>50</sub>K<sub>40</sub> kezelésnél kaptuk. A káliumtartalom a három év átlagában minimális ingadozást mutat a kezelések között. A maximális 0,57% K-tartalmat a N<sub>160</sub>P<sub>50</sub>K<sub>160</sub> kezelésnél, a legkisebbet, 0,46%-ot a legkisebb adagú N<sub>40</sub> kezelésnél kaptuk. Az átlagokhoz viszonyított eltéréseket elemezve a kísérlet első évében egy kezelés kivételével nagyobb K<sub>2</sub>O-tartalmakat mértünk. Az átlaghoz viszonyított többlet maximálisan 0,22% K<sub>2</sub>O-tartalom, amit a N<sub>80</sub>P<sub>50</sub>K<sub>40</sub> kezelésnél kaptunk. A második évben két kezelés kivételével az átlagnál 0,02 és 0,12%-kal alacsonyabb K<sub>2</sub>O-tartalmat mértünk. Az utolsó évben a magasabb N<sub>160</sub> adagú kezeléskombinációk-

ban az átlagnál nagyobb, a többi kezeléseknél annál alacsonyabb  $K_2O$ -tartalmat mértünk. Az ingadozás az előző éveket tekintve jelentősen nagyobb volt. A pozitív eltérés maximálisan 0,10%, a negatív irányú eltérés pedig 0,11 tápanyag % volt. Az összevont káliumkezeléseket a nitrogénkezelések átlagában, továbbá az összevont évenkénti és hároméves átlagokat az 5. táblázat-

4. táblázat

A kukoricaszem nitrogén- és nyersfehérje-tartalmának változása a káliumkezelések átlagában

(1) Kezelés	1968		1969		1970	
	(2) Nyersfehérje	N	(2) Nyersfehérje	N	(2) Nyersfehérje	N
	%					
$N_{40}$	8,75	1,40	7,94	1,27	9,69	1,55
$N_{80}$	9,19	1,47	8,37	1,34	8,94	1,43
$N_{120}$	8,87	1,42	8,56	1,37	10,12	1,62
$N_{160}$	8,75	1,40	8,69	1,39	10,06	1,61
SzD <sub>5%</sub>	1,42	0,03	1,34	0,09	1,56	0,13

5. táblázat

A kukoricaszem káliumtartalmának alakulása a nitrogénkezelések átlagában

(1) Kezelés	1968	1969	1970	(2)
	$K_2O$	$K_2O$	$K_2O$	3 év átlaga
	%			
$K_{40}$	0,56	0,42	0,47	0,48
$K_{80}$	0,58	0,42	0,44	0,48
$K_{120}$	0,53	0,43	0,46	0,47
$K_{160}$	0,56	0,47	0,45	0,49
SzD <sub>5%</sub>	nem szignif.	0,006	nem szignif.	
K-adagok átlaga	0,56	0,44	0,46	0,48

ban mutatjuk be. A kísérlet első és harmadik évében a kezeléscsoportok közötti különbségek minimálisak, szignifikáns különbségeket nem kaptunk. A második évben a 40 kg/ha K-adaghoz viszonyítva a 120 és 160 kg/ha adagok szignifikáns káliumtartalom-növekedést eredményeztek a kukoricaszem káliumtartalmában. A hároméves átlagok között az eltérés minimális 0,10%. A négy adagszint összevont átlagánál csak az első évben kaptunk a másik évekhez viszonyítva jelentősebb eltérést.

A százalékos tápanyagtartalom és a termésadatok ismeretében számításokat végeztünk az összterméssel kivont tápanyagok mennyiségére és a tápanyag hasznosulására. Vizsgáltuk, miképpen befolyásolta a műtrágyázás az egyes tápanyagok érvényesülését a kísérlet körülményei között.

A növény által kivont tápanyagmennyiségeket az összevont nitrogén- és káliumkezeléseknél évenként, a 3 év átlagában az adagátlagokkal a 6. táblázat tartalmazza. A nitrogénadagok emelkedésével az első két évben a kivont nitrogén mennyisége emelkedett a 40 kg/ha-tól — 120 kg/ha adag alkalmazásáig, ezt követően a 160 kg/ha adagnál már csökkenés következett be. A harmadik évben a legmagasabb hozamot a 120 kg/ha adagnál kaptuk, míg a legkisebb hozamot a 80 kg/ha adag biztosította.

6. táblázat

Az összevonttal kivont tápanyagmennyiség az összevont kezeléseknél

(1) Kezelés	1968	1969	1970	(2) 3 év átlaga
	kg/ha			
N				
N <sub>40</sub>	58,2	79,6	72,1	69,9
N <sub>80</sub>	59,2	84,6	71,1	71,6
N <sub>120</sub>	62,5	88,6	81,2	77,4
N <sub>160</sub>	55,9	88,0	78,2	74,4
N-adagok átlaga	58,9	85,2	75,5	73,3
K				
K <sub>40</sub>	46,5	60,8	50,5	52,6
K <sub>80</sub>	46,8	63,0	52,5	54,1
K <sub>120</sub>	47,2	69,1	53,3	56,5
K <sub>160</sub>	47,6	70,6	55,1	57,7
K-adagok átlaga	47,0	65,9	52,9	55,2

A növekedés tendenciája nem annyira kifejezett, csak abban az esetben, ha a két kisebb, 40 és 80 kg/ha adagot viszonyítjuk a két magasabb, 120 és 160 kg/ha műtrágyaadaghoz.

Az összevont káliumkezeléseket a nitrogénadagok átlagában, azok átlagait vizsgálva a következőket tapasztaltuk. Az első évben a kezelések közötti különbségek minimálisak, de a tendencia az adagok növekedése és a káliumhozam alakulása között igazolható. A második évben a műtrágyaadagok emelkedésével 40 kg-tól a 160 kg/ha mennyiségig párhuzamosan a káliumhozamok emelkedését vonta maga után. A kezelések közti különbségek itt már magasabbak. A harmadik évben a hozamok nagysága csökkent, de a növekedés tendenciája jól kivehető. A kezelések közti különbség kisebb az előző évinél.

A trágyázás hatásának egyik legfontosabb mutatója a tápanyag-hasznosulás. A három év adatai alapján a kísérleti részben ismertetett módon elkészítettük a kísérlet tápanyagmérlegét, amit a 7. táblázatban mutatunk be. A tápanyagonkénti tápanyag-hasznosulást vizsgálva; a nitrogén esetében a 40 kg/ha dózis esetén 30,9% és 48,3% közt, a 80 kg/ha dózisonál 12,6% és 29,7% közt a 120 kg/ha dózisonál 15,2% és 25,0% közt és a 160 kg/ha dózisonál 10,8% és 15,3% között alakult. A káliumműtrágyaadag hatása a nitrogén hasznosulásában nem kifejezett, az egyes nitrogénszinteknél más-más adag biztosította a jobb érvényesülést. A foszforműtrágya érvényesülése a tápanyagmérleg alapján az egységesen adott 50 kg/ha P-adagnál a különböző nitrogén- és káliummű-

7. táblázat  
Tápanyagmérleg (1968-1970)

(1) Kezelés	Nitrogén				Foszfor			
	(2) Adott	(3) Kivont	(4) Többlet	(5) Hasznosulás %	(2) Adott	(3) Kivont	(4) Többlet	(5) Hasznosulás %
	N kg/ha			%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha			%
∅	—	159,6	—		—	—	82,7	
1.	120	196,6	37,0	30,9	150	115,1	32,4	21,5
2.	120	210,3	50,7	42,3	150	112,5	29,8	19,9
3.	120	217,5	57,9	48,3	150	118,1	35,4	23,6
4.	120	215,3	55,7	46,5	150	125,3	42,6	28,4
5.	240	189,5	29,9	12,6	150	102,0	19,3	12,9
6.	240	217,0	57,4	23,9	150	108,5	25,8	17,3
7.	240	222,7	63,1	26,3	150	115,1	32,4	21,6
8.	240	230,2	71,4	29,7	150	115,6	32,9	21,9
9.	360	229,7	70,1	19,5	150	110,0	27,3	18,2
10.	360	214,3	54,7	15,2	150	99,7	16,7	11,1
11.	360	240,0	80,4	22,3	150	130,2	47,5	31,6
12.	360	249,5	89,9	25,0	150	125,4	42,7	28,5
13.	480	231,3	71,7	14,9	150	120,1	37,4	24,9
14.	480	211,4	51,8	10,8	150	110,1	27,4	18,3
15.	480	227,3	67,7	14,1	150	107,0	24,3	16,2
16.	480	233,1	73,5	15,3	150	116,4	33,7	22,4

(1) Kezelés	Kálium			
	(2) Adott	(3) Kivont	(4) Többlet	(5) Hasznosulás %
	K <sub>2</sub> O kg/ha			%
∅	—	123,0	—	
1.	120	146,0	23,0	19,2
2.	240	159,6	36,6	15,3
3.	360	163,1	40,1	11,1
4.	480	163,6	40,6	8,9
5.	120	146,9	23,9	19,9
6.	240	170,7	47,7	19,9
7.	360	161,9	38,9	10,8
8.	480	168,2	45,2	9,4
9.	120	160,5	37,5	31,3
10.	240	155,9	32,9	13,7
11.	360	181,9	58,9	16,3
12.	480	180,2	57,2	11,9
13.	120	178,0	55,0	45,7
14.	240	162,8	39,8	16,5
15.	360	171,6	48,6	13,5
16.	480	181,4	58,4	12,2

trágya-kezelési kombinációk hatására 11,1% és a maximális 31,6% nagyságok között helyezkedett el. A legjobb érvényesülést a N<sub>120</sub>P<sub>50</sub>K<sub>120</sub> kezelésnél kaptuk. A nitrogén- és káliumműtrágyák hatása a foszfor érvényesülésében az egyes szinteken belül váltakozott, tendenciát megállapítani nem lehetett.

A tápanyagmérleg szerint a kálium érvényesülése a kezelésekben használt különböző adagok esetében a következő nagyságok között váltakozott: 40 kg/ha adagnál 19,2% és 45,7% között, 80 kg/ha adagnál 13,7% és 19,9% között, 120 kg/ha adagnál 10,8% és 16,3% között és a legmagasabb 160 kg/ha adagnál 8,9% és 12,2% között a különböző adagú nitrogéntrágyázások hatására. Az egyes szinteken belüli eltérések az adagok emelkedésével fokozatosan csökkennek. Az érvényesülés mértéke az adagok emelkedésével természetesen csökken, de a csökkenés mértéke kisebb az adagok emelkedési mértékénél.

### Következtetések

A kísérlet eredményei alapján az adott természeti és termesztési viszonyok mellett a következő főbb megállapításokat tehetjük.

1. A nitrogén-műtrágyázás egy alacsony szintű 40 kg/ha N szinthez viszonyítva a kukoricaszem nitrogén- és nyersfehérje-tartalmát szignifikánsan növelte.

2. A kukoricaszemnél a második évtől kezdődően a nagyobb, 80-120 és 160 kg/ha N-adagok között is szignifikáns nitrogéntartalom-növekedést kapunk.

3. A kukoricaszem foszfortartalma alakulását a 40—160 kg/ha mennyiségben alkalmazott nitrogén- és kálium-műtrágyázás szignifikáns mértékben nem befolyásolja, jelentősebb az évek közti különbség.

4. A kukoricaszem káliumtartalma a kálium-műtrágyázás hatására kismértékben növekszik, mértéke csak egy évben biztosított szignifikáns növekedést a kisadagú 40 kg K/ha szinthez viszonyítva.

A nitrogén érvényesülése a műtrágya-adagok növekedésével 40-től 160 kg/ha mennyiségig 48,3% és 10,8% között alakul. A csökkenés az adagok emelkedésével párhuzamos, de mértéke a műtrágya-adagok emelkedésével mérséklődik.

A foszfor érvényesülése 50 kg/ha P-adagú műtrágyázásnál a nitrogén- és káliumműtrágyák hatására 11,1%-ról 31,6%-ra emelkedik.

A kálium érvényesülése a műtrágya-adagok emelkedésével csökken, mértéke 45,7% és 8,9% között alakul.

### Összefoglalás

A Duna—Tisza közén erősen meszes homoktalajon 1968—1970 években kukorica jelzőnövénnyel folytatott szabadföldi kísérlet termésének kémiai analízise alapján vizsgáltuk a műtrágyázás hatását a kukoricaszem nitrogén-, nyersfehérje-, foszfor- és káliumtartalmának változására.

A kémiai analízis adatai és a terméseredmények alapján tápanyagmérleget készítettünk, kiszámítottuk a tápanyagok érvényesülését.

A kukoricaszem nitrogéntartalma a három év átlagában 1,37% és 1,54% közötti nagyságokat ért el. A nitrogén-műtrágyázás hatására a 40 kg/ha N szinthez viszonyítva minden évben szignifikáns növekedést tapasztaltunk a szem nitrogéntartalmában. A szem foszfortartalma egységes 50 kg/ha P adagnál a nitrogén és káliumműtrágya-kezelések eredményeképpen 0,71% és 0,93% között alakult. Szignifikáns különbségeket egyik évben sem kaptunk.

A szem káliumtartalma a kezelések hatására átlagosan 0,46%-ról 0,55%-ig emelkedett. A 40 kg/ha K szintű műtrágyázáshoz viszonyítva szignifikáns káliumtartalom-növekedést a szemben csak az egyik évben kaptunk.

Az elkészített tápanyagmérleg alapján a tápanyagok érvényesülése a következő mértéket érte el. A nitrogénnél a műtrágya-adag 40 kg/ha-ról 160 kg/ha-ra történt emelésével az érvényesülés 48,3%-ról 10,8%-ra csökkent. A káliumnál a nitrogénnel azonos műtrágya-adagok használatánál az érvényesülés 45,7%-ról 8,9%-ra esett vissza. A foszfor esetében egységes 50 kg/ha P-adag használata mellett a nitrogén- és káliumműtrágya-kezelések hatására 11,1% és 31,6% közötti nagyságot ért el az érvényesülés. A nitrogén és a kálium érvényesülésénél a műtrágya-adag 40 kg/ha-ról 160 kg/ha-ra történő emelésével az érvényesülés mértéke párhuzamosan csökkent. A csökkenés mértéke viszont az adagok emelkedésével mérséklődött.

### Irodalom

- [1] AMEJEIRAS, M. et al.: Experiencias con fertilizantes en suelos Gallegos. An. Edafol. Fisiol. veg. **22**. 139—146. 1963.
- [2] ANDERSON, R. C.: Nitrogen effects on corn. Agric. Chemic. **14**. (6) 125—127. 1959.
- [3] ANDERSON, P. N. & PETERSON, G. A.: Effects of continuous corn (*Zea mais*) manuring and nitrogen fertilization on yield and protein content of the grain and the soil nitrogen content. Agron. J. **65**. 697—700. 1973.
- [4] BARTFAY, T.-né: Hazai kukorica fajták fehérjéinek értékelése. Agrokémia és Talajtan **10**. 111—118. 1961.
- [5] DINCA, G. & TBARANU, T.: Influenta sistemului de ingesare si a rotatei asupra indicilor agrochimici i solului si compozitei chimice la grin si porumb pe solul brun roscot de padure. An. Inst. Cerc. Plante Techn. Fund. Ser. Bucuresti. **35**. 153—160. 1969.
- [6] GYÖRFFY, B.: Különböző tényezők együttes hatásának vizsgálata a kukorica termésére. Kukoricatermesztési Kísérletek 1958—1960. 58—60. Akad. Kiadó. Bp. 1962.
- [7] HUNTER, A. S. & YUNGEN, J. A.: The influence of variations in fertility levels upon the yield and protein content of field corn in Caster Oregon. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **19**. 214—218. 1955.
- [8] HUSSIEN, T. A.: Tenyésztésterület-trágyázási kísérletek gabonafélék után. Kukorica-termesztési Kísérletek 1965—1968. 318—323. Akad. Kiadó. Bp. 1969.
- [9] KALINKEVICS, A. F. & UDOVENKO, G. B.: Vlijanie kalijnüh udobrenij na kacsesztvo kukuruznogo korma. Kukuruza. **4**. (1) 45—46. 1959.
- [10] KASTORI, R.: Dejstvo kalijumovog djubriva na prinos kukuruza. Savremena Poljoprivreda, Novi Sad. **12**. 535—543. 1964.
- [11] KRÁMER, M. & LATKOVICS, GY.-né: Az őszi búza és a kukorica-műtrágyázás hatásának vizsgálata tartamkísérletben. (1960—1967.) II. A kísérleti eredmények értékelése másodfokú polinomokkal. Agrokémia és Talajtan **20**. 303—323. 1971.
- [12] KUDZIN, JU. K. & GUPALO, N. S.: Vlijanie na produktivnoszt' kukuruznogo rasztenija v uszlovij besszmennoj kulturü. Udobrenije i urozsaj. **7**. 13—19. 1959.
- [13] LÁSZTITY, B.: Az NK műtrágyázás hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövénnyel meszes homoktalajon. Agrokémia és Talajtan **23**. 407—418. 1974.
- [14] LATKOVICS, GY.-né: Adatok a kukorica műtrágyázásához. MTA. Agrártud. Oszt. Közlem. **22**. 19—26. 1963.
- [15] SAUBERLICH, H. E. et al.: The amino acid and protein content of corn as related to variety and nitrogen fertilization. J. Nutr. **51**. 241—250. 1953.

*Érkezett: 1975. február 17.*

## Change in the NPK Content of Maize Grains and Recovery of Fertilizers on a Calcareous Sandy Soil

B. LÁSZTITY

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

### Summary

During the years 1968—1970 small plot field trials were conducted to study the effect of NPK on maize and the apparent recovery of nutrients on a highly calcareous sandy soil of the Danube—Tisza interfluvial region. The treatments included the application of a uniform amount (50 kg/ha) of  $P_2O_5$  and 40—80—120—160 kg/ha N and K, respectively.

The N-, crude protein-, P- and K contents of grain samples were determined to reveal the changes induced by the treatments.

The N content of the grain amounted to 1.37—1.54% in the average of 3 years. As compared to the results obtained with the lowest N rate (40 kg N/ha), in each year a statistically significant increase could be observed in the N content of the grains due to N fertilizing.

In the case of uniform P fertilizing — but with different N and K rates — the  $P_2O_5$  content of the grains varied between 0.71 and 0.93%. Though the results of the subsequent years differed considerably, no significant differences were observed due to the effect of the treatments.

It was only in one year that — as compared to the results achieved with the lowest K rate (40 kg K/ha) — the  $K_2O$  content of the grains (0.46—0.55%) increased significantly due to higher K rates.

According to the calculated nutrient balance, the recovery of fertilizers was as follows: with increasing N and K doses (40—160 kg/ha) there was a decrease, namely from 48.3 to 10.8% in the N-, and from 45.7 to 8.9% in the K contents.

In the case of the uniform 50 kg/ha P rates, the recovery of P varied between 11.1 and 31.6%, depending on the applied N and K amounts.

With increasing fertilizer rates (from 40 to 160 kg/ha) the recovery of N and K decreased; the degree of decrease, however, became lower with higher fertilizer doses.

*Table 1.* Changes in the N content of grains and deviations from the 3 years' average. (1) Treatments. (2) Average of 3 years.

*Table 2.* Changes in the P content of grains and deviations from the 3 years' average. Captions: see Table 1.

*Table 3.* Changes in the K content of grains and deviations from the 3 years' average. Captions: see Table 1.

*Table 4.* Changes in the N and crude protein contents of grains in the average of the K treatments. (1) Treatment. (2) Crude protein.

*Table 5.* K content of grains in the average of the N treatments. (1) Treatments. (2) Average of 3 years.

*Table 6.* Nutrient amounts extracted by the total yields. Captions: see Table 5.

*Table 7.* Nutrient balance (1968—1970). (1) Treatment. Nutrients (2) added and (3) extracted. (4) Difference, kg/ha. (5) Recovery, %.

## Änderungen im NPK-Gehalt von Maiskorn und die Ausnutzung von Mineraldüngern auf kalkhaltigem Sandboden

B. LÁSZTITY

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

### Zusammenfassung

Im Zwischenstromland von Donau und Theiss wurden auf stark kalkhaltigem Sandboden in den Jahren 1968–1970 Kleinparzellenversuche mit Mais als Testpflanze durchgeführt. Neben einer einheitlichen Düngung von 50 kg  $P_2O_5$ /ha wurden Varianten mit 40–80–120–160 kg/ha Stickstoff bzw. Kalium angewendet.

Aus den Maiskornproben wurde der Stickstoff-, Rohprotein-, Phosphor- und Kaliumgehalt bestimmt um den Einfluss der Düngung bzw. die Ausnutzung der Düngernährstoffe beurteilen zu können.

Der Stickstoffgehalt der Körner betrug im Durchschnitt der drei Versuchsjahre 1,37–1,54%. Verglichen mit den Ergebnissen der 40 kg N/ha Variante erzielte die N-Düngung in jedem Versuchsjahr und in allen Varianten einen statistisch gesicherten Anstieg im Stickstoffgehalt der Körner. Trotz der einheitlichen P-Düngung lag der  $P_2O_5$ -Gehalt der Körner zwischen 0,71 und 0,93%, was auf die Einwirkung der verschiedenen N- und K-Düngergaben zurückzuführen ist. Die Ergebnisse sind in den einzelnen Jahren recht unterschiedlich, aber die unter den Varianten bestehenden Differenzen waren in keinem der Versuchsjahre signifikant. Der  $K_2O$ -Gehalt der Körner betrug 0,46–0,55%. Die Kaliumdüngung erhöhte den K-Gehalt der Körner nur in einem einzigen Versuchsjahr signifikant (Ausgangswert: Variante 40 kg K/ha).

Die Ausnutzung der Düngernährstoffe gestaltete sich aufgrund der Nährstoffbilanz folgendermassen: bei Stickstoff und Kalium nahm sie mit den ansteigenden Düngergaben ab, und zwar von 48,3% bis 10,8% im Falle des Stickstoffes, und von 45,7% bis 8,9% im Falle des Kaliums. Bei Phosphor betrug sie in Abhängigkeit von der angewendeten Stickstoff- und Kalidüngung 11,1–31,6%. Die Abnahme der Ausnutzung bei der Staffelung der N- und K-Gaben wurde aber parallel mit dem Anstieg immer geringerer.

Tab. 1. Änderungen im Stickstoffgehalt der Maiskörner und Abweichungen vom Mittel der drei Versuchsjahre (1) Variante. (2) Mittel der drei Versuchsjahre.

Tab. 2. Änderungen im Phosphorgehalt der Maiskörner und Abweichungen vom Mittel der drei Versuchsjahre. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

Tab. 3. Änderungen im Kaliumgehalt der Maiskörner und Abweichungen vom Mittel der drei Versuchsjahre. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

Tab. 4. Änderungen des Stickstoff- bzw. Rohproteingehaltes der Maiskörner im Mittel der Kalivarianten. (1) Variante. (2) Rohprotein.

Tab. 5. Änderungen des Kaliumgehaltes der Maiskörner im Mittel der Stickstoffvarianten. (1) Variante. (2) Mittel der drei Versuchsjahre.

Tab. 6. Die durch den gesamten Ertrag aufgenommene Nährstoffmenge in den Varianten. Bezeichnungen s. unter Tab. 5.

Tab. 7. Nährstoffbilanz (1968–70). (1) Variante. (2) Gegeben. (3) Aufgenommen. (4) Differenz kg/ha. (5) Ausnutzung, %.

## Изменение содержания NPK в зерне кукурузы и эффективность минеральных удобрений на карбонатных песчаных почвах

Б. ЛАСТИТЬ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии ВАН, Будапешт

### Резюме

В Междуречье Дуная и Тиссы на слабо карбонатных песчаных почвах в 1968—1970 годах продолжали мелкоделяночные опыты по внесению минеральных удобрений под кукурузу. В вариантах, наряду с внесением 50 кг/га фосфора, вносили 48—80—120 и 160 кг/га действующих начал азота и калия.

На основе химического состава урожая изучали влияние внесения минеральных удобрений на изменение содержания азота, сырого протеина, фосфора и калия в зерне кукурузы. На основе результатов химического анализа и урожайных данных определили баланс питательных веществ и вычислили усвоение отдельных питательных элементов.

Содержание азота в зерне кукурузы в среднем за три года опытов достигло величины 1,37% и 1,54%. Под влиянием внесения азотных минеральных удобрений получили достоверное увеличение содержания азота в зерне по сравнению с дозой в 40 кг/га. Содержание фосфора в зерне при единообразном внесении фосфора изменялось в зависимости от различных доз внесения азота и калия от 0,71% до 0,93%-ов. Разницы между отдельными годами были значительными, но под влиянием вариантов ни в одном из годов не получили достоверных различий.

Под влиянием вариантов содержание калия в зерне изменялось в пределах от 0,46% до 0,55%-ов. Калийные минеральные удобрения, при сравнении с дозой внесения в 40 кг/га, только в одном году опыта достоверно увеличили содержание калия в зерне.

По балансу питательных веществ усвоение питательных элементов было следующим: для азота при увеличении дозы от 40 кг/га до 160 кг/га усвоение снижалось с 48,8% до 10,8%; для калия, при тех же дозах, что и у азота, усвоение снижалось с 45,7 до 8,9%; в случае фосфора при его единообразном внесении в дозе 50 кг/га, в зависимости от доз азотных и калийных минеральных удобрений, усвоение было в пределах между 11,1 и 31,6%.

Усвоение азота и калия снижалось параллельно увеличению доз от 40 кг/га до 160 кг/га действующих начал. Величина снижения постепенно становилась умеренной с увеличением доз внесения минеральных удобрений.

*Табл. 1.* Изменение содержания азота в зерне кукурузы и расхождение со средними трехлетними величинами. (1) Варианты. (3) Средние трехлетние данные.

*Табл. 2.* Изменение содержания фосфора в зерне кукурузы и расхождение со средними трехлетними данными. Обозначение смотри в таблице № 1.

*Табл. 3.* Изменение содержания калия в зерне кукурузы и расхождение со средними трехлетними данными. Обозначения смотри в таблице № 1.

*Табл. 4.* Изменение содержания азота и сырого протеина в зерне кукурузы в среднем по вариантам внесения калия. (1) Вариант. (2) Сырой протеин.

*Табл. 5.* Формирование содержания калия в зерне кукурузы в среднем по вариантам с внесением азота. (1) Вариант. (2) Средние трехлетние данные.

*Табл. 6.* Количество питательных элементов, вынесенных общим урожаем в обобщенных вариантах. Обозначения смотри в таблице № 5.

*Табл. 7.* Баланс питательных веществ (1968—1970). (1) Вариант. (2) Внесенные питательные элементы. (3) Вынесенные урожаем. (4) Прибавка кг/га. (5) Процент усвоения.