

## A növények ásványi táplálkozása és a transzspiráció kapcsolata

DEBRECZENI BÉLA és DEBRECZENI BÉLÁNÉ

*Agrártudományi Egyetem  
Mezőgazdasági Kémiai Tanszék, Gödöllő*

Kutatómunkánk célját a fontosabb szántóföldi növények víz- és ásványi anyagfelvétele, valamint víz- és tápanyagellátása közötti bonyolult kölcsönhatások sokoldalú vizsgálata képezte, eltérő időjárási és talajviszonyok esetén. Fő kérdésünk mindig az volt, hogy melyek és milyen természetűek az összefüggések és kölcsönhatások a növények víz- és NPK-felvételében, hasznosulásában és hatékonyságában a talaj termékenységétől függően. Olyan összefüggések felismerése volt a cél, melyek bizonyos határok között általános érvényűek lehetnek és mint ilyenek, hozzájárulhatnak egyrészt agrokémiai, növényélettani, másrészt öntözéses növénytermesztési ismereteink bővítéséhez és felhasználhatók technológiák kidolgozásához.

Jelen tanulmányunkban a gyökéren keresztüli víz- és ionfelvétel összefüggéseit emeljük ki, konkrétan a transzspiráció jelentőségét, a tápanyagfelvételben betöltött esetleges szerepét vizsgáljuk meg, irodalmi és kísérleti eredményeink alapján. E két fiziológiai folyamat összefüggéseit évtizedek óta vizsgálják és vitatják, hol egyik, hol másik nézet kapott nagyobb elismerést és még ma sem zárható le minden részlete megnyugtatóan.

Már TIMIRJAZEV is azt vallotta (PETERBURGSZKIJ [12]), hogy a transzspiráció és a gyökerek ionfelvétele részben összefüggő, de mégis különálló élettani folyamat. Ezt a nézetet azóta is többen megerősítik, OBERLÄNDER [11] is, aki érveléseit alátámasztja STEVARD, LUNDEGÄRDH és HOAGLAND kutatási eredményeivel és amely bővíthető SZABINYIN, PRJANYISNYIKOV és mások megállapításaival az ionok aktív felvételének vizsgálati köréből. BOLT [3] szerint a talaj vízellátása és a transzspiráció csak annyiban befolyásolja az ionfelvételt, amennyiben az ionellátást a transzspirációs áram befolyásolja.

A gyökerekig történő tömegáramlásnak főleg a Ca, Mg, Na esetében van jelentősége, kisebb mértékben a kálium és foszfátionoknál, ahol a diffúzió mechanizmusa a jelentősebb (BARBER [1], BARBER és MEDERSKI [2]).

A transzspiráció és az ionfelvétel önálló funkcióis tevékenységére utal az is, hogy vízhiány esetén az alacsony transzspirációnál a növények ásványi ion ellátása nem feltétlenül hiányos (SZALAY [13], FRENYÓ [10], SUTCLIFFE [4]).

A kérdés önálló vizsgálata gyakorlati szempontból is indokolt. Ugyanis az öntözéses növénytermesztés tápanyag-utánpótlásának növényélettani-elméleti alapját a növények tápanyag- és vízfelvétele képezi és így szükséges ezen folyamatok és kapcsolatok alapos ismerete. Ma gyakran hallani utalást e kapcsolatra olyan értelemben, hogy „öntözés esetén javul a növények tápanyagfelvétele” — ami pontatlan, ha alatta a felvétel mechanizmusát értik, mert ilyenkor a valóságban csak a táplálkozási viszonyok javulnak meg azáltal,

hogy nagyobb mennyiségű oldott tápanyag lesz jelen. Igaz, bizonyos körülmények között a transzspiráció közvetlenül is befolyásolja egyes tápanyagok felvételét. Végül e problémakör tanulmányozását az a tény is indokolja, miszerint a tápanyag- és vízfelvétel fontos alapját képezi a tápanyag- és vízellátás összefüggéseinek, ami viszont alapja az öntözés és műtrágyázás kölcsönhatásának.

Összefoglalva megállapítható, hogy a növények transzspirációja és a gyökéren keresztüli tápanyag-felvétele között nincsen egyenes összefüggés. E két folyamatot nem lehet egyetlen és alapvető mechanizmusnak tekinteni. Mindkettő főleg az anyagcsere és a biológiai oxidáció (légzés) során felszabaduló energia felhasználásával kiváltott aktív élettani funkció.

### Vizsgálati anyag és módszer

A növények által elpárologtatott víz, a kivont összes tápanyagmennyiség, valamint a felhalmozódott összes száraz anyag produktum között nyilvánvalóan lineáris összefüggés áll fenn. Ez azonban nem von maga után lineáris kapcsolatot a víz- és tápanyagfelvétel mechanizmusában. Milyen mutatóval jellemezhető ez a két fiziológiai folyamat kapcsolata? A felvett összes víz- és a felvett összes tápanyag mennyiségek kapcsolatára az egységnyi eltranszspirált vízre jutó felvett összes nitrogén vagy más tápanyag mennyiségéből következtetünk oly módon, hogy egyidejűleg összevetjük ezen adatokat az összes és az egységnyi termésre eső vízfogyasztás adataival.

Az egységnyi száraz anyag létrehozásához felhasznált víz mennyisége vagyis a transzspirációs együttható és az összes szárazanyag-hozam között is szoros, de fordított összefüggés áll fenn.

Ezen konkrét kutatási célkitűzések vizsgálatára a tenyészedény kísérletezés módszerének „talajkultúrás” kísérleti változata mutatkozott legmegfelelőbbnek. Kísérleteink nagy részében zárt aljú zománcozott és műanyag edényeket használtunk, amelyekbe 5—8 kg átszitált száraz talajt helyeztünk. A kísérlet céljától függően a talaj nedvességtartalmát a víztartalom és a maximális vízkapacitás (VK %) ismeretében úgy állapítottuk meg, hogy annak bizonyos hányadát (rendszerint a 40 és a 70%-át) biztosítottuk a tenyészidő folyamán naponkénti súlyméréssel.

Tenyészedény kísérleteinkben a növények (zab, őszi búza, kukorica) vízfogyasztását naponként követtük nyomon súly szerinti öntözéssel, majd végül megállapítottuk az összes vízfogyasztást, vagyis az evapotranszspirációt (ET) és külön a növények vízfogyasztását, vagyis a transzspirációs-víz mennyiségét. Ez utóbbi adatok lehető legpontosabb megismerése, ill. számítása igen fontos volt a víz- és tápanyagfelvétel kapcsolatának vizsgálatához. Ennek érdekében minden évben — talajtípusonként és a beállított talajnedvességi állapotoknak megfelelően — mértük a talajfelszín evaporációját is rendszeres súlyméréssel, ügyelve a felszín változó mértékű árnyékolására.

A tenyészidő folyamán eltranszspirált víz adataiból (ET-evaporáció) ábrázolható a vízfelvétel dinamikája, kiszámítható a transzspiráció együtthatója és produktivitása a talajtípus, a nedvesség és a tápanyagállapot (műtrágyázása) függvényében.

A növények tápanyag-felvételének megismerése céljából meghatároztuk a növényi részek szárazanyag-súlyát (105 °C-on szárítva) mind a fejlődés folya-



mán, mind a kísérlet végén. A kémiai elemzéseket rendszerint fontosabb növényi részenként végeztük. Az összes N-, P- és K-tartalmat Kjeldahl-féle fel-tárársból (cc.  $H_2SO_4 + H_2O_2$ ) határoztuk meg, az ammóniát NaOH-dal felszabadítva Parnass–Wagner készülékben, a foszfort Photo-Rex eljárással Spektromom-360 fotométerrel és a káliumot Zeiss-féle lángfotométerrel.

A növények szárazanyag-súlyának, kémiai elemzéseinek és vízforgalmá-nak adatait, valamint az ezekből eredő számítások alapadatait az ATE Számí-tóközpontjában egy 3 tényezős variancia elemzés programja szerint TAMÁSI J-né irányításával dolgoztuk fel. A variancia elemzés rendszerint szignifikáns fő- és kölcsönhatást mutatott.

#### *A kísérletek csoportosítása:*

##### *I. Kísérlet. Jelzőnövény: zab.*

###### Tényezők:

- A) talajtípus: szolonyeces réti talaj, öntés réti talaj, homokos réti cser-nozjom, barna erdőtalaj.
- B) vízellátás: 2 szinten (a VK 40 és 70%-ának megfelelő talajnedvesség).
- C) műtrágyázás: 4 szinten ( $\emptyset$  1 NPK, 2 NPK, 3 NPK, 0,3 – 0,6 – 0,9 g N,  $P_2O_5$  és  $K_2O$  (edény tápanyagoként).

##### *II. Kísérlet. Jelzőnövény: zab.*

###### Tényezők:

- A) talajtípus: szolonyeces réti talaj, homokos réti csernozjom, barna erdőtalaj, ill csernozjom).
- B) vízellátás: 2 szinten (mint I. kísérlet)
- C) műtrágyázás: 12 szinten (N-hatásgörbe:  $N_1 - 0,25$ ,  $N_2 - 0,5$ ,  $N_3 - 0,75$  g N,  $P_0, P - 0,4$  g  $P_2O_5$  és  $P+K - 0,5$  g  $K_2O$  /edény ala-pon).

##### *III. Kísérlet: Jelzőnövények: őszi búza és kukorica.*

Talaj: réti talaj és homok (1 : 0,25) keveréke.

###### Tényezők:

- A) vízellátás: 2 szinten (mint I. kísérlet)
- B) műtrágyázás: 5 kezelés ( $\emptyset$ , N, PK, NP, NPK; 1,0 g N/1,2 g N – kukoricánál), 1,0 g  $P_2O_5$ , 1,2 g  $K_2O$ /edény.

A kísérleteket az 1965–68 években Szarvason az Öntözési Kutató Intézetben végeztük. A növényi minták kémiai feldolgozása 1972-ben az ATE Mezőgazdaság Kémiai Tanszékén fejeződött be.

### Vizsgálati eredmények

Az ásványi tápanyagok és a vízfelvétel kapcsolatának tanulmányozásá-hoz előzetesen ismerni kellett e két élettani folyamatot és hatásukat a növények szárazanyag-felhalmozódására. Korábbi tanulmányainkban már jórészt tár-

gyaltuk, — a jelenlegi dolgozatban is szereplő — kísérleteink említett vonatkozásait (DEBRECZENI és DEBRECZENINÉ [4], DEBRECZENI és FERENCZ [5], DEBRECZENINÉ [8, 9], DEBRECZENI [6, 7]).

Jelen tanulmányunkban a zab, az őszi búza és a kukorica transzspirációja és ásványi tápanyagfelvétele közötti kapcsolatot vizsgáljuk meg. Milyen mutatóval jellemezhető ez a kapcsolat? Természetesen elsősorban az ion- és vízfelvétel mechanizmusát vizsgáló fiziológiai módszerek (sejtélettani mérések, csíranövények, vízkulturás eljárás stb.) nyújtanak megbízható támpontot. Mi ehhez hasonló közvetlen élettani jellegű méréseket nem végeztünk. Úgy véljük, hogy a növények által felvett összes N vagy más ásványi anyag és a növény által elpárologtatott összes vízmennyiség, — amelyek jól mérhetők és számíthatók — megfelelő értékelés esetén jól tájékoztatnak e két fiziológiai folyamat kapcsolatáról. A növények összes vízfogyasztása, valamint kivont tápanyagtartalma közvetlenül a növények tömegének vagyis száraz anyag mennyiségének és relatív tápanyagtartalmának függvénye, ez utóbbiak viszont a talaj víz- és tápanyag-ellátásától függnék. Ily módon a vízfogyasztás és a tápanyagtartalom között közvetlen kapcsolat kereshető. Az összes eltranszspirált víz, a kivont összes tápanyag, valamint a felhalmozódott összes száraz anyag közötti lineáris összefüggés, — minden bizonyítás nélkül is logikus következmény.

Ugyanakkor az egységnyi termés létrehozásához felhasznált víz mennyisége, vagyis a transzspirációs koefficiens és az összes száraz anyag között is szoros, de fordított összefüggés áll fenn. Tehát minél több a létrehozott szárazanyag-produktum, annál kisebb a transzspirációs együttható. Kísérleteink mindegyikében bizonyítást nyert, hogy a megfelelő tápanyagellátás — ha annak hatékonysága természetöbbltetben is mutatkozik — a növények gazdaságosabb vízfelhasználását vonja maga után. Ezt a következőkben közölt táblázatok transzspirációs együtthatói jól jelzik.

Ily módon a víz- és ásványi tápanyagok felvételében meglevő összefüggés-re, vagyis a felvett összes víz- és a felvett összes tápanyagmennyiségek kapcsolatára az egységnyi eltranszspirált vízre jutó felvett összes nitrogén, vagy más tápanyagok mennyiségéből következtettünk oly módon, hogy egyidejűleg összevetjük ezen adatokat az összes- és egységnyi termésre eső vízfogyasztás adataival. Ezen összefüggésekre utal az előbbi érték fordítottja is, vagyis amikor az 1 mg felvett tápanyagra eső víz ml-t fejezzük ki.

#### *Zab kísérletek eredménye (I. és II. kísérletek)*

A növényvizsgálatok eredményeit — nemcsak a tápanyagtartalomra, hanem a vízfogyasztásra, a transzspirációs együtthatóra és a víz- és tápanyagfelvétel kapcsolatára vonatkozó adatokat is — egyaránt számítógépen, többtényezős variancia elemzéssel értékeltük. A részletes eredményeket itt nem ismertetjük, csak a fontosabb kettős kölcsönhatásokat emeltük ki (1. és 2. táblázat, 1. és 2. ábra).

Az 1. táblázatban az *I. kísérlet* két évét ismertetjük az A-tényező talaj-típus átlagában, vagyis a B×C kölcsönhatást, valamint a B-tényező vízellátás hatását és ezek szignifikanciáját. A két év adatai lényegesen eltérnek egymástól, ami főleg a transzspiráció eltérő intenzitásával, az elpárologtolt összes vízmennyiség különbségével magyarázható. A megtermelt összes száraz anyagban nem volt jelentős eltérés.



## I. táblázat

## Az ásványi tápanyagok és a vízfelvétel kapcsolata B×C kölcsönhatás alapján I. zab kísérletben

(1) Kezelések	(2) Transzspirációs		(3)		(4) I liter eltranszspirált vízre jutó tápanyag mg-ban					
	vízfogyasztás l/edény		koefficiens ml/g száraz- anyag		N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	(5) Talajnedvesség a vízkapacitás %-ában									
	40	70	40	70	40	70	40	70	40	70
<i>1967</i>										
Ø	3,92	11,75	225	292	62,1	34,5	16,1	14,2	101,2	51,3
1 NPK	3,46	15,15	192	305	98,2	40,0	21,6	16,7	146,0	67,8
2 NPK	3,47	16,08	172	287	107,9	48,5	30,9	18,1	182,7	71,2
3 NPK	3,38	16,16	162	267	113,3	54,2	32,5	19,2	175,7	78,4
SzD <sub>1</sub> %	0,35		14		4,4		1,2		6,9	
a) Átlag	3,47	14,44	185	282	93,8	45,6	24,3	16,6	146,7	70,2
SzD <sub>1</sub> %	0,16		6		2,0		0,6		3,1	
<i>1968</i>										
Ø	10,3	17,4	700	728	15,9	12,6	5,7	7,4	32,3	31,2
1 NPK	11,7	22,2	516	536	25,4	18,3	6,3	7,6	39,9	40,2
2 NPK	12,2	23,9	490	507	33,5	23,0	7,7	8,6	45,7	43,2
3 NPK	11,3	23,5	458	502	38,2	27,4	9,3	8,2	51,5	43,7
SzD <sub>1</sub> %	0,68		33		2,4		0,5		3,2	
a) Átlag	11,4	21,6	524	543	28,2	20,3	7,3	7,9	42,4	39,5
SzD <sub>1</sub> %	0,34		16		1,2		0,3		1,6	

A zab összes vízfogyasztása a trágyázás hatására csak jó vízellátásánál növekszik. A transzspirációs együttható azonban mindkét talajnedvességi szinten egyformán szignifikánsan csökken a növekvő műtrágyaadag hatására. Az egységnyi elpárolgott vízre jutó tápanyagok mennyisége minden esetben a műtrágyázás hatására nő, pedig a transzspirációs együttható csökken és ez a növekedés a szárazabb talajnedvesség állapotnál általában nagyobb mértékű, mint az optimális nedvességnél. Annak ellenére, hogy a növények optimális talajnedvesség ellátásának 1967-ben mintegy háromszorosát párologtatták el, mint szárazabb viszonyok között, a felvett tápanyagok mennyisége ehhez sem mennyiségben, sem arányaiban nem alkalmazkodott.

A három tápanyag egymástól való eltérése e tekintetben szintén fontos tény. Alapvető, hogy az 1 liter vízre jutó felvett nitrogén és kálium mennyisége jó vízellátás esetén mindkét évben kevesebbet, ugyanakkor a foszfor 1967-ben kevesebbet és 1968-ban valamivel többet mutatott, mint kedvezőtlenebb vízellátásnál.

A 2. táblázatban a II. kísérlet adatai egymáshoz lényegesen közelebb esnek, mint az előbbi kísérlet-sorozatban, vagyis kisebb volt az évjárat hatás. Ezekből levonható fontosabb következtetések megegyeznek az előbbi kísérletekből levontakkal. Külön utalunk arra, hogy a transzspirációs együtthatót csak N-műtrágyázással lehetett csökkenteni, mégpedig szárazabb talajviszo-

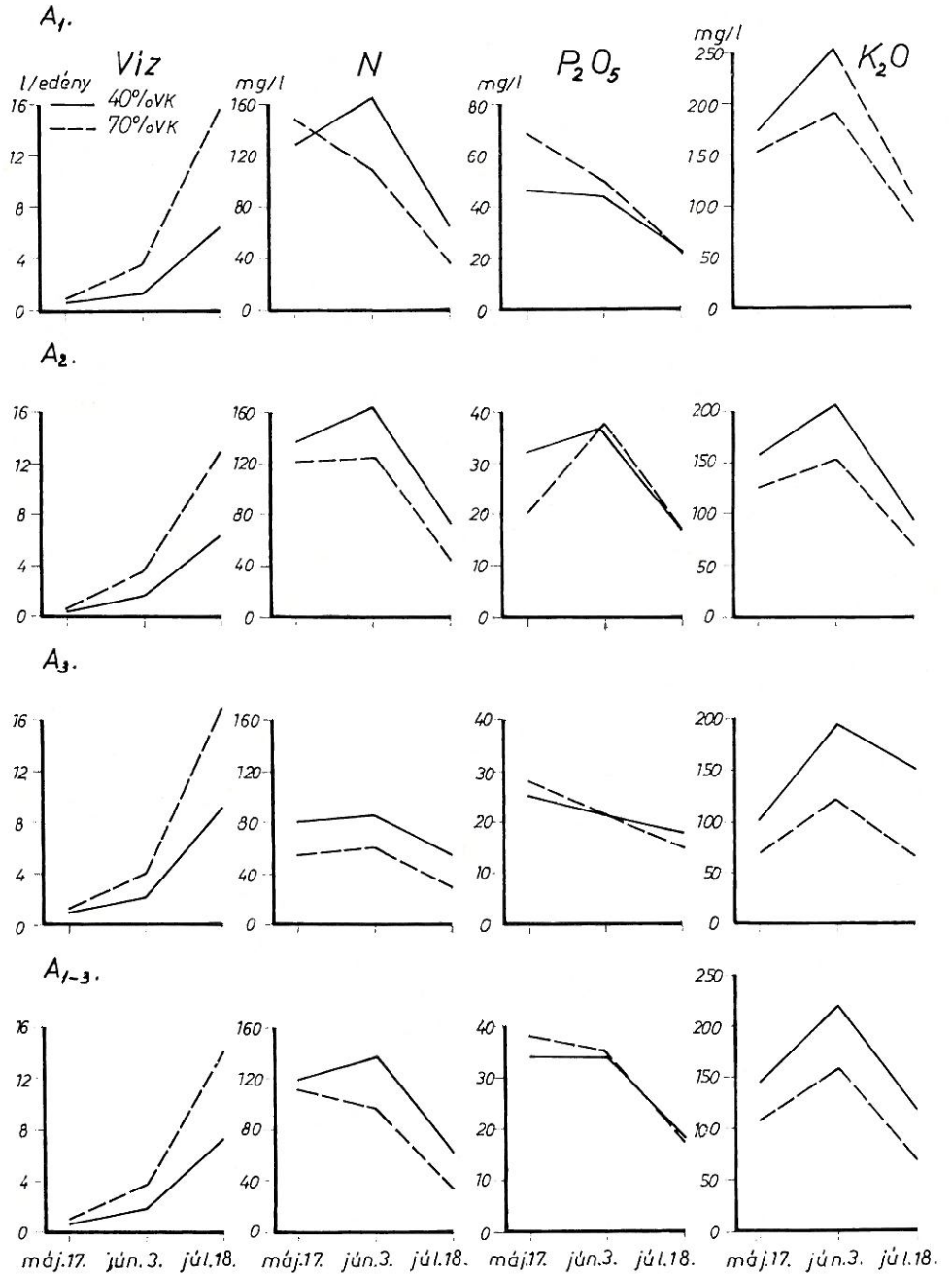
2. táblázat

A növény által elpárolgatott víz és a felvett ásványi tápanyagok kapcsolata  
B × C kölcsönhatás alapján a II. kísérletben (1967-68)

(1) Kezelések	(2) Transzspirációs		(3)		(4) I liter eltranszspirált vízre jutó tápanyag mg-ban							
	vízfogyasztás liter/edény	koefficiens ml/g száraz anyag	(5) Talajnedvesség a vízkapacitás %-ában				N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
			40	70	40	70	40	70	40	70	40	70
	<b>1967</b>											
∅	5,00	10,44	261	334	57,5	28,8	17,4	18,5	104,0	70,7		
N <sub>1</sub>	6,79	14,11	233	302	56,6	31,5	17,8	15,1	106,9	67,2		
N <sub>2</sub>	8,24	14,48	250	251	58,4	44,5	15,4	15,5	99,4	81,0		
N <sub>3</sub>	8,28	15,72	231	254	68,2	45,7	15,2	14,4	105,4	83,2		
P	7,29	9,98	280	346	38,2	28,3	21,1	23,8	86,9	63,2		
PN <sub>1</sub>	9,29	14,04	255	287	46,2	33,3	17,4	20,9	90,3	78,1		
PN <sub>2</sub>	10,04	16,32	247	251	58,0	38,5	18,7	19,5	96,8	80,2		
PN <sub>3</sub>	9,78	18,44	225	252	72,8	40,2	20,3	17,5	112,3	73,8		
PK	8,07	14,10	285	347	44,5	28,9	18,0	18,0	110,4	67,9		
PKN <sub>1</sub>	8,68	15,77	255	290	51,0	29,1	18,1	17,9	108,0	78,2		
PKN <sub>2</sub>	8,32	16,81	240	255	65,3	42,9	20,0	19,0	121,1	91,8		
PKN <sub>3</sub>	7,54	17,33	214	251	83,7	46,3	20,9	17,2	144,3	88,0		
a) SzD <sub>5</sub> %	0,35		16		3,3		1,5		6,2			
Átlag	8,11	14,79	248	285	58,4	36,5	18,4	18,1	107,2	76,9		
SzD <sub>1</sub> %	0,13		5		1,0		0,5		1,8			
<b>1968</b>												
∅	8,56	14,16	432	475	32,0	23,8	10,8	14,1	59,0	49,2		
N <sub>1</sub>	8,81	18,38	379	401	40,5	29,3	11,1	12,2	66,1	49,8		
N <sub>2</sub>	8,71	17,20	365	364	47,1	40,1	10,7	12,1	69,1	63,7		
N <sub>3</sub>	8,34	17,54	370	375	50,4	42,2	10,1	10,4	76,2	54,9		
P	8,83	14,57	414	476	34,0	26,0	11,4	17,2	57,9	50,4		
PN <sub>1</sub>	9,66	18,66	390	410	41,8	28,0	13,8	13,1	62,1	48,0		
PN <sub>2</sub>	9,78	17,13	368	384	48,1	39,8	11,9	13,7	62,8	57,3		
PN <sub>3</sub>	8,20	17,27	346	424	52,8	47,8	11,4	12,2	70,4	61,9		
PK	8,63	13,81	416	469	33,3	24,8	12,3	16,8	67,7	58,5		
PKN <sub>1</sub>	8,73	16,40	353	402	42,1	30,8	11,8	15,2	77,6	58,7		
PKN <sub>2</sub>	7,83	16,86	368	365	48,5	41,4	11,4	13,4	83,3	64,3		
PKN <sub>3</sub>	8,21	16,42	353	379	52,8	47,5	11,7	12,7	81,3	71,5		
SzD <sub>5</sub> %	0,67		31		2,6		0,8		4,2			
a) Átlag	8,69	16,53	380	410	43,6	25,1	11,5	13,6	69,5	57,3		
SzD <sub>1</sub> %	0,25		12		1,0		0,3		1,6			

nyok között a maximális (N<sub>3</sub>) adagig, jó nedvesség viszonyoknál N<sub>2</sub> szintig. Az 1 liter elpárolgott vízre számított felvett N és K, nitrogén műtrágyázásra fokozatosan nőtt, de a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nem változott. Mindkét év minden kezelése és átlaga is szignifikánsan jelzi, hogy bár a 70% VK-on termesztett növények által elhasznált víz kétszerese a 40%-osnak, mégis a N-ben és K-ban csökkenés, a P-ben változatlan állapot vagy kismértékű növekedés tapasztalható.

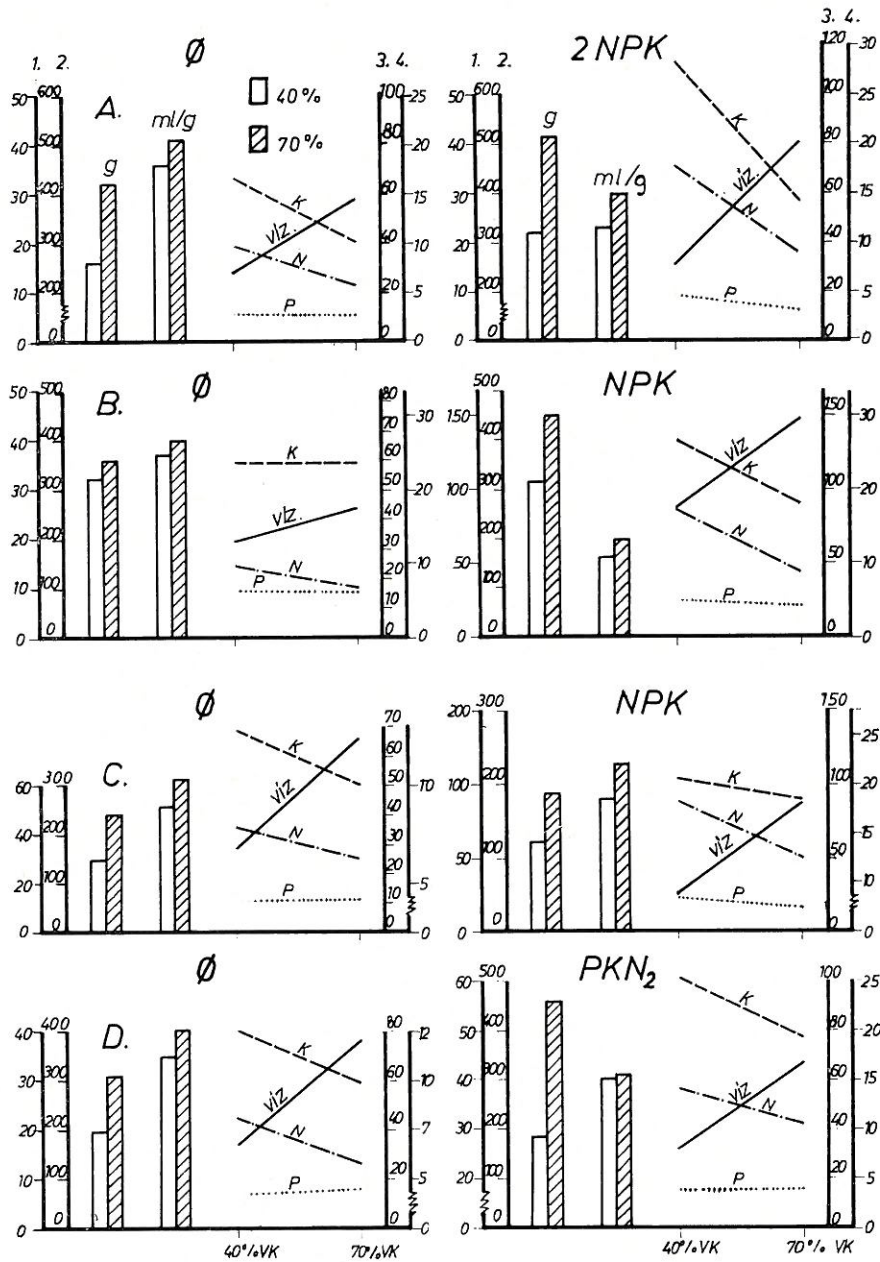
A víz és a három tápanyag felvételének kapcsolatát a zabnövény fejlődése során is vizsgáltuk a II. 1967. évi kísérlet adatai alapján (1. ábra). Az ábrát négy kezelés (∅, PKN<sub>1</sub>, PKN<sub>2</sub>, és PKN<sub>3</sub>) átlagában számított adatokból szer-



1. ábra

A tápanyag és vízfelvétel dinamikus kapcsolata, (1 liter eltranszspirált vízre jutó mg tápanyag alapján), II. zab kísérlet 1967. A<sub>1</sub>: Szolonyeces réti talaj. A<sub>2</sub>: Homokos réti csernozjom. A<sub>3</sub>: Karbonát maradványos barna erdőtalaj. A<sub>1-3</sub>: a talajok átlagában





2. ábra

A szárazanyag-felhalmozódás, a tápanyagok és víz felhasználás kapcsolatai. A: Zab, I. kísérlet 1967-68 átlaga. B: Kukorica, III. kísérlet 1965-66 átlaga. C: Őszi búza, III. kísérlet átlaga. D: Zab, II. kísérlet 1967-68 átlaga. Függőleges tengelyek: 1: szárazanyag-súly g/tenyeszedény. 2: transzspirációs együttható ml/g száraz anyag. 3: mg tápanyag/l liter eltranszspirált víz. 4: összes vízfogyasztás liter/tenyeszedény



kesztettük. Az utolsó mintavétel átlag adatainak  $SzD_{1\%}$ -értékei a 2. táblázatban találhatóak. Az ábra a növények halmozott vízfogyasztását mutatja, ami egy felfelé ívelő görbét ad, hiszen az első időpont (V. 11—17. között) egyhetes, a második időpont (V. 11—VI. 3. között) háromhetes, a harmadik időpont (V. 11—VII. 18. között) több mint kéthónapos időszakot jelentett. Ugyanakkor a tápanyagok felvételének üteme egységnyi eltranszspirált vízre számítva a szárbaindulásig (VI. 3.) követi az összes vízpárolgást, majd erősen lecsökken. Szembetűnő, hogy már a fejlődés kezdetén bokrosodáskor (V. 17.) is, a 70% VK-on termesztett növényben a N és K-tartalom kisebb, mint 40% VK-on, noha az összes vízfogyasztásban alig van eltérés. A későbbiek során a vízfogyasztásban észlelt differenciát ellentétesen követi a tápanyagfelvétel intenzitása. A foszfor felvételét a vízellátástól függően a kezdeti időszakban a talajtípus is befolyásolta.

A kedvezőbb vízellátás (a max. VK 70%-a), ill. vízfogyasztás relatív hatása a talajtípusok és a műtrágyázási kezelések átlagában, dinamizmusában vizsgálva a következő eredményekhez vezettek:

a 40% VK abszolút értékei = 100%

	Összes vízfogyasztás l/edény	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/liter	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/edény	K <sub>2</sub> O
		%					
V. 17.	137	92,5	111,0	80,0	118	141	103
VI. 3.	200	71,0	104,5	61,0	148	219	146
VII. 18.	204	57,2	96,8	61,6	123	195	143

E számok is azt mutatják, hogy a jó vízellátás növeli az összes vízfogyasztást és részben az összes kivont NPK mennyiségét, de az 1 literre számított felvett tápanyagok mennyiségét — a P kivételével — csökkenti, a kedvezőtlenebb talajnedvességhez (40% VK) képest, a fejlődési stádiumok előrehaladásával fokozódó mértékben.

#### *Őszi búza és kukorica III. kísérletek eredménye.*

Ezen növényekkel végzett tenyészedény kísérletek szintén lehetővé tették a zabhoz hasonló számítások elvégzését és értékelését (3. táblázat). Az *őszi búza* kísérlet minden adata a két évben nemcsak számszerűleg helyezkedik el közel egymáshoz, hanem a hatások tendenciájában is azonos. A növények összes vízfogyasztása főleg a N-műtrágya hatására nőtt, ugyanakkor a transzspirációs együttható ennek hatására csökkent. A talaj nedvességellátottsága a vízfogyasztást a kezeléseik átlagában 1965-ben 68%-kal, 1966-ban 131%-kal növelte, ugyanakkor a transzspirációs együtthatót 1965-ben csak 21%-kal, 1966-ban 41%-kal növelte. Az 1 l vízre jutó tápanyagmennyiségek a zabhoz hasonló összefüggésekre utalnak. Eszerint a foszforfelvétel van leginkább összhangban a transzspiráció folyamatával, hiszen evvel sokkal arányosabban változik, mint a N és K-felvétele.

A *kukoricakísérleti* eredmények a búzával azonos következtetésekre adnak módot. A felhasznált víz gazdaságosságát (transzspirációs koefficiens) a N ill. a N-t tartalmazó műtrágyázás csökkenti. Az 1 liter elpárologtatott vízre jutó

3. táblázat

Az őszi búza és a kukorica által elpárologtatott víz és a felvett tápanyagok kapcsolata a III. kísérletben (1965—66)

(1) Kísérleti növény és kezelések	(2) Transzspirációs		(3)		(4) 1 liter eltranszspirált vízre jutó tápanyag mg-ban							
	vízfogyasztás liter/edény	koeficiens ml/g száraz anyag	(5) Talajnedvesség a vízkapacitás %-ában				N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
			40	70	40	70	40	70	40	70	40	70
	<b>A) Őszi búza</b>											
<b>1965</b>												
Ø	7,41	10,83	273	333	33,6	27,0	15,6	14,2	62,5	51,5		
N	9,98	18,28	221	284	71,6	48,9	16,7	16,1	95,4	70,8		
PK	6,55	11,54	249	333	35,6	19,9	25,1	14,6	78,2	39,4		
NP	10,71	17,58	229	255	73,1	42,6	23,7	21,0	95,8	71,5		
NPK	10,37	17,59	219	232	75,6	51,7	25,4	19,5	105,8	88,6		
a) Átlag	9,00	15,16	238	287	57,9	38,0	21,3	17,1	87,5	64,4		
<b>1966</b>												
Ø	6,48	14,44	242	298	38,7	24,0	15,6	14,2	74,9	50,3		
N	7,29	19,00	164	257	81,0	52,8	16,7	16,1	115,0	70,7		
PK	7,50	16,69	238	296	37,6	25,1	25,1	14,6	93,3	56,3		
NP	9,13	20,60	171	283	84,7	41,8	23,7	21,0	102,1	44,6		
NPK	8,23	18,61	148	226	102,5	52,8	25,4	19,5	152,5	92,2		
a) Átlag	7,72	17,86	193	272	68,9	39,3	16,0	14,2	107,5	62,9		
<b>B) Kukorica</b>												
<b>1965</b>												
Ø	12,78	14,38	430	486	22,1	20,0	14,9	19,2	60,6	70,5		
N	21,10	29,10	210	249	50,9	35,2	16,0	15,8	79,0	60,4		
PK	13,40	16,70	468	436	13,5	13,3	17,1	15,9	64,2	63,8		
NP	19,57	30,35	200	230	48,3	34,2	19,6	17,4	74,2	64,3		
NPK	21,75	28,45	215	241	40,1	36,4	16,6	19,5	86,5	84,6		
a) Átlag	17,72	23,79	304	308	35,0	27,8	16,8	17,5	72,9	68,7		
<b>1966</b>												
Ø	13,67	20,83	312	416	26,1	14,8	15,2	12,0	57,6	48,9		
N	13,78	20,17	138	140	120,9	97,7	31,4	21,3	125,4	121,2		
PK	13,97	23,33	257	291	35,8	23,7	20,9	21,0	87,2	76,4		
NP	14,01	28,00	133	153	112,5	57,7	28,4	25,7	144,0	85,1		
NPK	13,61	30,62	114	156	136,7	52,7	33,9	22,8	182,8	94,9		
a) Átlag	13,80	24,59	191	231	86,4	49,3	26,0	20,6	118,6	85,3		

N és részben a K mennyisége is ezen kezelésekben lényegesen meghaladja a Ø ill. PK kezeléseket. A kétféle vízellátás között a transzspirációban (összes vízfogyasztás) lényeges, a transzspirációs együtthatóban kisebb különbség figyelhető meg és a felvett tápanyagok mennyisége ezen adatokkal szintén nincsen összhangban.

A 2. ábrán két-két év átlagában értékeljük az ismertetett kísérleteket, a kontroll és a legkedvezőbb tápanyagellátást nyújtó kezelés alapján. Ezen belül



feltüntettük a 40 és 70% VK-nak megfelelően a növények szárazanyag-súlyát g-ban, a transzspirációs együtthatót (ml/g száraz anyag), az összes vízfogyasztást (l/edény), valamint az 1 liter elpárologtatott vízre jutó felvett N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és K<sub>2</sub>O-t mg-ban. Úgy véljük, hogy mind a három növény, ill. négy kísérlet jól bizonyítja, hogy különösen a N és K-felvétele, de a foszfátionok felvétele sincs a növények tényleges és relatív vízfogyasztásával egyenes összefüggésben. A számítások — az irodalommal egyezően — arra engednek következtetni, hogy a foszfátionok felvételében a diffúziós mozgás játszik fontos szerepet, melyet a talajban a víznek a gyökerek felé történő áramlása is elősegít. Az ásványi táplálkozás és a transzspiráció kapcsolatáról megállapítható, hogy e két élettani folyamat lényegében egymástól független. Az intenzíven párolgó növény vízszükségletét főleg passzív vízfelvétel által fedezi, aminek fő mozgatója a transzspiráció szívóhatása; viszont az ionfelvétel és ionszállítás az anyagcsere és a biológiai oxidáció (légzés) során felszabaduló energia felhasználásával kiváltott aktív élettani funkciók.

### Összefoglalás

A zab, az őszi búza és a kukorica ásványi táplálkozásának és transzspirációjuk kapcsolatát tenyészedény kísérletek tápanyag és vízforgalmi adatai alapján tanulmányoztuk. A víz- és ásványi tápanyagok felvételének kapcsolatára a növények által elpárologtatott összes víz- és a növények által kivont összes NPK mennyiségek között vizsgált összefüggésből, valamint a transzspirációs együttható és az egységnyi eltranszspirált vízre jutó felvett NPK tartalom közötti kapcsolatból következtettünk.

1. Megállapítottuk, hogy megfelelő műtrágyázással, elsősorban N-műtrágyával és N-t is tartalmazó keverékkel — az intenzívebb párolgás ellenére — csökken a növények fajlagos vízfogyasztása, vagyis a transzspirációs együttható értéke.

2. Számításaink szerint a kedvezőbb vízellátás hatására megnövekvő összes vízfogyasztást, közel azonos arányban, csak a kivont foszfor mennyisége követi, a felvett N és a K mennyisége lényegesen eltér annak relatív hatásától.

3. A transzspiráció főleg közvetett hatással lehet a tápanyagok felvételére, így pl. azáltal, hogy a transzspirációs áram hatására a növényben iontranszport (anyagcsere) megy végbe, miáltal az előzetesen adszorbeálódott ionok helye a gyökérzet felszínén más ionok részére felszabadul, vagy a transzspiráció vízáramlást idéz elő a talajban is a gyökerek irányába, ami elősegítheti egyes ionok mozgását a gyökerek felszínéig.

### Irodalom

- [1] BARBER, S.: The role of root interception, massflow and diffusion in regulating the uptake of ions by plants from soil. In: Limiting steps in ion uptake by plants from soil. Techn. Rep. Ser. No. 65. 39—45. IAEA. Vienna. 1966.
- [2] BARBER, S. & MEDERSKI, H.: Potassium Fertilizer Requirements. Corn Production Amer. 259—284. 1967.
- [3] BOLT, G.: Soil physical processes as boundary condition to ion uptake. Techn. Rep. Ser. No. 65. 57—65. IAEA. Vienna. 1966.
- [4] DEBRECZENI, B. & DEBRECZENI, B.-NÉ: A zab foszfor- és vízforgalmának vizsgálata különböző talajokon eltérő nedvesség- és tápanyagellátottság esetén. Agrártud. Egyetem Közlem. Gödöllő. 203—215. 1969.

- [5] DEBRECZENI, B. & FERENCZ, K.: Víz- és tápanyagellátás hatása különböző talajok tápanyagforgalmára. Öntözéses Gazdálkodás (Szarvas) 7. (2) 53—72. 1969.
- [6] DEBRECZENI, B.: Voproszŭ vzaimodejsztvija mineralnŭh udobrenij i orosenija na nekotorŭh tipah pocsv Vengrii. Agrohimiya. (10) 46—53. 1970.
- [7] DEBRECZENI, B.: Vlijanie orosenija i udobrenija na uroszaj nekotorŭh sz/h kultur i na vŭnosz im pitatelnŭh vcseszstv. Agrohimiya. (11) 58—62. 1972.
- [8] DEBRECZENI, B.-NÉ: A kukorica víz- és tápanyagellátásának hatása a foszforforgalomra. Öntözéses Gazdálkodás. 6. (2) 49—62. 1968.
- [9] DEBRECZENI, B.-NÉ: A Bezosztája-I őszi búza víz- és tápanyagfelvétele. Búzatermesztési Kísérletek 1968—1970. 49—55. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1971.
- [10] FRENYÓ, V.: Növényélett. Mezőgazd. Kiadó, Budapest. 1959.
- [11] OBERLÄNDER, H.: The relative importance of active and passive processes in ion translocation across root tissue. Techn. Rep. Ser. No 65. 101—120. IAEA, Vienna. 1966.
- [12] PETERBURGSZKIJ, A.: Obmennoe pogloscsenie v pocsve i uszvoenie rasztenijami pitatelnŭh vcseszstv. Izd. „Vŭszsaja Skola” Moszkva. 1959.
- [13] SZALAY, I.: Növényélett. Tankönyvkiadó, Budapest. 1968.
- [14] SUTCLIFFE, J.: Pogloscsenie mineralnŭh szolej raszteniem. Izd. „Mir”. Moszkva. 1964.

Érkezett: 1974. február 5.

## Relationships Between Mineral Nutrition and Transpiration of Plants

B. DEBRECZENI and K. DEBRECZENI

Department of Agricultural Chemistry, University of Agricultural Sciences, Gödöllő (Hungary)

### Summary

In pot experiments with oat, winter wheat and maize the data of nutrient and water dynamics were registered to obtain information on the relationship between the mineral nutrition and transpiration of plants.

The treatments were as follows:

#### Experiment I: oat

- A) Soil type: solonetz meadow soil, alluvial meadow soil, sandy meadow chernozem and brown forest soil.
- B) Water supply at two levels; soil moisture: 40 and 70% of the water capacity.
- C) Fertilization at four levels:  $\emptyset$ , 1 NPK, 2 NPK, 3 NPK (0.3—0.6—0.9 g N,  $P_2O_5$  and  $K_2O$ /pot).

#### Experiment II: oat

- A) Soil type: solonetz meadow soil, sandy meadow chernozem and brown forest soil and chernozem, resp.
- B) Water supply: as in Exp. I.
- C) Fertilization in 12 treatments (N—effect curve —  $N_1$ : 0.25,  $N_2$ : 0.5,  $N_3$ : 0.75 g N;  $P_0$ , P: 0.4 g  $P_2O_5$  and P + K: 0.5 g  $K_2O$ /pot).

#### Experiment III: winter wheat and maize

- A) Soil type: mixture of meadow soil and sand (1 : 0.25).
- B) Water supply: as in Exp. I.
- C) Fertilization in five treatments:  $\emptyset$ , N, PK, NPK; 1.0 g N (for maize 1.2 g); 1.0 g  $P_2O_5$  and 1.2 g  $K_2O$ /pot.

It was established that appropriate fertilizing — first of all the application of N and N-containing mixtures — reduced the specific water uptake of plants, i.e. the transport coefficient, even in spite of more intensive transpiration. The interaction of water- and mineral nutrient uptake by plants was inferred from the studied correlation, between the total amounts of water transpired and that of NPK extracted by the plants, as well



as from the relationship between the transpiration coefficient and the NPK amounts taken up per unit of water transpired.

It was only the P uptake that increased proportionally with the higher total water uptake caused by the more favourable water supply.

Transpiration may exert mainly indirect effects on nutrient uptake. For instance, the transpiration flow causes ion transport in plants; transpiration also induces water flow in the soil towards the roots, which may facilitate the movement of certain ions to the root surfaces.

*Table 1.* Relationship between nutrient- and water uptake by plants on the basis of  $B \times C$  interaction. Experiment I, oat. (1) Treatments. (2) Water uptake, l/pot. (3) Transpiration coefficient, ml water/g dry matter. (4) Amount of nutrient (mg) per 1 l transpired water. (5) Soil moisture in percent of water capacity. a) Average.

*Table 2.* Relationship between the transpired water and the amounts of nutrients taken up by the plant on the basis of  $B \times C$  interaction (Experiment II with oats). (1)–(5): see Table 1.

*Table 3.* Relationship between the amounts of water transpired by winter wheat (A) and maize (B) and of the nutrients taken up (Experiment III). (1)–(5): see Table 1.

*Fig. 1.* Dynamic relationship between nutrient- and water uptake (amount of nutrient, mg, per 1 l transpired water (Experiment II with oats, 1967). A<sub>1</sub>: Solonetz meadow soil. A<sub>2</sub>: Sandy meadow chernozem. A<sub>3</sub>: Calcareous brown forest soil. A<sub>1-3</sub>: in the average of the soils.

*Fig. 2.* Relationships between dry matter accumulation and the utilization of nutrients and water. A) Experiment I with oats, averages in 1967–68. B) Experiment III with maize, averages in 1965–66. C) Experiment III with winter wheat, averages in 1965–66. D) Experiment II with oats, averages in 1967–68. Vertical axes: 1. dry weight, g/pot. 2. Transpiration coefficient, ml/g dry matter. 3. Nutrient, mg/l water transpired. 4. Total water uptake, l/pot.

## Zusammenhang zwischen der Mineralstoffaufnahme und der Transpiration von Pflanzen

B. DEBRECZENI und K. DEBRECZENI

Universität der Agrarwissenschaften, Lehrstuhl für Landwirtschaftliche Chemie, Gödöllő (Ungarn)

### Zusammenfassung

Der Zusammenhang zwischen der Mineralstoffaufnahme und der Transpiration wurde in Gefäßversuchen mit Hafer, Winterweizen und Mais an Hand der Angaben des Nährstoff- und Wasserhaushaltes studiert.

Die einzelnen Faktoren der Versuche waren die folgenden:

*Versuch I:* Versuchspflanze: Hafer

- A) Bodentyp: Solonisierter Wiesenboden, Wiesenschwemmlandboden, sandiger Wiesenschernosemboden, brauner Waldboden.
- B) Wasserversorgung: auf zwei Stufen, die Bodenfeuchtigkeit betrug 40, bzw 70% der Wasserkapazität.
- C) Mineraldüngung: auf vier Stufen:  $\emptyset$ , 1 NPK, 2 NPK, 3 NPK (0,3–0,6–0,9 g N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O (Gefäß)).

*Versuch II:* Versuchspflanze: Hafer

- A) Bodentyp: Solonisierter Wiesenboden, sandiger Wiesenschernosem und brauner Waldboden bzw. Tschernosem.
- B) Wasserversorgung: wie bei Versuch I.
- C) Mineraldüngung: 12 Varianten (N-Wirkungskurve) N: N<sub>1</sub> = 0,25; N<sub>2</sub> = 0,5; N<sub>3</sub> = 0,75 g N; P: 0,4 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K: 0,5 g K<sub>2</sub>O pro Gefäß.

*Versuch III:* Versuchspflanzen: Winterweizen und Mais

- A) Bodentyp: Mischung (1 : 0,25) von Wiesenboden und Sand.
- B) Wasserversorgung: wie bei Versuch I.
- C) Mineraldüngung: 5 Varianten:  $\emptyset$ , N, PK, NP, NPK; N = 1,0 g (bei Mais 1,2 g); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 1,0 g und K<sub>2</sub>O = 1,2 g/Gefäß.

Es konnte festgestellt werden, dass durch Anwendung von entsprechender Düngung — in erster Reihe N-, bzw. N auch enthaltende Düngemittel — der spezifische Wasserverbrauch der Pflanzen, bzw. der Wert des Transpirationskoeffizienten trotz der intensiveren Verdunstung abnimmt. Der Zusammenhang zwischen der Wasser- und Nährstoffaufnahme wurde an Hand des Zusammenhanges zwischen der durch die Pflanzen verdunsteten gesamten Wassermenge und der durch die Pflanzen aufgenommenen gesamten NPK-Menge, sowie an Hand des Zusammenhanges zwischen dem Transpirationskoeffizienten und der je Einheit des verdunsteten Wassers zufallenden aufgenommenen NPK-Menge untersucht.

Dem durch die günstigere Wasserversorgung angestiegenen gesamten Wasserverbrauch folgt nur die Menge des aufgenommenen Phosphors gleichmässig. Die Transpiration übt, wie das anzunehmen ist, hauptsächlich eine indirekte Wirkung auf die Nährstoffaufnahme aus, z. B. dadurch, dass auf Einfluss des Transpirationsstromes in den Pflanzen ein Iontransport (Absorption) zu Stande kommt, und die Stelle der auf der Wurzeloberfläche früher adsorbierten Ionen für andere Ionen freigegeben wird. Andererseits wird durch die Transpiration eine Wasserströmung in Richtung Wurzel hervorgehoben und dadurch die Fortbewegung zur Wurzeloberfläche einiger Ionen gefördert.

*Tab. 1.* Zusammenhang zwischen der Mineralstoffaufnahme und der Transpiration aufgrund der B×C Wechselwirkung. Versuch I. (Hafer). (1) Varianten. (2) Wasserverbrauch, Liter/Gefäss. (3) Transpirationskoeffizient, ml Wasser/g Trockensubstanz. (4) Nährstoffe in mg/l Liter verdunstetes Wasser. (5) Bodenfeuchtigkeit als % der Wasserkapazität. a) Mittelwert.

*Tab. 2.* Zusammenhang zwischen dem verdunsteten Wasser und dem aufgenommenen Nährstoff der Pflanzen aufgrund der B×C Wechselwirkung. Versuch II (Hafer). Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

*Tab. 3.* Zusammenhang zwischen dem durch Winterweizen (A) und Mais (B) verdunsteten Wasser und den aufgenommenen Nährstoffen. Versuch III. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

*Abb. 1.* Dynamischer Zusammenhang zwischen der Nährstoff- und Wasseraufnahme (aufgrund von 1 mg Nährstoff pro 1 Liter verdunstetes Wasser. Versuch II (Hafer) 1967. A<sub>1</sub>: Solonischer Wiesenboden. A<sub>2</sub>: Sandiger Wiesenschernosemboden. A<sub>3</sub>: Brauner Waldboden mit Karbonatresten. A<sub>1-3</sub>: Mittelwert aller Böden.

*Abb. 2.* Zusammenhänge unter der Trockensubstanzanhäufung, der Nährstoffaufnahme und dem Wasserverbrauch. A: Versuch I., Hafer: Mittelwert des Jahres 1967—68. B: Versuch III., Mais: Mittelwert des Jahres 1965—66. C: Versuch III., Winterweizen: Mittelwert des Jahres 1965—66. D: Versuch II., Hafer, Mittelwert des Jahres 1967—68. Abszissen: 1: Trockensubstanz g/Gefäss. 2: Transpirationskoeffizient ml/g Trockensubstanz. 3: mg Nährstoff/l Liter verdunstetes Wasser. 4: Gesamter Wasserverbrauch Liter/Gefäss.

## Связь между минеральным питанием растений и транспирацией

Б. ДЕБРЕЦЕНИ и К. ДЕБРЕЦЕНИ

Аграрный Университет, Кафедра сельскохозяйственной химии, Гёдёллэ (Венгрия)

### Резюме

Связь между минеральным питанием растений и их транспирацией изучали в вегетационных опытах с овсом, озимой пшеницей и кукурузой, основываясь на данных по влагообороту и круговороту питательных веществ.

Варианты опыта были следующими:

*Опыт I. Овес.*

- А) Тип почвы: солонцеватая луговая почва, аллювиальная луговая почва, опесчаненный луговой чернозем и бурая лесная почва.
- В) Обеспеченность влагой: на двух уровнях, влажность 40 и 70% от полной влагоемкости.
- С) Минеральные удобрения: на четырех уровнях — Ø, I NPK, 2 NPK, 3 NPK (0,3—0,6—0,9 г азота, фосфора и калия на сосуд).



*Опыт II. Овес.*

- А) Тип почвы: солонцеватая луговая почва, опесчаненный луговой чернозем и бурая лесная почва или чернозем.  
 В) Обеспеченность влагой: та же, что и в опыте 1.  
 С) Минеральные удобрения: на 12 уровнях (кривая эффективности азота)  $N_1$ : 0,25,  $N_2$ : 0,5,  $N_3$ : 0,75 г азота; P: 0,4 г  $P_2O_5$  и P + K: 0,5 г  $K_2O$ /сосуд.

*Опыт III. Озимая пшеница и кукуруза*

- А) Тип почвы: смесь луговой почвы и песка в соотношении 100 и 25.  
 В) Обеспеченность влагой: та же, что и в опыте 1.  
 С) Минеральные удобрения: на 5 уровнях,  $\emptyset$ , N, PK, NP и PK; 1,0 г азота (у кукурузы 1,2 г), 1,0 г  $P_2O_5$  и 1,2 г  $K_2O$  на сосуд.

Установили, что при соответственном внесении минеральных удобрений — в первую очередь при внесении азотных минеральных удобрений и смесей, содержащих азот — несмотря на более интенсивное испарение снижается удельный расход воды растениями, т. е. величина коэффициента транспирации. На основе изученных зависимостей между общим количеством воды, транспирированной растениями и общим количеством РК-питательных элементов, усвоенных растениями, а также между коэффициентом транспирации и количеством питательных веществ, усвоенных растениями, приходящихся на единицу испарившейся воды, сделали выводы относительно связи между усвоением растениями воды и питательных элементов.

При увеличивающемся расходе влаги под влиянием более благоприятной влагообеспеченности примерно в таком же соотношении увеличивается только количество усвоенного фосфора, количество усвоенного азота и калия значительно не отличается от их относительной эффективности.

В основном транспирация косвенно влияет на усвоение питательных элементов, так например, под влиянием транспирационного потока в растении происходит перенос ионов (обмен веществ), в результате чего место раннее адсорбированных ионов на поверхности корневой системы освобождается для других ионов или транспирация вызывает транспирационный поток в почве в сторону корней, что способствует передвижению отдельных ионов к поверхности корней.

*Табл. 1.* Связь между питательными элементами и усвоением воды на основе взаимодействия факторов ВХС. Опыт 1. Овес. (1) Варианты. (2) Расход воды в литрах на сосуд. (3) Коэффициент транспирации мл/г сухого вещества. (4) Количество питательных элементов в мг, приходящееся на один литр испарившейся воды. (5) Влажность почвы в %-ах от общей влагоемкости. а) Среднее.

*Табл. 2.* Связь между количеством воды транспирированной растением и усвоенными питательными элементами на основе взаимодействия факторов ВХС. Опыт II. Овес. Обозначения смотри в таблице № 1.

*Табл. 3.* Связь между количеством воды, транспирированной озимой пшеницей и кукурузой и усвоенными питательными элементами. Опыт III. Обозначения смотри в таблице № 1.

*Рис. 1.* Динамическая связь между усвоением питательных элементов и воды. (На основе количества питательных элементов в мг, приходящегося на 1 литр испарившейся воды). Опыт II. Овес, 1967 г.  $A_1$ : Солонцеватая луговая почва.  $A_2$ : Опесчаненный луговой чернозем.  $A_3$ : Остаточно-карбонатная бурая лесная почва.  $A_{1-3}$  среднее из всех почв.

*Рис. 2.* Связь между накоплением сухого вещества, усвоением питательных элементов и воды. А: Опыт 1. Овес. Среднее за 1967—68 г. В: Кукуруза. Опыт III. Среднее за 1965—66 г. С: Озимая пшеница, опыт III. Среднее за 1965—66 г. D: Овес, опыт II. Среднее за 1967—68 г. По оси ординат: 1. вес сухого вещества г/сосуд. 2. Коэффициент транспирации мг/г сухого вещества. 3. Количество питательных элементов в мг на один литр транспирированной воды. 4. Общий расход воды в литрах на сосуд.