

## A repce (*Brassica napus* L.) tápláltsági állapotának megítélése növényanalízissel

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, Budapest

Német és francia nyelvterületen nemcsak a repce termesztésének, hanem a növényanalízisnek is hosszú, az 1800-as évek végéig visszanyúló hagyománya van. Több szerző szerint a tavaszi levélváltás utáni rozetta stádiumban található hajtásnak, valamint a kifejlett levélnek egészen a virágzás idejéig közelálló a N %-a és így felhasználhatók a fejtrágya adagjának pontosítására. A kifejlett (felülről általában a 3.) levél összetétele több héten át viszonylag állandó nemcsak a N, hanem egyéb elemek tekintetében is, ezért előnyben részesítik a hajtással szemben a tápláltsági állapot kontrolljában.

Így pl. Franciaországban Schultz (1972, cit. in NÉMETH, 1988) szerint a virágzáskori kifejlett levelek optimum tartományai az alábbiak: 4,1–5,5 N %, 0,42–0,65 P %, 3,4–5,0 K %, 1,9–2,9 Ca %, 0,22–0,43 Mg %. BERGMANN (1992) Németországban a törőzsás 30–50 cm magas hajtásra és/vagy a virágzás elején vett kifejlett levélre 4,0–5,5 N %, 0,35–0,70 P %, 2,8–5,0 K %, 1,0–2,0 Ca %, 0,25–0,40 Mg %, 30–100 mg Mn/kg, 30–60 mg B/kg, 25–70 mg Zn/kg, 5–12 mg Cu/kg, 0,4–1,0 mg/kg határkoncentrációkat közöl szárazanyagban.

Ny-Európában gyakran 2–3 fejtrágyázást is ajánlanak tavasszal. GEISLER (1988) Németországban pl. vetés előtt ősszel alaptrágyaként 60 kg, majd tavasszal fejtrágyaként ehhez még 180 kg/ha nitrogént javasol megosztva a talaj- és növényvizsgálatok alapján. ANTAL (1987) március végén–április elején tartja kívánatosnak a N-fejtrágyázást. EÖRY (1984) a többszöri tavaszi N-fejtrágyát is hatékonynak minősíti. NÉMETH és KARAMÁN (1986) ezzel szemben nem kapott terméstöbbleteket a Ny-Dunántúlon a tavaszi N-megosztással. Kétségtelen, hogy a szaktanácsadás a korai talajvizsgálatok és a növényelemzés adataira támaszkodhat.

Ami a repce elemösszetételét illeti, NÉMETH (1988) irodalmi adatokat összefoglalva hangsúlyozza, hogy a tenyészidő során több elemben erős hígulás lép fel a hajtásban. A tavaszi törőzsa, virágzáskori hajtás, ill. szalma sorrendben a

N 4,0–5,8, 2,0–3,0, 0,5–0,8; a P 0,4–0,6, 0,3–0,4, 0,1–0,2; a K 3,0–4,5, 1,7–2,8, 1,7–1,9; a Ca 1,3–2,1, 1,1–2,6, 0,5–0,6; a Mg 0,20–0,45, 0,15–0,22, 0,20–0,30 %-os tartományban változhat. A Fe 100–370, a Mn 30–65, a Zn 20–80, a Cu 3–6 mg/kg koncentrációkat mutat szárazanyagban a növény korától függetlenül. Éréskor a N és P a magban, míg a K és Ca a szalmában jelez nagyobb tartalmakat, míg a Fe, Mn, Zn és Cu mikroelemek esetében az eltérések kevésbé kifejezettek.

A hazai szakirodalom a repce átfogó tápelemforgalmi vizsgálatával, a diagnosztikai célú növényelemzés határértékeinek ellenőrzésével jórészt még adós. Ezért a MÉM NAK 1980. és 1981. években Vas és Zala megye 8–8 termőhelyén, üzemi táblákon kezdeményezte a repce tápelemfelvételének, összetételének vizsgálatát. Ezek az adatok ugyan nem helyettesíthetik a kísérletes vizsgálatokat a határkoncentrációk megállapításában, azonban hasznos adatokat szolgáltatottak a hazai termőhelyeken fejlődő repceállomány összetételére. Saját kísérleti eredményeinkkel való összevetés céljából szükségesnek látszik bemutatásuk, annál is inkább mert szélesebb körben nem ismertek, ill. szakirodalmi közlésük elmaradt (MÉM NAK, 1982).

Táblánként 5 ismétlésben, 1–1 m<sup>2</sup> homogén mintaterületről tavaszi törözsa, szárbaindulás, virágzás, érés elején vettek föld feletti hajtásmintát. A tenyészidő előrehaladtával az összetétel a táblák átlagában a következőképpen módosult: N %: 4,6, 2,9, 2,2, 1,1; P %: 0,57, 0,41, 0,36, 0,21; K %: 4,0, 3,0, 2,6, 1,7; Ca %: 1,4, 1,0, 1,0, 0,9; Mg %: 0,26, 0,20, 0,17, 0,17; Na %: 0,14, 0,16, 0,13, 0,14; Fe: 444, 194, 99, 100; Mn: 121, 55, 51, 40; Zn: 50, 35, 26, 17; Cu: 6, 4, 3, 4 mg/kg szárazanyagban. A repcemag átlagos összetétele 3,6 % N, 0,76 % P, 0,73 % K, 0,33 % Ca, 0,27 % Mg, 120 mg Fe/kg, 44 mg Mn/kg, 41 mg Zn/kg, 2,5 mg Cu/kg koncentrációkat mutatott (MÉM NAK, 1982; BICZÓK & NÉMETH, 1984).

Jelen munkánkban az alábbi kérdésekre keressük a választ:

– Miképpen alakul a repce szerveinek elemösszetétele a műtrágyázás függvényében, ill. a növényi elemkoncentrációk mennyiben képesek tükrözni a növény tápláltsági állapotát és használhatók fel diagnosztikai célokra a szaknácásadásban?

– A talaj tápelemkínálata milyen mérvű változást okozhat más fontos elemek felvételében (lehetséges szinergizmusok és antagonizmusok)? Indukálhat-e az NPK-műtrágyázás mikroelemhiányokat hasonló talajon?

– Hogyan alakulnak a főbb tápelemarányok az egyes növényi szervekben a tápláltság függvényében és mennyiben alkalmasak diagnosztikai célokra?

– Milyen összefüggés állapítható meg a talaj 0–60 cm-es rétegének NO<sub>3</sub>-N-készlete és a törözsa korú hajtás N %-a, valamint a növényi N % és a magtermés, ill. olajtartalom között? Mennyiben jelezhető előre a minőség növényanalízissel?

### Anyag és módszer

A kísérletet 1973 őszén állítottuk be Mezőföldön, az MTA TAKI nagy-hörsöki kísérleti telepén. A termőhely löszön képződött meszes csernozjom talaja mintegy 5 %  $\text{CaCO}_3$ -ot és 3 % humuszt tartalmaz a szántott rétegben. A pH(KCl) 7,3; az AL-oldható  $\text{P}_2\text{O}_5$ , ill.  $\text{K}_2\text{O}$ -tartalom 60–80, ill. 140–160 mg/kg; KCl–Mg 150–180 mg/kg; az EDTA–Mn 80–150, EDTA–Cu 2–3 és EDTA–Zn 1–2 mg/kg értékkel jellemezhető. A MÉM NAK (1979) által elfogadott határértékek alapján ezek az adatok a talaj igen jó Mn-, kielégítő Mg- és Cu-, közepes N- és K-, valamint gyenge P- és Zn-ellátottságáról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m-en található, a terület az Alföldhöz hasonlóan aszályérzékeny.

1973 óta P- és K-műtrágyákat, valamint a N felét őszi szántás előtt, a N másik felét tavasszal szórtuk ki 25–28 %-os pétisó, 18 %-os szuperfoszfát és 40–60 %-os kálisó formájában. A N-műtrágyázás 0, 100, 200 és 300 kg/ha adagot jelentett évente. A P- és K-trágyázás 0, 500, 1000 és 1500 kg/ha  $\text{P}_2\text{O}_5$ , ill.  $\text{K}_2\text{O}$  feltöltő adaggal történt, a későbbi években a PK-szintek fenntartására törekedtünk, 5–10 évente megismételve a feltöltést. A NPK-trágyákat 4–4 szinten adagolva 1973 őszén minden lehetséges kombinációt beállítottunk  $4 \times 4 \times 4 = 64$  kezeléssel és 2 ismétléssel, összesen 128 parcellával. A parcellák mérete  $6 \times 6 = 36 \text{ m}^2$ , a parcellák elrendezése kevert faktoriális. A kísérleti terv, ill. a felhasznált adagok lehetővé tették, hogy valamennyi olyan tápláltsági állapotot (gyenge, közepes, kielégítő, túlzott) és azok változatait létrehozzuk, amelyek a gyakorlatban is előfordulnak, vagy előfordulhatnak a jövőben (KÁDÁR & ELEK, 1999).

A kísérlet 11. évében (1984-ben) Yet Neuf francia fajtájú erukasav-szegény repcét termesztettünk. Az OMMI 1981. évi kisparcellás kísérletei szerint a fajta képes lehet 3 t/ha magtermésre 40–42 % olajtartalommal, ill. 1,2 t/ha olajhozammal. Tenészideje kb. 280 nap, ezermagtömege 4–5 g, erukasavkészlete 1,8 % átlagosan. Kísérletünkben a vetés szeptember 14-én történt  $24 \times 5 \text{ cm}$  kötésben és 20 db/fm, ill. 5 kg/ha elvetett mennyiséggel. Állományfelvételezést végeztünk télbemenetel idején november 30-án, majd tavasszal (március 27-én). Megállapítottuk a gyomfajok számát és a növényborítottságot is parcellánként.

Növénymintavételek parcellánként az alábbiak voltak: törőzsás állapot végén hajtás, virágzáskor gyökeres növény és kifejlett levél külön-külön, teljes érésben gyökeres növény. Az aratás parcellakombájnnal történt. A hajtás, gyökér, levél, szár, mag növényi szervek ( $7 \times 128 = 896$  db átlagminta) friss és légszáraz tömegének meghatározása után a 2–2 ismétlés anyagát összedaráltuk és a  $7 \times 64$  kezelés = 448 mintát analizáltuk tíz elemre cc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + cc.  $\text{H}_2\text{O}_2$  feltárást követően. A magtermés olajtartalmát és zsírsavösszetételét a Növényolaj és Mosószeripari Vállalat laboratóriumi vizsgálta (KÁDÁR et al., 2001).

Talajmintavételek parcellánként az alábbiak voltak: tavasszal 20 cm-es rétegenként 60 cm mélységig vettünk átlagmintákat 20 fűrés/parcella anyagából

képezve. Betakarítást követően a 000, 111, 222 és 333 NPK-jelű, eltérő műtrágya-terhelésű kezelések parcelláin végeztünk 6–6 pontban mélyfúrást 20 cm-es rétegenként 300 cm mélységig. A tavaszi mintákban meghatároztuk a KCl-kicserélhető  $\text{NH}_4\text{-N}$ - és a KCl-oldható  $\text{NO}_3\text{-N}$ -, valamint az AL-oldható PK-tartalmakat. Az őszi mélyfúrás mintaanyagát a Fejér megyei Növény- és Talajvédelmi Állomás vizsgálta meg a MÉM NAK hálózatában elfogadott paraméterekre és módszerekkel (MÉM NAK, 1979).

Mivel a talajvíz mélyen helyezkedik el, a növények vízellátását döntően a csapadék határozza meg. Főként a kukorica aszályérzékeny ezen a termőhelyen. 1984-ben 619 mm csapadék hullott, a sokévi átlagot (590 mm) némileg meghaladva. Az elővetemény (mák) júliusban lekerült a területről, az aszályos nyáron száraz talajt hagyva maga után. Ezt követően az alábbi havi csapadékösszegeket mértük: aug. 51 mm, szept. 10 mm, okt. 42 mm, nov. 32 mm, dec. 10 mm, jan. 63 mm, febr. 32 mm, márc. 22 mm, ápr. 33 mm, máj. 75 mm, jún. 48 mm, júl. 23 mm. Elméletileg a repce az 1983 augusztus és 1984 június közötti időszak 11 hónapjának összesen 419 mm csapadékát hasznosíthatta a mintegy tíz hónapos tenyészideje alatt. A virágzástól teljes érésig tartó két hónap alatt viszont a szokásosnál is szárazabb nyári idő köszöntött be, előidézve a repce kényszerérését.

Az  $\text{N}\times\text{P}\times\text{K}$  másodrendű kölcsönhatások a kísérletben általában nem voltak igazolhatók, így ismétlésül szolgálhattak. A kéttényezős  $\text{N}\times\text{P}$ ,  $\text{N}\times\text{K}$ ,  $\text{P}\times\text{K}$  táblázatok közül hely hiányában csak azokat mutatjuk be a 3. tényező (tehát összesen 8–8 ismétlés) átlagában, ahol a kölcsönhatások kifejezettek. Amennyiben az ilyen elsőrendű kölcsönhatások sem érdemlegesek, csak a főhatásokat (N, P, K) közöljük (32–32 ismétlés átlagában). A kétirányú vagy kéttényezős eredménytáblázatokban az  $\text{SzD}_{5\%}$  értékek azonosak a sorokra és az oszlopokra, így azokat csak egyszer tüntetjük fel.

### Eredmények és következtetések

A kísérlet 11 éve alatt felhasznált hatóanyagok mennyiségeit, valamint a talaj 0–60 cm-es rétegének  $\text{NH}_4\text{-N}$ -,  $\text{NO}_3\text{-N}$ -, AL- $\text{P}_2\text{O}_5$ - és AL- $\text{K}_2\text{O}$ -készletét az 1. táblázat mutatja be. Az adatok szerint a KCl-kicserélhető  $\text{NH}_4\text{-N}$  koncentrációi nem változtak sem a mélységgel, sem a kezelések hatására, a  $\text{NO}_3\text{-N}$  maximumát a 40–60 cm-es rétegekben találjuk. A 0–60 cm-es talajréteg  $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlete 66, 123, 204 és 303 kg/ha mennyiséget tehetett ki tavasszal a N-kezelések függvényében. Az AL-oldható  $\text{P}_2\text{O}_5$  mennyisége 76-ról 470 mg/kg-ra dúsult a P-terhelés nyomán, a gyenge ellátottságtól az extrém P-túlsúlyos talajt is magában foglalva, a szántott rétegben. Mérsékeltén az altalaj is gazdagodott. Az AL- $\text{K}_2\text{O}$ -koncentrációk kevésbé látványosan nőttek, a talaj eredeti „közepes” K-ellátottsága „jó” ellátottsági kategóriába került.

## 1. táblázat

Az alkalmazott műtrágyázás és a talaj oldható elemkészlete, 1984. március 28-án  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörsök)

(1) Műtrágyázás, talajmintavétel	(2) Műtrágyázási szintek (1973–1984)				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	0	1	2	3		
N kg/ha/év	0	100	200	300	-	150
N kg/ha/11 év	0	1100	2200	3300	-	1350
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha/11 év	0	1000	2000	3000	-	1500
K <sub>2</sub> O kg/ha/11 év	0	1000	2000	3000	-	1500
<i>A. KCl-kicserélhető NH<sub>4</sub>-N, mg/kg (N-szinteken)</i>						
0–20 cm	8	8	9	8	2	8
20–40 cm	8	9	8	8	1	8
40–60 cm	8	8	7	8	1	8
<i>B. KCl-oldható NO<sub>3</sub>-N, mg/kg (N-szinteken)</i>						
0–20 cm	7	13	19	26	2	16
20–40 cm	6	11	18	26	2	15
40–60 cm	9	17	31	49	4	26
<i>C. NO<sub>3</sub>-N, kg/ha (N-szinteken)</i>						
0–60 cm	60	123	204	303	36	171
<i>D. Ammónium-laktát (AL)-oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mg/kg (P-szinteken)</i>						
0–20 cm	76	150	292	470	36	247
20–40 cm	46	58	93	126	16	81
40–60 cm	38	42	51	68	7	50
<i>E. Ammonium-laktát (AL)-oldható K<sub>2</sub>O mg/kg (K-szinteken)</i>						
0–20 cm	130	144	186	263	8	181
20–40 cm	103	98	114	138	13	113
40–60 cm	75	73	78	77	9	76

A repce légszáranyag-felhalmozásáról a 2. táblázat nyújt áttekintést az NxP-ellátás függvényében. Szárbaindulás előtti törőzsás korban a növényállomány átlagosan 1 t, virágzáskor kereken 5 t, érés kezdetén 11 t, betakarításkor 9 t/ha föld feletti tömeget adott. A levélváltást követő alig egy hónap alatt, a virágzásig tartó szárbaszökés idején a repce föld feletti légszár tömegét megőszörözte, majd újabb másfél hónapot követően ezt a tömeget több mint kétszeresére növelte. Ezek a szakaszok intenzív fejlődést tükröznek, amikor a növények víz- és tápelemigénye szinte kielégíthetetlen.

Aratás idejére a légszáranyag tömege csökken a lehulló, leszáradó lombbal. A szár 8,1 t, a mag 1,3 t tömeget adott átlagosan 6,2 melléktermés/főtermés aránnyal. Kielégítő ellátottságot az évenként felhasznált 100 kg N/ha, ill. a talvaszi 0–60 cm-es réteg mintegy 120 kg/ha NO<sub>3</sub>-N-készlete, valamint a 150–200

2. táblázat  
A NxP-ellátás hatása a légszáraz repce szerveinek termésére 1984, t/ha  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhorcsök)

(1) N-ellátottság kg N/ha évente	(2) AL-oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	76	150	292	470		
<i>A. Hajtás, törőzsás (április 17-én)</i>						
0	0,4	1,0	0,9	1,0	0,3	0,8
100	0,4	1,0	1,2	1,3		1,0
200	0,4	1,1	1,3	1,2		1,0
300	0,4	1,1	1,3	1,4		1,1
a) Átlag	0,4	1,1	1,2	1,2		0,2
<i>B. Hajtás virágzáskor (május 15-én)</i>						
0	2,4	4,0	4,0	3,8	1,2	3,6
100	2,5	4,9	5,4	5,7		4,6
200	3,0	6,5	6,0	7,0		5,7
300	2,9	6,3	6,4	7,3		5,7
a) Átlag	2,7	5,4	5,5	6,0		0,6
<i>C. Hajtás érés kezdetén (július 3-án)</i>						
0	7,6	7,7	7,9	8,1	3,5	7,9
100	7,7	11,1	12,1	14,8		11,5
200	10,5	16,1	15,7	11,6		13,5
300	8,4	12,1	14,1	13,9		12,1
a) Átlag	8,5	11,7	12,5	12,5		1,8
<i>D. Szár teljes éréskor (július 23-án)</i>						
0	5,7	8,8	7,1	6,7	2,2	7,1
100	6,9	9,2	9,0	8,7		8,4
200	6,3	7,3	7,8	10,2		7,9
300	6,1	10,5	9,3	9,8		8,9
a) Átlag	6,3	9,0	8,3	8,9		1,1
<i>E. Mag teljes éréskor (július 23-án)</i>						
0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,8
100	1,0	1,5	1,6	1,6		1,4
200	1,0	1,6	1,7	1,6		1,5
300	1,1	1,6	1,6	1,8		1,5
a) Átlag	1,0	1,4	1,4	1,4		0,2

Megjegyzés: K-hatás ápr. 17-én 25 %; máj. 15-én 8 % átlagosan. Minimális–maximális hozamok a kísérletben: 2–17 t/ha zöld, ill. 0,2–1,6 t/ha; virágzáskor 12–62 t/ha zöld, ill. 1,6–7,6 t/ha; érés kezdetén 20–55 t/ha zöld, ill. 5,6–18,6 t/ha légszárazanyag

mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- és AL-K<sub>2</sub>O-ellátottság jelenthet. E feletti tartományban szignifikáns termésobbleteket betakarításkor már nem kaptunk.

3. táblázat  
A N-trágyázás hatása a légszáraz repce elemtartalmára 1984-ben  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhorcsök)

(1) Növényi rész	(2) N-adag, kg N/ha/év				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	0	100	200	300		
<i>N %</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	3,36	4,94	5,30	5,40	0,19	4,75
a) Hajtás <sup>2</sup>	2,40	2,95	3,33	3,46	0,13	3,03
b) Levél <sup>3</sup>	3,70	4,48	4,78	4,84	0,11	4,45
c) Szár <sup>4</sup>	0,96	1,25	1,33	1,38	0,12	1,23
d) Mag <sup>4</sup>	3,82	4,20	4,27	4,28	0,10	4,14
e) Gyökér <sup>2</sup>	0,89	1,09	1,32	1,37	0,07	1,17
e) Gyökér <sup>4</sup>	1,03	1,40	1,58	1,71	0,19	1,43
<i>Ca %</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	2,02	2,68	2,99	3,05	0,14	2,68
a) Hajtás <sup>2</sup>	2,44	2,55	2,70	2,80	0,17	2,62
b) Levél <sup>3</sup>	3,66	3,68	3,69	3,79	0,10	3,71
c) Szár <sup>4</sup>	1,13	1,17	1,15	1,16	0,08	1,15
d) Mag <sup>4</sup>	0,35	0,35	0,33	0,34	0,01	0,34
e) Gyökér <sup>2</sup>	0,59	0,63	0,67	0,68	0,06	0,64
e) Gyökér <sup>4</sup>	0,93	1,02	1,11	1,08	0,14	1,03
<i>Mg %</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	0,28	0,39	0,39	0,41	0,02	0,36
a) Hajtás <sup>2</sup>	0,28	0,31	0,33	0,35	0,02	0,32
b) Levél <sup>3</sup>	0,30	0,35	0,37	0,39	0,02	0,35
c) Szár <sup>4</sup>	0,24	0,30	0,30	0,30	0,03	0,29
d) Mag <sup>4</sup>	0,26	0,27	0,26	0,27	0,01	0,26
e) Gyökér <sup>2</sup>	0,20	0,20	0,21	0,22	0,01	0,22
e) Gyökér <sup>4</sup>	0,22	0,25	0,26	0,26	0,04	0,25
<i>Na %</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	0,25	0,41	0,46	0,49	0,05	0,40
a) Hajtás <sup>2</sup>	0,14	0,30	0,41	0,40	0,05	0,31
b) Levél <sup>3</sup>	0,11	0,25	0,31	0,31	0,03	0,24
c) Szár <sup>4</sup>	0,11	0,22	0,27	0,28	0,03	0,22
d) Mag <sup>4</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
e) Gyökér <sup>2</sup>	0,19	0,34	0,40	0,38	0,05	0,33
e) Gyökér <sup>4</sup>	0,31	0,49	0,55	0,53	0,06	0,47

Megjegyzés: <sup>1</sup>: április 17-én (törözsa); <sup>2</sup>: május 15-én (virágzás); <sup>3</sup>: május 18-án; <sup>4</sup>: július 23-án (teljes érés). Hajtás<sup>1</sup>, ill. levél<sup>3</sup> optimumok: 4,0–5,5 % N, 2,8–5,0 % K; 1–2 % Ca; 0,35–0,70 % P; 0,25–0,40 % Mg; 30–100 mg/kg Mn; 25–70 mg/kg Zn; 5–12 mg/kg Cu szárazanyagban (BERGMANN, 1992)

Megemlítjük, hogy a törózsás hajtás tömegét a K-ellátás javulása is növelte, átlagosan 25 %-kal. A minimum–maximum hozamok ekkor nyolcszorosára változtak a kezelésektől függően. Virágzaskor az átlagos K-hatás 8 %-ra mérséklődött és a minimum–maximum hozamok mintegy ötszörös különbségeket mutattak. Érés kezdetén K-hatás már nem jelentkezett, a különbség háromszorosára szűkült. A betakarításkori szár és mag tömegében már csak kétszeres különbséget találtunk a minimum–maximum hozamokban.

A 3. táblázat adatai szerint a talaj N-kínálatával minden növényi szervben nőtt a N %-a. Leggazdagabb volt nitrogénben a törózsás hajtás, a virágzaskori levél és a magtermés 4 % feletti átlagos tartalommal. Ezzel szemben az aratáskori szár és általában a gyökér viszonylag alacsony, 1 % körüli N-t mutatott. Kielégítő N-ellátottságot az irodalmi optimumnak megfelelő 4–5 % közötti tartomány jellemezheti a törózsás korú hajtásban, ill. a virágzás elején vett felülről 3. kifejlett levélben egyaránt. A javuló N-kínálattal érdemben nőtt a növényi részek Ca, Mg és Na %-a is.

A Ca főként a levélben dúsul, ezt követi a hajtás, szár, aratáskori gyökér, fiatal gyökér és végül a mag, mely káliumban szegény. A Ca %-a az irodalmi optimumokat jelentősen, 50–100 %-kal is meghaladhatja ezen a meszes talajon. A Mg-koncentráció maximumát a fiatal hajtásban és a levélben találjuk, míg minimumát a gyökérben. A növényi részek Mg %-a azonban viszonylag közelálló, 0,20–0,41 közötti sávban változik a N-ellátás függvényében és az irodalmi optimumnak megfelelően. A repce szövetei az olajos magtermés kivételével N-ban gazdagok és koncentrációjuk átlagosan megkétszereződik a N-kínálattal. Mivel a nátrium nem minősül terméslimitáló tápelemnek, az irodalom határkoncentrációkat nem ad meg.

Megmértük a növényi szervek  $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalmát. A nitrát a figyelem középpontjába került részben humán- és állategészségügyi okból, részben pedig a N-szaktanácsadás szemszögéből. Szabadföldi salátában pl. 0,56, üvegháziban 1,02, bébiételekben 0,09 mg/g engedélyezett friss anyagban a 17/1999. (VI. 16.) EüM rendelet szerint. Takarmányokra általában ma még nem adnak meg határértékeket, de a humánfogyasztásra adottak mérvadóak lehetnek az érzékenyebb állatfajokra is. A bébiételekre előírt szigorúbb 90 mg/kg  $\text{NO}_3\text{-N}$  a főzelékkonverzerekre vonatkozik. A nitrát a gyomorban nitráttá redukálódik és a kisgyermek fulladásához vezethet.

Nitrát a növényben tartaléktápelemnek minősül és különösen a fiatal szervekben halmozódhat fel a későbbi felhasználást szolgálva. A növények N-ellátottságát adott szerv  $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlete jól jelezheti, ezért terjed vizsgálata a N-szaktanácsadásban olyan kultúráknál, melyeknél a N-ellátás hiánya vagy túlsúlya jelentős terméskiesést vagy minőségromlást okozhat. Ilyen növény pl. a cukorrépa. A repce átlagos  $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma kísérletünkben az alábbiak szerint változott a tenyésztési folyamán: törózsáskori hajtás 6,6, virágzaskori gyökér 2,1, levél 1,9, szár 1,5, magtermés 0,1 mg/g alatt szárazanyagban (4. táblázat).



## 4. táblázat

Az NxP-ellátás hatása a légszáraz repce szerveinek NO<sub>3</sub>-N-tartalmára, 1984  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörsök)

(1) N-ellátottság kg N/ha évente	(2) AL-oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg				(3) SzD <sub>5%</sub> 36	(4) Átlag 247
	76	150	292	470		
<i>A. Hajtás levélváltáskor (április 17-én), mg/g</i>						
0	2,3	0,8	1,0	0,6	1,3	1,2
100	6,0	5,0	4,9	5,6		5,4
200	6,7	10,0	10,4	9,8		9,3
300	7,9	11,8	11,5	12,0		10,8
a) Átlag	5,7	6,9	7,0	7,0	0,7	6,6
<i>B. Gyökér virágzáskor (május 15-én), mg/g</i>						
0	1,2	0,8	0,6	0,5	0,6	0,8
100	2,1	1,2	1,1	1,4		1,4
200	2,7	2,7	3,2	2,7		2,8
300	3,1	3,6	3,7	3,5		3,5
a) Átlag	2,3	2,1	2,1	2,0	0,3	2,1
<i>C. Levél fodrosodáskor (május 18-án), mg/g</i>						
0	1,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,8
100	2,2	1,5	1,2	1,5		1,6
200	2,7	2,2	2,2	2,1		2,3
300	3,0	2,5	2,7	2,9		2,8
a) Átlag	2,3	1,7	1,7	1,8	0,3	1,9
<i>D. Szár aratáskor (július 23-án), mg/g</i>						
0	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
100	0,9	1,1	1,3	0,8		1,0
200	1,2	2,0	2,5	2,4		2,0
300	1,4	2,5	3,6	2,9		2,6
a) Átlag	1,0	1,5	1,9	1,6	0,3	1,5

Megjegyzés: A mag NO<sub>3</sub>-N-tartalma méréshatár (0,1 mg/g) alatt

A 4. táblázatból az is látható, hogy P-hiányos talajon a NO<sub>3</sub> felvétele gátolt, ill. a foszforral jól ellátott kezelésekben N-hiány esetén a NO<sub>3</sub>-N-tartalma a minimumra csökken. A növények ugyanis csak a kiegyensúlyozott N/P arány jelenlétében folytathatnak intenzív fotoszintézist, a két elemet meghatározott arányban használják fel a szerves anyagok felépítésénél. A fiatal törzszak hajtás reagál legérzékenyebben a N-kínálatra. A NO<sub>3</sub>-N nagyságrenddel változik, széles sávban és kiválóan alkalmas lehet diagnosztikai célokra. Optimális tartományt az 5–10 mg/g NO<sub>3</sub>-N-koncentráció jelenthet (4. táblázat).

Figyelemre méltó, hogy az összes N-készletnek egyre nagyobb részét teszi ki a NO<sub>3</sub>-N a javuló N-kínálat nyomán. A 0, 100, 200, ill. 300 kg N/ha/év adaggal

a NO<sub>3</sub>-N részaránya 4, 11, 18, 20 %-ra nő a törózsás korú hajtásban. Ugyanitt a 6,6 mg/g átlagos NO<sub>3</sub>-N 14 %-át jelenti a 4,75 % összes átlagos N-készletnek. Hasonlóképpen a virágzáskori gyökérben 9-ről 26 %-ra, levélben 2-ről 6 %-ra, a szárban 4-ről 19 %-ra emelkedik a NO<sub>3</sub>-N átlagos részaránya. Megemlíthető még, hogy a törózsás korú hajtás 10 % körüli szárazanyag-tartalmát tekintve a friss anyagra megadott NO<sub>3</sub>-N-tartalma az 1 mg/g értéket is elérheti, közelítve az üvegházi salátára engedélyezett koncentrációhoz. Elméletileg, a repce legeltetése esetén ezzel számolni lehet a nitrátérzékeny állatfajoknál.

Foszforban a leggazdagabb a magtermés, ezt követi a fiatal törózsás hajtás, virágzáskori hajtás, levél, fiatal gyökér, szár, előregedő gyökér. Aratás idejére a gyökér és a szár foszforban elszegényedik, a tápelem a magba vándorol. A talaj javuló P-kínálatával minden növényi szervben emelkedik a P %-a. Az optimum tartományt a törózsás hajtásban 0,6–0,7 %, a virágzáskori levélben 0,4–0,5 % P-tartalom jelentheti. A P-ellátás javulásával a repcében (a mag kivételével) jelentősen nő a Na-koncentráció is, hasonlóan a N-trágyázáshoz. Ezzel szemben a Zn-tartalom drasztikusan mérséklődik a virágzáskori hajtásban, levélben, és az aratáskori szárban már felére csökken. A P–Zn antagonizmus nyomán a repce már a Zn-hiányos zónába kerülhetett a foszforral jobban ellátott kezelésekben az 5. táblázat adatai szerint. Erre utal az is, hogy a MÉM NAK (1982) vizsgálatokban a repcemag átlagos Zn-tartalma 41 mg/kg értéket mutatott a 8 termőhely átlagában, míg kísérletünkben az átlagos Zn-koncentráció a magtermésben 28 mg/kg volt.

A P-túlsúly indukálta Zn-hiányt minden növény elemzésénél tapasztaltuk ezen a talajon, mely felvehető P és Zn elemekben egyaránt szegény. A Zn-ellátásra érzékenyebb kultúráknál, mint pl. a kukorica, a P-túlsúly terméscsökkenést eredményez (KÁDÁR et al., 2000). Az irodalmi optimumokkal összevetve a Cu-ellátás is alacsonynak minősíthető már a kezeletlen talajon. A P-túlsúly további Cu-tartalom csökkenését eredményezi. Viszonylag gazdagabb Cu-ben a fiatal gyökér, ezt követi a levél. Aratás idejére a Cu a magban dúsul, míg a szár és a gyökér ebben a tápelemben elszegényedik (5. táblázat).

Káliumban a törózsás korú hajtás a leggazdagabb, majd erőteljes hígulás lép fel a tenyészidő folyamán a virágzáskori hajtás, levél, szár, mag sorrendben. A talaj javuló K-kínálatát szintén a törózsás korú hajtás jelzi kifejezetten luxusfelhalmozással. Optimális K-koncentrációt a törózsás hajtásban 4–5 %, a virágzáskori levélben 2,5–3,0 % K-tartalom jelezhet. A törózsás hajtás és a virágzáskori levél összetétele jelentősen különbözik, így a BERGMANN (1992) által javasolt tág 2,8–5,0 % közös optimális tartomány már nem eléggé orientálja a szaktanácsadást. A 6. táblázatban bemutatott eredmények arra utalnak, hogy külön határértékeket kell megadni a törózsás korú hajtásra és a virágzáskori levélre.

A K–Mg kationantagonizmus nyilvánul meg a Mg %-ának csökkenésében, mely minden növényi részben megfigyelhető, de ez a csökkenés nem vezethet

5. táblázat  
A P-ellátás hatása a légszáraz repce elemtartalmára 1984-ben  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhorcsök)

(1) Növényi rész	(2) AL-oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/kg				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	76	150	292	470	36	247
<i>P %</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	0,43	0,61	0,69	0,72	0,02	0,61
a) Hajtás <sup>2</sup>	0,42	0,47	0,51	0,54	0,02	0,48
b) Levél <sup>3</sup>	0,30	0,39	0,44	0,47	0,02	0,40
c) Szár <sup>4</sup>	0,15	0,20	0,23	0,25	0,02	0,21
d) Mag <sup>4</sup>	0,57	0,65	0,69	0,71	0,01	0,66
e) Gyökér <sup>2</sup>	0,22	0,28	0,33	0,38	0,02	0,30
e) Gyökér <sup>4</sup>	0,11	0,16	0,20	0,24	0,03	0,18
<i>Na %</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	0,25	0,44	0,46	0,47	0,05	0,40
a) Hajtás <sup>2</sup>	0,18	0,33	0,36	0,38	0,05	0,31
b) Levél <sup>3</sup>	0,14	0,26	0,27	0,30	0,03	0,24
c) Szár <sup>4</sup>	0,14	0,24	0,26	0,25	0,03	0,22
d) Mag <sup>4</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
e) Gyökér <sup>2</sup>	0,25	0,35	0,35	0,36	0,05	0,33
e) Gyökér <sup>4</sup>	0,35	0,51	0,50	0,53	0,06	0,47
<i>Zn, mg/kg</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	35	30	30	28	4	31
a) Hajtás <sup>2</sup>	43	23	21	19	7	26
b) Levél <sup>3</sup>	35	22	18	17	2	23
c) Szár <sup>4</sup>	18	13	9	9	4	12
d) Mag <sup>4</sup>	34	29	25	23	2	28
e) Gyökér <sup>2</sup>	19	16	15	14	2	16
e) Gyökér <sup>4</sup>	20	20	14	14	9	17
<i>Cu, mg/kg</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	2,7	2,6	2,0	2,0	0,6	2,3
a) Hajtás <sup>2</sup>	3,0	2,4	2,3	2,2	0,2	2,5
b) Levél <sup>3</sup>	3,8	3,7	3,5	3,4	0,3	3,6
c) Szár <sup>4</sup>	2,0	1,9	1,9	1,8	0,2	1,9
d) Mag <sup>4</sup>	3,4	3,5	3,2	3,2	0,2	3,3
e) Gyökér <sup>2</sup>	6,2	5,6	5,5	5,5	0,7	5,7
e) Gyökér <sup>4</sup>	3,8	3,7	3,2	3,6	0,6	3,6

Megjegyzés: <sup>1</sup>: április 17-én (törözsa); <sup>2</sup>: május 15-én (virágzás); <sup>3</sup>: május 18-án; <sup>4</sup>: július 23-án (teljes érés). Hajtás<sup>1</sup>, ill. a levél<sup>3</sup> optimális összetétele: 0,35–0,70 % P, 25–70 mg/kg Zn, 5–12 mg/kg Cu szárazanyagban (BERGMANN, 1992)

6. táblázat  
A K-ellátás hatása a légszáraz repce elemtartalmára, 1984  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörsök)

(1) Növényi rész	(2) AL-oldható K <sub>2</sub> O, mg/kg				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	130	144	186	263	8	181
<i>K %</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	3,59	4,01	4,66	5,15	0,25	4,35
a) Hajtás <sup>2</sup>	3,03	3,16	3,13	3,25	0,11	3,14
b) Levél <sup>3</sup>	2,44	2,65	2,85	3,04	0,07	2,74
c) Szár <sup>4</sup>	1,43	1,39	1,50	1,52	0,07	1,46
d) Mag <sup>4</sup>	0,82	0,82	0,80	0,83	0,03	0,82
e) Gyökér <sup>2</sup>	1,83	1,90	1,98	2,05	0,08	1,94
e) Gyökér <sup>4</sup>	1,38	1,41	1,45	1,54	0,10	1,45
<i>Mg %</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	0,42	0,38	0,35	0,31	0,02	0,36
a) Hajtás <sup>2</sup>	0,35	0,33	0,30	0,29	0,02	0,32
b) Levél <sup>3</sup>	0,37	0,36	0,34	0,33	0,02	0,35
c) Szár <sup>4</sup>	0,31	0,28	0,28	0,27	0,03	0,29
d) Mag <sup>4</sup>	0,28	0,27	0,26	0,26	0,01	0,27
e) Gyökér <sup>2</sup>	0,23	0,22	0,20	0,19	0,02	0,21
e) Gyökér <sup>4</sup>	0,27	0,25	0,25	0,23	0,04	0,25
<i>Mn, mg/kg</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	89	83	76	74	5	80
a) Hajtás <sup>2</sup>	78	73	69	67	5	72
b) Levél <sup>3</sup>	116	111	107	102	4	109
c) Szár <sup>4</sup>	50	47	44	41	5	46
d) Mag <sup>4</sup>	39	38	36	35	4	37
e) Gyökér <sup>2</sup>	108	84	89	78	14	90
e) Gyökér <sup>4</sup>	84	75	74	69	15	75

Megjegyzés: <sup>1</sup>: ápr. 17-én (törőzsza), <sup>2</sup>: május 15-én (virágzás), <sup>3</sup>: május 18-án, <sup>4</sup>: július 23-án (teljes érés). A Fe átlagos koncentrációja az egyes növényi szervekben: hajtás<sup>1</sup> = 400, hajtás<sup>2</sup> = 800, levél<sup>3</sup> = 200, szár<sup>4</sup> = 60, mag<sup>4</sup> = 90, gyökér<sup>2</sup> = 3000, gyökér<sup>4</sup> = 1500 mg/kg légszáraz anyagban

Mg-hiányos ellátáshoz ezen a meszes, magnéziumban is kielégítően ellátott termőhelyen. A javuló K-kínálattal némileg mérséklődik a mangán beépülése. Maximális Mn-koncentrációkat a levélben találunk, míg a mag és a szár legszegényebb Mn-ban. A termőhely – irodalmi optimumok alapján – kielégítően ellátottnak tekinthető. A Fe koncentrációit a NPK-ellátás érdemben nem befolyásolta. Átlagos tartalma az egyes szervekben az alábbi volt: törőzsza korú hajtás 400, virágzaskori hajtás 800, levél 200, szár 60, mag 90, virágzaskori gyökér 3000, aratáskori gyökér 1500 mg/kg légszáraz anyagban.

7. táblázat  
A NxP-ellátás hatása a légszáraz repce N/P arányára, 1984  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörsök)

(1) N-ellátottság kg N/ha évente	(2) AL-oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg				(3) SzD <sub>5%</sub> 36	(4) Átlag 247
	76	150	292	470		
<i>A. Hajtás levélváltáskor (április 17-én)</i>						
0	8,4	5,6	5,5	5,3	1,0	6,2
100	13,3	7,5	6,7	6,6		8,5
200	12,3	8,6	7,4	6,9		8,8
300	13,1	8,5	7,6	6,9		9,0
a) Átlag	11,8	7,6	6,8	6,4		0,5
<i>B. Hajtás virágzáskor (május 15-én)</i>						
0	7,1	5,0	4,6	4,4	0,8	5,3
100	8,0	5,9	5,4	5,3		6,1
200	8,3	7,1	6,5	5,8		6,9
300	8,4	7,3	6,6	5,8		7,0
a) Átlag	8,0	6,3	5,8	5,3		0,4
<i>C. Levél fodrosodás kezdetén (május 18-án)</i>						
0	14	9	8	8	2	10
100	17	11	9	9		11
200	17	12	11	10		13
300	18	13	12	10		13
a) Átlag	16	11	10	9		1
<i>D. Szár aratáskor (július 23-án)</i>						
0	7,6	5,1	4,3	4,2	0,8	5,3
100	8,8	6,1	5,0	4,8		6,2
200	9,0	6,4	5,9	5,2		6,6
300	9,5	6,8	5,6	5,3		6,8
a) Átlag	8,7	6,1	5,2	4,9		0,4
<i>E. Gyökér aratáskor (július 23-án)</i>						
0	12	6	4	4	3	6
100	13	8	7	7		9
200	17	11	8	7		11
300	16	11	10	8		11
a) Átlag	14	9	7	6		2

A repce termését és ásványi összetételét döntően a NxP-ellátás befolyásolta. Szaktanácsadási szempontból is e két elem kiegyensúlyozott aránya biztosíthatja a megfelelő hozamokat. A növényelemzés adataira támaszkodó trágyázási szaktanácsadás biztonságát az optimális elemarányok figyelembevétele nagyban segítheti, hiszen egy elem túlsúlya más elem hiányán alapulhat. A 7. táblázat-

8. táblázat  
A P-ellátás hatása a légszáraz repce főbb elemarányaira, 1984  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörsök)

(1) Növényi rész	(2) AL-oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	76	150	292	470	36	247
<i>P/Fe</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	7	18	20	21	3	16
a) Hajtás <sup>2</sup>	5	7	8	9	2	7
b) Levél <sup>3</sup>	15	19	21	20	3	19
c) Szár <sup>4</sup>	26	39	42	46	9	38
d) Mag <sup>4</sup>	62	75	76	77	4	72
e) Gyökér <sup>2</sup>	0,8	1,0	1,0	1,3	0,3	1,0
e) Gyökér <sup>4</sup>	0,7	1,2	1,6	1,7	0,4	1,3
<i>P/Mn</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	61	76	82	87	4	76
a) Hajtás <sup>2</sup>	59	69	71	74	4	68
b) Levél <sup>3</sup>	34	37	38	37	2	37
c) Szár <sup>4</sup>	33	47	48	55	4	46
d) Mag <sup>4</sup>	158	190	185	186	14	180
e) Gyökér <sup>2</sup>	27	34	36	44	5	35
e) Gyökér <sup>4</sup>	15	22	30	32	4	25
<i>P/Zn</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	128	208	236	255	27	207
a) Hajtás <sup>2</sup>	109	207	254	299	28	217
b) Levél <sup>3</sup>	87	182	255	274	15	199
c) Szár <sup>4</sup>	90	184	282	322	54	220
d) Mag <sup>4</sup>	158	190	185	186	14	180
e) Gyökér <sup>2</sup>	120	202	223	280	23	206
e) Gyökér <sup>4</sup>	61	122	171	184	39	135
<i>P/Cu</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	1832	3143	4255	4358	906	3397
a) Hajtás <sup>2</sup>	1442	2095	2129	2410	140	2019
b) Levél <sup>3</sup>	826	1047	1348	1350	104	1143
c) Szár <sup>4</sup>	813	1069	1281	1468	235	1158
d) Mag <sup>4</sup>	1759	1929	2182	2285	289	2040
e) Gyökér <sup>2</sup>	392	509	568	716	53	546
e) Gyökér <sup>4</sup>	326	558	658	725	125	567

<sup>1</sup>: ápr. 17-én (törőzsa), <sup>2</sup>: máj. 15-én (virágzás), <sup>3</sup>: máj. 18-án, <sup>4</sup>: júl. 23-án (teljes érés)

ban bemutatjuk a NxP-ellátás hatását a repce szerveinek N/P arányára a tenyészidő folyamán. Adataink a hazai irodalomban hiánypótlóak.

## 9. táblázat

A P- és N-ellátás hatása a repce K/Na, K/P és N/K arányára, 1984  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörsök)

(1) Növényi rész	(2) AL-oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	76	150	292	470	36	247
<i>K/Na</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	21	12	13	11	3	14
a) Hajtás <sup>2</sup>	22	11	12	10	3	14
b) Levél <sup>3</sup>	25	14	13	12	3	16
c) Szár <sup>4</sup>	12	7	7	8	2	8
d) Mag <sup>4</sup>	36	37	40	39	5	38
e) Gyökér <sup>2</sup>	9	6	6	7	2	7
e) Gyökér <sup>4</sup>	4	4	3	3	1	4
<i>K/P</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	10	7	6	6	1	7
a) Hajtás <sup>2</sup>	9	7	6	5	1	7
b) Levél <sup>3</sup>	11	7	6	5	1	7
c) Szár <sup>4</sup>	10	7	7	6	1	7
d) Mag <sup>4</sup>	1	1	1	1	1	1
e) Gyökér <sup>2</sup>	10	7	6	5	1	7
e) Gyökér <sup>4</sup>	13	10	7	6	2	9

(1) Növényi rész	(5) N-trágyázás, kg/ha/év				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	0	100	200	300		150
<i>K/Na</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	19	15	11	12	3	14
a) Hajtás <sup>2</sup>	22	13	10	10	3	14
b) Levél <sup>3</sup>	29	14	11	10	3	16
c) Szár <sup>4</sup>	13	8	6	6	2	8
d) Mag <sup>4</sup>	39	38	38	36	5	38
e) Gyökér <sup>2</sup>	10	6	5	7	2	7
e) Gyökér <sup>4</sup>	5	3	3	3	1	4
<i>N/K</i>						
a) Hajtás <sup>1</sup>	0,8	1,2	1,2	1,2	0,1	1,1
a) Hajtás <sup>2</sup>	0,8	0,9	1,1	1,1	0,1	1,0
b) Levél <sup>3</sup>	1,2	1,6	1,8	2,1	0,1	1,7
c) Szár <sup>4</sup>	0,7	0,8	0,9	0,9	0,1	0,8
d) Mag <sup>4</sup>	4,8	5,2	5,2	5,3	0,2	5,1
e) Gyökér <sup>2</sup>	0,5	0,6	0,7	0,7	0,1	0,6
e) Gyökér <sup>4</sup>	0,6	1,0	1,2	1,2	0,2	1,0

<sup>1</sup>: ápr. 17-én (törözsa), <sup>2</sup>: máj. 15-én (virágzás), <sup>3</sup>: máj. 18-án, <sup>4</sup>: júl. 23-án (teljes érés)

A N/P arányok tág határok között változnak és érzékenyen jelezni képesek a NxP-ellátás helyzetét. A föld feletti szervekben állandóan 2–2,5-szeres, míg az aratáskori gyökérben 4-szeres különbségek adódnak az N/P arányokban. Az átlagos N-túlsúly a virágzáskori levélben a legnagyobb (12-szeres a P-hoz viszonyítva), míg a hajtásban és a szárban 6–8-szoros. Diagnosztikai szempontból a törózsás hajtásban 8–10, a virágzáskori levélben 10–12 N/P arány tekinthető ideálisnak, vagy optimálisnak az irodalmi adatokkal egyezően (7. táblázat).

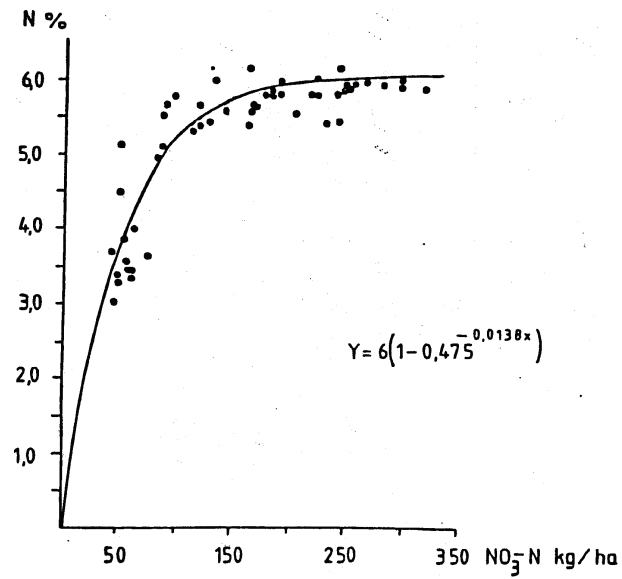
A talaj P-ellátottsága főként az esszenciális mikroelemek felvételét módosíthatja. A 8. táblázatban látható, hogy a P/Fe átlagos aránya a gyökérben 1–1,3, míg a magban 72-re tágul. A talaj növekvő P-kínálata nyomán döntően a fiatal hajtás P/Fe hányadosa emelkedik. A P/Mn aránya szintén a gyökérben a legszűkebb és a magban a legtágabb. A talaj javuló foszforellátottságát a gyökér mintegy kétszeresére táguló P/Mn hányadosa tükrözi kifejezetten. Az irodalomban fiatal növényi hajtásra és levélre megadott 50–150 P/Zn optimális tartomány kísérletünkben 200 fölé tágul, jelezve az indukált Zn-hiányt a foszforral jobban ellátott kezelésekben. A törózsás korú hajtás és a virágzáskori levél P/Zn aránya közelálló, így az egységes optimumok iránymutatók lehetnek a szaknácásadás számára.

Az átlagos P/Cu hányados közel felére szűkül a virágzáskori levélben a törózsás korú hajtáshoz viszonyítva, így közös optimum nem állítható fel. A talaj P-kínálatával a P/Cu aránya tágul minden növényi részben. Az irodalmi 500–1500 P/Cu optimum a virágzáskori levél összetételére lehet iránymutató. A törózsás korú hajtásban ez az optimum a 2000–3000 közötti tartományban jelentkezhet, kísérletünk azonban nem alkalmas a P-indukálta Cu-hiány szabatos meghatározására (8. táblázat).

Mivel a Na-beépülést a P- és a N-trágyázás egyaránt elősegítette, a K/Na aránya erőteljesen szűkült mindkét esetben a javuló P-, ill. N-kínálattal. Az átlagos K/Na hányados a gyökérben és a magban töredéke a fiatal hajtásban és levélben mértnek. A K/P arányát csökkenti a P-kínálata a vegetatív szervekben. A diagnosztikai optimum 6–8 körüli K/P-tartományban található gyakorlatilag minden föld feletti vegetatív növényi részben. A N/K aránya a szárban átlagosan 0,8, míg a magban 5,1 értéket mutat, a mag nitrogénben dúsult, ill. káliumban szegényedett. Az optimumok keskeny sávban adhatók meg: a törózsás korú hajtásban 0,8–1,2, a virágzáskori levélben 1,2–1,6 N/K arány lehet iránymutató a kiegyensúlyozott N- és K-tápláltság kontrolljában (9. táblázat).

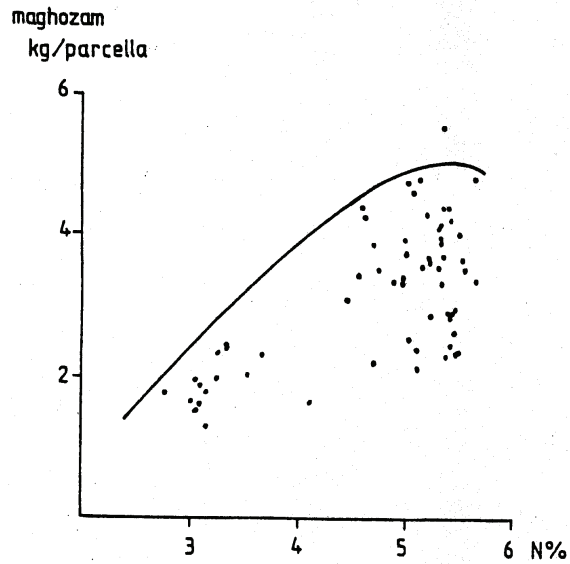
Az 1. ábrán a talaj 0–60 cm-es rétegében tavasszal mért  $\text{NO}_3\text{-N}$  készletének és a törózsás korú repce hajtásának N-tartalma közötti ( $Y = 6(1 - 0,475^{-2,0138x})$ ) összefüggést mutatjuk be. Ebben a korban mintegy 100 kg/ha  $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlettel kellett rendelkeznie a vizsgált felső 60 cm-es talajrétegnek ahhoz, hogy a repce hajtása a kívánatos 5 % körüli N-tartalmat elérje. Amint a 2. ábra burkológörbéje szemlélteti, az 5–5,5 %-os N-koncentráció biztosította a maximális maghozamokat. A törózsás korú, levélváltás utáni N % és a magtermés olajtartalma





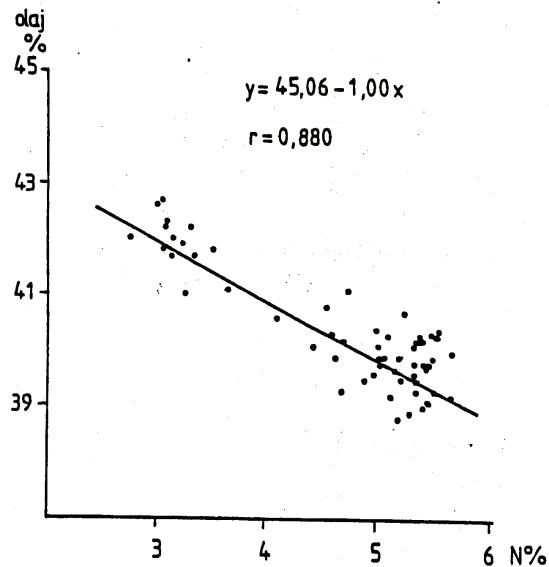
1. ábra

A talaj 0–60 cm-es rétegében mért NO<sub>3</sub>-N-tartalom és a levélváltáskori repcenövény N-tartalmának összefüggése (Karbonátos csernozjom, Nagyhorcsók, 1984)



2. ábra

A repce maghozamának és levélváltáskori N-tartalmának összefüggése



3. ábra

A repcemag olajtartalmának és levélváltáskori N-tartalmának összefüggése

közötti összefüggés ( $y = 45,06 - 1,00x$ ,  $r = 0,880$ ) negatív, lineáris. A N-bőség a fehérjetartalmat növeli az olaj rovására (3. ábra). A korai növényanalízissel tehát a minőség előre jelezhető.

### Összefoglalás

Karbonátos vályog csernozjom talajon, egy műtrágyázási tartamkísérlet 11. évében vizsgáltuk az eltérő N-, P- és K-ellátottsági szintek és kombinációik hatását az őszi káposztarepce (Yet Neuf fajta) szerveinek elemösszetételére és főbb tápelemarányainak változására. Emellett összefüggést keresünk a talaj 0–60 cm-es rétegének  $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlete és a törőzsás hajtás N %-a, ill. a növényi N % és a magtermés/olaj % között. Ellenőriztük a repce tápláltsági állapotának megítélésére szolgáló diagnosztikai határértékeket, valamint új javaslatokat dolgoztunk ki a szaktanácsadás számára. A termőhely talaja a szántott rétegben mintegy 3 % humuszt, 5 %  $\text{CaCO}_3$ -ot, 20 % agyagot tartalmazott, P és Zn elemekben gyengén, N és K elemekben közepesen ellátottnak minősült. A kísérlet  $4\text{N} \times 4\text{P} \times 4\text{K} = 64$  kezelést és 2 ismétlést foglal magában, összesen 128 parcellával. A műtrágyákat 25 %-os pétisó, szuperfoszfát és kálisó formájában alkalmaztuk. A talajvíz 13–15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. Főbb eredményeink:

– A repce kielégítő N-ellátottságát az irodalmi optimumnak megfelelő 4–5% közötti N-tartalom jellemezheti a törőzsás korú/levélváltás utáni hajtásban és a virágzás elején vett kifejlett levélben egyaránt. A javuló N-kínálattal nőtt a növényi szövetek kationtartalma (Ca, Mg, Na) is.

– A törőzsás korú hajtás  $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlete egy nagyságrenddel változik a kínálat függvényében és kiválóan megfelelhet diagnosztikai célokra. Optimális N-ellátottsági tartományt az 5–10 mg/g, azaz 5–10 ezrelék  $\text{NO}_3\text{-N}$ -koncentráció képezheti a szárazanyagban. A növényi N-tartalomban a  $\text{NO}_3\text{-N}$  részaránya a kontrollhoz viszonyítva 4-ről 20 %-ra emelkedett a N-túltrágyázás nyomán.

– A repce kielégítő P-ellátottságát a törőzsás korú hajtásban 0,6–0,7 %, a virágzáskori levélben 0,4–0,5 % P-tartalom tükrözheti. A javuló P-kínálattal jelentősen és igazolhatóan nőtt a Na-, valamint csökkent a Zn- és Cu-koncentráció a növényi részekben. A P-Zn antagonizmus latens Zn-hiányhoz vezethetett a foszforral jobban ellátott talajon, irodalmi határértékek alapján.

– A tápelemarányok némelyike tág határok között változva érzékenyen képes jellemezni a tápláltság kiegyensúlyozottságát, minőségét, harmóniáját, így biztonságosabbá teheti a szaktanácsadást. A meghatározó N/P arány tekintetében a törőzsás hajtásban 8–10, a virágzáskori levélben 10–12 N/P arány lehet iránymutató. Az optimális P/Zn hányados – irodalmi adatokkal összehangban – az 50–150 közötti tartományban található mind a törőzsás hajtásban, mind a virágzáskori levélben.

– A P/Cu hányadosra ilyen közös optimum nem adható meg, mivel a P/Cu aránya közel 1/3-ára szűkül a virágzáskori levélben a törőzsás korú hajtáshoz viszonyítva. A levélben 500–1500, a törőzsás hajtásban 2000–3000 P/Cu arány lehet iránymutató. Kísérletünk nem alkalmas azonban a P/Cu arány optimumának szabatos megállapítására.

– A N/K optima törőzsás hajtásban 0,8–1,2, a virágzáskori levélben 1,2–1,6 értékre tehető a kiegyensúlyozott N- és K-ellátottság becsülésénél. A K/P arány optima gyakorlatilag minden föld feletti vegetatív növényi részben 6–8 körül alakult.

– Tavasszal mintegy 100–150 kg/ha  $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlettel kell rendelkeznie a vizsgált talajnak ahhoz, hogy a törőzsás korú hajtás a kívánatos 5 % körüli N-tartalmat elérje, mely biztosíthatja a maximális maghozamokat. A törőzsás hajtás N %-a és a magtermés olajtartalma lineáris, negatív összefüggést mutatott. A N-bőség a fehérjetartalmat növeli az olajhozam rovására. Korai növényelemzéssel a minőség is előre jelezhető.

– A repce optimális PK-ellátottságát a 150–200 mg/kg ammónium-laktát-(AL-) oldható  $\text{P}_2\text{O}_5$ -, ill.  $\text{K}_2\text{O}$ -tartomány jelentheti a szántott rétegben ezen a talajon. Kielégítő N-ellátottságot a 100 kg/ha körüli N, ill. a 0–60 cm talajréteg 100–150  $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlete vetés előtt vagy tavasszal. Adatainak iránymutatóul szolgálhatnak a hazai szaktanácsadás számára.

**Kulcsszavak:** repce, tápláltsági állapot, növényanalízis

### Irodalom

- ANTAL J., 1987. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BERGMANN, W., 1992. Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag. Jena–Stuttgart–New York.
- BICZÓK GY. & NÉMETH T., 1984. Az őszi káposztarepce tápelem-fenodinamikája hazánk két nyugati agroökológiai körzetében. MTA TAKI. Budapest.
- EÖRY T., 1984. A repce fejtrágyázása. Magyar Mezőgazdaság. **39.** (11) 6.
- EÖRY T., 1986. A repce termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- GEISLER, G., 1988. Pflanzenbau. Verlag Paul Parey. Berlin–Hamburg.
- KÁDÁR I. et al., 2000. A kukorica (*Zea mays* L.) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. Növénytermelés. **49.** 371–388.
- KÁDÁR I. et al., 2001. A repce (*Brassica napus* L.) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. **50.** (In print)
- MÉM NAK, 1982. Jelentés a repce tápanyagfelvételi görbéjének kiméréséről. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- NÉMETH T., 1988. Az őszi káposztarepce tápelemfelvétele és trágyázása. Agrokémia és Talajtan. **36–37.** 294–312.
- NÉMETH T. & KARAMÁN J., 1986. A N-trágyázás hatása az őszi káposztarepce termésére és tápelemtartalmára. Agrokémia és Talajtan. **35.** 95–104.

*Érkezett: 2001. december 14.*

## Estimation of the Nutrient Status of Rape (*Brassica napus* L.) by Means of Plant Analysis

I. KÁDÁR

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

### Summary

The effect of different N, P and K levels and their combinations on the element composition and major nutrient ratios of rape (variety Yet Neuf) was investigated in the 11<sup>th</sup> year of a long-term fertilization experiment set up on calcareous chernozem soil. Correlations were also sought between the NO<sub>3</sub>-N reserves of the 0–60 cm soil layer and the N% of the rosette-stage shoot, the total plant N% and the seed yield/oil %. The diagnostic limit values used to estimate the nutrient status of rape were checked and new recommendations were elaborated for the extension service. The ploughed layer of the experimental soil contained 3% humus, 5% CaCO<sub>3</sub> and 20% clay, and was poorly supplied with P and Zn but moderately well supplied with N and K. The experiment included 4N×4P×4K = 64 treatments in 2 replications, giving a total of 128 plots. Fertilizers were applied in the form of 25% calcium ammonium nitrate, superphosphate and potassium chloride. The groundwater was located at 13–15 m depth and the area was drought-sensitive. The major results were as follows:

– Satisfactory N supplies are indicated by a 4–5% N content in the rosette-stage shoot or in fully developed leaves at the beginning of flowering, in agreement with the optimum values given in the literature. With an improvement in the N supplies there was also an increase in the cation content (Ca, Mg, Na) of the plant organs.

– The NO<sub>3</sub>-N content of the rosette-stage shoot changes by an order of magnitude as a function of the supplies and is excellently suited for diagnostic purposes. The optimum range of N supplies is indicated by 5–10 mg/g (i.e. an NO<sub>3</sub>-N concentration of 5–10 ‰ in the dry matter). The ratio of NO<sub>3</sub>-N in plant N content increased from 4 to 20% with extreme N supply as compared to the control.

– Satisfactory P supplies for rape are reflected by 0.6–0.7% P contents in the rosette-stage shoot or 0.4–0.5% in the leaves at flowering. Improved P supplies led to a significant increase in the Na concentration and a reduction in the Zn and Cu concentrations in the plant organs. The P-Zn antagonism may lead to latent Zn deficiency on soils with good P supplies, according to the limit values in the literature.

– Some of the nutrient ratios fluctuated between wide limits, providing a sensitive reflection of the balanced nature and quality of plant nutrition. This could serve to make the extension service recommendations more reliable. In the case of N/P, which is the most important ratio, a value of 8–10 in the rosette-stage shoot or 10–12 in the leaves at flowering could be a satisfactory guideline. In agreement with data in the literature, values ranging from 50–150 could be optimum for the P/Zn ratio, both in the rosette-stage shoot and in the leaves at flowering.

– A common optimum cannot be given for the P/Cu ratio, since in the leaves at flowering this ratio is reduced to approximately a third of that measured in the rosette-

stage shoot. Guidelines could be 500–1500 in the leaves and 2000–3000 in the shoot, but the present experiments were not suitable for the accurate determination of the optimum P/Cu ratio.

– The optimum N/K ratio for balanced N and K supplies can be estimated as 0.8–1.2 in the rosette-stage shoot and 1.2–1.6 in the leaves at flowering. The optimum K/P ratio was around 6–8 in all the aboveground vegetative plant organs.

– In spring the tested soil needed to have  $\text{NO}_3\text{-N}$  reserves amounting to 100–150 kg/ha if the rosette-stage shoot was to have a N content of around 5%, to ensure maximum seed yields. A linear negative correlation was found between the N% of rosette-stage shoot and the oil content of the seed yield. An excess of N enhances the protein content at the expense of the oil yield. Early plant analysis can be used to predict quality.

– On this soil the optimum PK supply for rape is 150–200 mg/kg AL-soluble  $\text{P}_2\text{O}_5$  or  $\text{K}_2\text{O}$  in the ploughed layer. Sufficient N supply is around 100 kg/ha N, or 100–150  $\text{NO}_3\text{-N}$  reserve in the 0–60 cm soil layer before sowing or in spring. These data may serve as guides for Hungarian extension service.

*Table 1.* Fertilizer application and the soluble element reserves of the soil (28 March 1984) (Calcareous chernozem, Nagyhörösök). (1) Fertilization, soil sampling. (2) Fertilizer levels (1973–1984). (3)  $\text{LSD}_{5\%}$ . (4) Mean. A. KCl-exchangeable  $\text{NH}_4\text{-N}$ . B. KCl-soluble  $\text{NO}_3\text{-N}$ . C.  $\text{NO}_3\text{-N}$  (A–C: averaged over the N levels). D. Ammonium-lactate (AL)-soluble  $\text{P}_2\text{O}_5$  (averaged over P levels). E. AL- $\text{K}_2\text{O}$  (averaged over K levels).

*Table 2.* Effect of N×P supplies on the yield of air-dry rape plant organs 1984, t/ha (1) N supplies, kg N/ha/year. a) Mean. (2) AL-soluble  $\text{P}_2\text{O}_5$ , mg/kg. (3)–(4): see Table 1. A. Rosette-stage shoot (Apr. 17). B. Shoot at flowering (May 15). C. Shoot at the beginning of ripening (Jul. 3). D. Stem at full maturity (Jul. 23). E. Seed at full maturity (Jul. 23).

*Table 3.* Effect of N fertilization on the element content of air-dry rape, 1984. (1) Plant organ. a) shoot; b) leaf; c) stem; d) seed; e) root. (2)–(4): see Table 1.

*Table 4.* Effect of N×P supplies on the  $\text{NO}_3\text{-N}$  content of air-dry rape organs, 1984 (1)–(4): see Table 1. A. Shoot (Apr. 17), mg/g. B. Roots at flowering (May 15), mg/g. C. Leaves (on May 18), mg/g. D. Stem at harvest (on Jul. 23), mg/g.

*Table 5.* Effect of P supplies on the element content of air-dry rape, 1984. (1)–(4): see Table 3.

*Table 6.* Effect of K supplies on the element content of air-dry rape, 1984 (1)–(4): see Table 3.

*Table 7.* Effect of N×P supplies on the N/P ratio of air-dry rape, 1984. (1)–(4): see Table 2.

*Table 8.* Effect of P supplies on the major element ratios of air-dry rape, 1984. (1)–(4): see Table 3.

*Table 9.* Effect of P and N supplies on the K/Na, K/P and N/K ratios of rape, 1984 (1)–(4): see Table 3. (5) N fertilization, kg/ha/year.

*Fig. 1.* Relationship between the  $\text{NO}_3\text{-N}$  content of the 0–60 cm soil layer and the N-content of rape at leaf renewal (Apr. 17).

*Fig. 2.* Relationship between seed yield and the N content of rape at leaf renewal.

*Fig. 3.* Relationship between the oil content of rape seed and the N content of rape at leaf renewal.