

SZEMLE

A cukorrépa N-felvételének és N-anyagcseréjének kapcsolata a technológiai minőséggel

A múlt század végén HERZFELD (1888) vizsgálati eredményei alapján megállapította, hogy a N-trágyázás hatására a cukorrépa káros N-tartalma növekszik. Nem sokkal később ANDRLIK (1903/04a,b) pedig a káros nitrogén cukorgyártásra gyakorolt hatásairól számolt be. Ezek az ismeretek azonban csak az intenzív műtrágyahasználat elterjedését követően, az 1960-as és 70-es években kerültek előtérbe. A túlzott N-műtrágyázás Európa-szerte a cukorrépa minőségének romlását idézte elő. Ezt követően a cukorgyárakban bevezetett minőség alapján történő répaátvétel irányította ismét a kutatók figyelmét a kérdésre. Az azóta eltelt időszakban számos új kutatási eredmény látott napvilágot. E dolgozatban a témához kapcsolódó alapvető ismereteket foglalom össze, kiemelve a répa minőségével fennálló összefüggéseket.

A cukorrépa N-felvétele, a N transzportja és eloszlása a cukorrépa növényben

A cukorrépa a nitrogént a talajból döntő mértékben NO_3^- és NH_4^+ formában veszi fel. MICHAEL és munkatársai (1965) ^{15}N -izotóppal végzett kísérletek alapján megállapították, hogy az ammónium felvételét a tápközeg pH-ja jobban befolyásolja, mint a nitrátét. Fiatal Beta-répa növények 6,8 pH-nál közel azonos mértékben vették fel mindkét N formát, 4-es pH mellett azonban lényegesen több nitrátot vettek fel, mint ammóniumot. Ezek az eredmények alátámasztják PRJANISCHNIKOW (1952) eredményeit, aki NH_4 -táplálás esetén közel semleges pH-nál, NO_3 -táplálás esetén 5,5 pH mellett kapott maximális gyökértermést.

TAKADA és munkatársai (1990) szántóföldi kísérletekben vizsgálták a N formák hatását a cukorrépa termésére és minőségére. Azt tapasztalták, hogy maximális répa- és cukortermések akkor alakultak ki, ha a kiadott műtrágya 50–75%-ban NO_3^- formában tartalmazta a nitrogént.

A felvett NH_4^+ közvetlenül bekapcsolódik a N-metabolizmusba, a nitrátot azonban a növénynek először ammóniummá kell redukálnia. Mivel a cukorrépa nitrátreduktáz (NR) enzimszere túlnyomórészt a levelekben lokalizálódik (BURBA et al., 1984), a felvett nitrát a gyökérből a transpirációs árammal a föld feletti szervekbe szállítódik. Ez magyarázza azokat a megfigyeléseket, amelyek szerint a cukorrépa által felvett nitrátnak több, mint 80 %-a a föld feletti szervekben volt kimutatható (VAN EGMOND, 1971; KOCH, 1978). A nitrát ilyen irányú transzportját a xylémedv kémiai analízise is igazolta (IZMAILOV, 1981). KELLY és ULRICH (1966) vizsgálatai szerint a levélnyelek NO_3 -koncentrációja magasabb, mint a levéllemezé. Ebből a levélnyelek NO_3 -raktározó szerepére lehet következtetni. A levélnyelek sejtjeibe kerülő nitrát egy kisebb

része a citoplazmában található, amely közvetlenül bekapcsolódhat a N-metabolizmusba. A tárolt nitrát nagyobb hányada azonban a vakuolumokba transzportálódik és ott halmozódik fel. A vakuolumban tárolt nitrát közvetlenül nem vesz részt az anyagcserében.

A levelek NO_3 -koncentrációját a N-ellátás és a növény életkora nagymértékben befolyásolja. A N-trágyázás hatására a cukorrépa szerveiben növekszik a NO_3 -tartalom; ez a növekedés a levélnyelekben különösen nagymértékű (LORENZ, 1978). A levéllemez, illetve a levélnyél NO_3 -koncentrációja a tenyészidő előrehaladtával csökken (LAST & TINKER, 1968). Ezen ismeretek alapján több kutató a cukorrépa levélnyelek NO_3 -tartalmának mérését javasolja a cukorrépa N-ellátottságának diagnosztizálására (ANALOGIDES, 1988; BEISS & BÜRCKY, 1993; BERGMANN & NEUBERT, 1976; CARTER et al., 1971; DIAS & OLIVIERA, 1987; GILES et al., 1977; JACOB, 1988; SCHULZ et al., 1989; ULRICH, 1950; WHITE, 1959).

ULRICH (1950) a cukorrépa esetében 1000 ppm-ben határozta meg a levélnyelek kritikus NO_3 -koncentrációját. VLASSAK és munkatársai (1983) szerint betakarítás előtt 6 héttel a cukorrépa levélnyelének NO_3 -koncentrációja negatív korrelációban áll a várható cukortartalommal.

A NR-enzim hiánya következtében a cukorrépa gyökereit NO_3 -táplálás esetén a levelek látják el redukált N-vegyületekkel. A transzport a floómen keresztül valósul meg túlnyomórészt glutamin formájában. A glutamin floémtranszportjának kísérletes bizonyítékát JOY (1962, 1966), illetve JOY és ANTCLIFF (1966) vizsgálatai adták. A glutamin transzportja nem egyirányú. A nagy anyagcsere-aktivitású levelek a proteinszintézishez szükséges N-igényüket a gyökerekben tárolt glutaminból fedezni tudják. BURBA (1977) eredményei szerint nagyadagú N-trágyázás következtében növekszik a cukorrépagyökerek glutamintartalma. Ilyen viszonyok mellett elsősorban a citromsav-ciklus vegyületei és a nekik megfelelő aminosavak szintetizálódnak, ami a gyökér szacharóztartalmának csökkenését eredményezi (SNYDER & TOLBERT, 1966).

A cukorrépa NH_4 -táplálása esetén a glutamin közvetlenül a gyökerekben képződik (BRETELER, 1973). Az ammónium közvetlen asszimilációjának előfeltétele, hogy a levelekből szénhidrátok és szerves savak szállítódjanak a gyökerekbe, amelyek energiaforrásként, illetve akceptor C-vázként (α -keto-glutársav) szükségesek a reakcióhoz (MICHAEL et al., 1970).

A cukorrépagyökerekben a glutamin-felhalmozódás mértéke függ a termőhelytől, a termesztés során alkalmazott agrotechnikai műveletektől (leginkább a N-trágyázástól), az állománysűrűségtől és a tenyészidőszak alatti időjárástól, de nemesítési intézkedésekkel is befolyásolható (OLTMANN et al., 1984).

A cukorrépa N-koncentrációja

A N-koncentráció a cukorrépa levelekben magasabb, mint a -gyökérben. Általánosan elmondható, hogy a nitrogén koncentrációja a fiatal növényben a legnagyobb, ami a tenyészidő vége felé fokozatosan csökken.

KNOWLES és munkatársai (1934) szerint májusban a levelek N-koncentrációja 4,8 % volt, ami szeptember végére 1,9 %-ra csökkent, ezzel együtt a répatest N-tartalma a májusi 2,7 %-ról szeptemberre 0,8 %-ra változott. Hasonló eredményekről számol be BEISS és WINNER (1975) is, akik 13 év kísérleti adatait dolgozták fel. Eredményeik szerint a levelek N-tartalma júniusban 4,17 %, október végén 2,06 % volt.

Ugyanebben az időszakban a gyökérben a N-koncentráció 2,11 %-ról 0,7 %-ra csökkent. MIKLOVIC és KOVACOVA (1993) a fő tápelemek koncentrációjának változását követték nyomon 16 éven át a cukorrépa tenyészideje során. Kísérleteikben a levél N-tartalma májusban az évjáratától függően 4,6 és 5,3 % között, a gyökér N-tartalma 2,3 és 3,3 % között változott. A tenyészidő során mind a levél, mind a gyökér N-koncentrációja csökkent. A N-koncentráció hígulása a növényben a kísérletek körülményeitől függően eltérő, nagymértékben befolyásolja a termőhely, illetve a talaj N-szolgáltatása. A nagyobb N-szolgáltatású talajokon termesztett répa levele és gyökere is több nitrogént tartalmaz a tenyészidő végén. A magasabb N-koncentráció a gyökérben a répa technológiai minőségét kedvezőtlenül befolyásolja.

IZSÁKI (1988) vizsgálati eredményeiből kitűnik, hogy a levelek N-koncentrációja a levél korával, elhelyezkedési zónájától függően változik. Legmagasabb a N-koncentráció a belső levélkörben elhelyezkedő fiatal levelekben, ami a külső levélkör felé haladva csökken (1. táblázat).

A cukorrépa levelek N-koncentrációjának mérése alapján több kutató is N-ellátottsági határértékeket állapított meg (BERGMANN & NEUBERT, 1976; ELEK & KÁDÁR, 1980; IZSÁKI, 1988). Az eljárás szerint meghatározott fenológiai stádiumban a levél N-koncentrációja alapján megállapítható a cukorrépa N-ellátottsága (2. táblázat). Az egyes szerzők sorzáródáskor a középső levélkörből származó, éppen kifejlődött levelet, vagy csak a levéllemezt javasolják a vizsgálat céljára. Az eljárás jól alkalmazható a N-ellátottság megítélésére. Az azonban kérdéses, hogy egy esetleges N-hiány megszüntetésére irányuló kiegészítő N-trágyázás ebben a fenológiai stádiumban még valóban hatékony lehet-e.

1. táblázat

A cukorrépa levelek N-koncentrációja elhelyezkedési zónánként
Növényfejllettség 14-16 levél (IZSÁKI, 1988)

Levél elhelyezkedési zónák	N-koncentráció a száraz anyag %-ában
Külső, elhaló, levelek	1,81
Külső, zöld, levelek	2,92
Középső, kifejlett, levelek	3,75
Belső, szívlevelek	5,11
SzD _{5%}	0,45

2. táblázat

A cukorrépa N-ellátottsági határértékei
(N-koncentráció a levélben, a száraz anyag %-ában)

	Alacsony	Kielégítő	Magas	
50-80 nappal a kelés után	< 4,3	4,5-5,0	> 5,0	BERGMANN & NEUBERT, 1976
80-110 nappal a kelés után	< 3,8	3,8-4,6	> 4,6	
110-120 nappal a kelés után	< 3,3	3,3-4,2	> 4,2	
Június vége-július közepe	< 3,0	3,0-4,0	> 4,2	IZSÁKI, 1988
Június vége	2,5-3,5	3,5-4,5	> 4,5	KÁDÁR, 1992

A cukorrépa N-felvételi dinamikája

Jóllehet a cukorrépa kétéves növény, az ipari feldolgozás céljára az első év végére kialakuló répatest kerül betakarításra. Éppen ezért a cukorrépa tápanyagfelvételével foglalkozó vizsgálatok is – kevés kivételtől eltekintve (WAGNER, 1932) – a répa tenyészidejének első évében lezajló folyamatainak megismerését célozták. A tápanyagfelvételi vizsgálatok kezdetben is már a cukorrépa tápanyagigényének megállapítására irányultak (KRÜGER & WIMMER, 1927). Különösen sok szerző foglalkozik a N-felvétellel, valamint a cukorrépa N-igényének meghatározásával.

A cukorrépa N-felvételi dinamikáját BEISS (1977, 1978), BEISS és WINNER (1975), IZSÁKI (1984), KOLPAKOV (1957), LOPATNIK és RUCKA (1968), LÜDECKE és NITZSCHE (1957), valamint ORLOVSZKIJ (1961) munkáiból ismerjük.

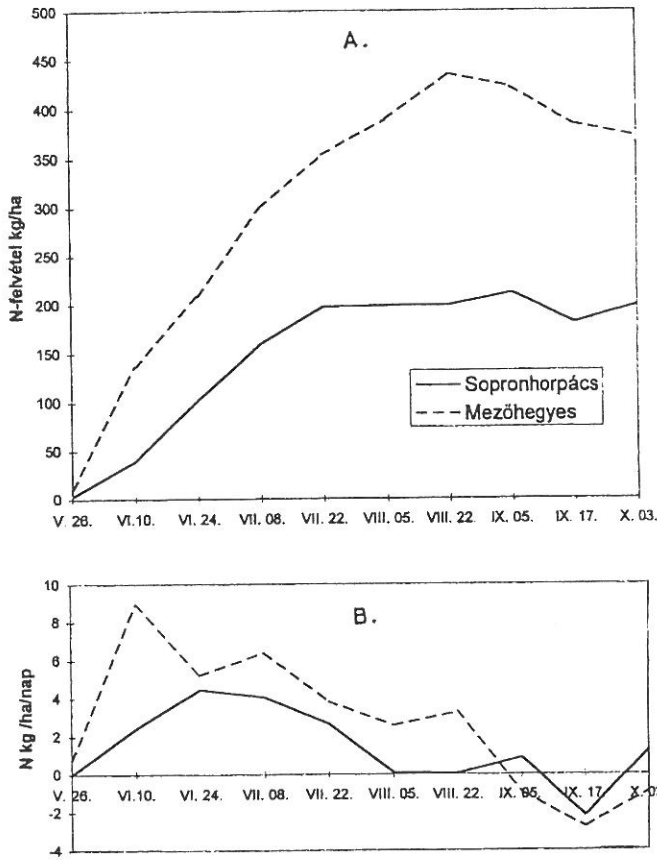
A cukorrépa a tenyészidő egyes szakaszaiban különböző mértékben igényli a nitrogént. A gyors kezdeti növekedés alapvető feltétele, hogy elegendő ásványi-N álljon a növény rendelkezésére. A cukorrépa kezdeti (április–május) kisebb mértékű N-felvételét június és július hónapban intenzív N-felvétel követi. BERINGER (1985) szerint a kelést követő 50–100 nap között a legintenzívebb a cukorrépa N-felvétele, amikor a hektáronkénti N-felvétel a napi 4 kg-ot is elérheti. A június közepétől július végéig tartó időszakban a répa összes N-szükségletének közel 50 %-át veszi fel. Július végére beépül az összes N-mennyiség 70–80 %-a. Júliust követően a N-felvétel dinamikája fokozatosan mérséklődik. Augusztus végére a nitrogén 90–95 %-a épül be a répába. A N-felvételi maximum szeptember közepére–végére esik. A tenyészidőszak végére az élettani levélhalás következtében a növény által felvett összes nitrogén mennyisége csökken (1. ábra).

A felvett nitrogén megoszlása a levél és a gyökér között a vegetációs idő alatt lényegesen változik. BEISS és WINNER (1975) 13 éves kísérletének eredményei szerint június elején a növény által felvett összes N mennyiségének még 90 %-a található a levélben. Augusztusra ez az arány már csak 70 %. A betakarításkor a levél a növény által felvett összes N mennyiségének mintegy 60 %-át tartalmazza, de ez nagymértékben függ a répa:levél aránytól (BÜRCKY, 1991).

BÜRCKY és BISCOE (1983) eredményeik alapján arra a megállapításra jutottak, hogy az idő, elhaló levelekből nitrogén transzlokálódik a fiatal, intenzív anyagcseréjű fiatalabb levelekbe.

A cukorrépa fajlagos N-felvétele

A különböző körülmények között elvégzett kísérletek eredményei jobban értelmezhetők, ha a fajlagos (cukorrépa esetén a 10 t répatermésre és a hozzá tartozó leveles répafejre vonatkoztatott) N-felvételeket hasonlítjuk össze. KÁDÁR (1992) – 35 irodalmi forrást feldolgozva – a cukorrépa fajlagos N-felvételeinek 25–65 kg szélsőértékeket ad meg. WENDENBURG (1996) Németországban 10 termőhelyen végzett vizsgálatokat 1993-ban és 1994-ben. Kísérleteiben a különböző termőhelyeken 28 és 55 kg között változott a cukorrépa fajlagos N-felvétele. Sopronhorpácsi és mezőhegyesi kísérleteinkben a fajlagos N-felvétel még jobban differenciálódott, 19 és 75,5 kg szélsőértékek között alakult. Ezekből az eredményekből arra lehet következtetni, hogy a N-ellátottság – legyen az a talaj természetes N-szolgáltatása, vagy N-műtrágyázás eredménye – a cukorrépa N-koncentrációját, a terméssel kivont N mennyiségét, a répa:levél arányt és a fajlagos N-felvételt egyaránt befolyásolja.



I. ábra

A cukorrépa N-felvétele (A), ill. a N-felvétel sebességének változása (B) a tenyészidőben sopronhorpácsi és mezőhegyesi kísérletekben

A répatest N-tartalmú vegyületei

A tenyészidő végén a répa által felvett nitrogén mennyisége a gyökér és a leveles répafej között oszlik meg. A jelenleg elterjedt betakarítási technológiák alkalmazása során a leveles répafej a földön marad. Később a szántással a talajba forgatják. A leveles répafejjel a talajba került nitrogén mennyiségét az utóvetemény N-trágyaigényének számításakor figyelembe kell venni (NORDMEYER & RICHTER, 1985).

A cukorrépa ipari feldolgozása szempontjából azonban a „káros nitrogén” felfedezése óta (HERZFELD, 1888; ANDRLIK, 1903/04a,b) nagyobb jelentőséggel bírnak a répatestben található N-tartalmú vegyületek.

A répatest N-tartalmú vegyületeit a nitrogén kötési formája szerint célszerű csoportosítani (3. táblázat). A répatest összes-N-tartalma átlagosan 0,2 %. A fehérje-N az összes-N-tartalomnak több mint a felét teszi ki. Az aminos-N-vegyületek 18 %-kal, az amid-N-vegyületek és az ammónia-N mintegy 10 %-kal részesednek az összes-N-tar-

talomból. A fennmaradó részt a betain, purinbázisok, nukleotidok, a nitrát és egyéb pontosan nem azonosított N-vegyületek alkotják, amelyek között legnagyobb mennyiségben a betain fordul elő (DÖRFELT, 1951; SZILIN, 1958; SMOLENSKI, 1910 cit in: BURBA, 1996; VUKOV, 1977; WACHOWICZ, 1991). A répatest N-tartalmú vegyületei közül a cukorgyártás folyamatában azok játszanak szerepet, amelyek a feldolgozás kezdetén a répaszeletből a levekbe kerülnek (ún. oldható N-vegyületek). Az ún. nem oldható N-vegyületek a lényerést követően a kilúgzott répaszeletben maradnak – emelve annak tápértékét – és a cukorgyártás további technológiai folyamatában nem vesznek részt.

3. táblázat

A cukorrépa fontosabb N-vegyületei
(VUKOV & HANGYÁL, 1983 nyomán, módosítva)

N-vegyület	Gyakori értékek (mg/100 g répa)	Átlag	Az összes-N %-ában
Összes-N	0,165–0,320	0,2	100,0
Fehérje-N	0,065–0,125	0,1	50,0
Amino-N	0,012–0,050	0,036	18,0
Amid-N	0,005–0,025	0,014	7,0
Ammónia-N	0,004–0,012	0,008	4,0
Betain-N	0,020–0,040	0,027	13,5
Egyéb		0,015	7,5

A répatest *fehérje-N-tartalma* átlagosan 0,1 % körüli. Ennek egy része a sejtfal alkotórészeként hemicellulóz–fehérje–pektin komplexként van jelen, és olyan erősen kötődik a sejtfalhoz, hogy a lényerés során nem kerül a levekbe. Másik része a protoplazmában és a sejtorganellumokban található. Ezek a cukorgyártás kezdetén a répaszelet forróvízes extrakciója során a koaguláció folytán csak kis mennyiségben kerülnek a lébe. Ami viszont átkerül, az a meszes–szénsavas létisztítás során szinte teljes mértékben eltávolítható (VUKOV & HANGYÁL, 1983).

A répatestben található *szabad aminosavak* mennyiségi és minőségi összetételéről a 4. táblázat nyújt tájékoztatást. Számos szerző vizsgálatából ismert, hogy az aminosavak közül a legnagyobb mennyiségben a glutamin fordul elő a répában. Az összes aminosav mennyiségén belül a glutamin 40,7–48,5 %-kal részesedik (NEDELKOVITS & FÁBIÁN, 1977; WALERIANCZYK & BUTWILOWICZ, 1988; WACHOWICZ, 1991). A többi aminosav közül az aszparagin és az aszparaginsav 7 %-kal, a γ -amino-vajsav 10 %-kal, a glutaminsav, szerin és alanin 4,5 %-kal, a leucin és izoleucin 3,5 %-kal, a valin 2,3 %-kal vesz részt. Az összes többi aminosav mennyisége nem haladja meg az 1 %-ot (WACHOWICZ, 1991). NEDELKOVITS és FÁBIÁN (1977) vizsgálatai szerint a GLN, ASN, γ -ABA, ASP, SER, LEU, ILEU, ALA, GLU, VAL összege az összes aminosav mennyiségének 92 %-át teszi ki, míg a fennmaradó rész az összes többi aminosav között oszlik meg. A vizsgálati eredményekből kitűnik a glutamin magas részaránya, amiből a glutaminnak a redukált N tároló funkciójára lehet következtetni. A cukorgyártás szempontjából igen lényeges, hogy az aminosavak a lényerés során szinte teljes mértékben, mintegy 95 %-ban a nyerslébe kerülnek.

4. táblázat
A cukorrépagyökér szabad aminosav-tartalma
(WACHOWICZ, 1991)

Aminosav	mg/100 g répa	%
Glutamin	148,0	44,58
Glutaminsav	15,4	4,64
Aszparagin	25,23	7,59
Aszparaginsav	24,3	7,32
γ -amino-vajsav	34,3	10,33
Treonin	5,1	1,53
Szerin	15,1	4,55
Prolin	2,2	0,66
Glicin	2,6	0,78
Alanin	15,5	4,69
Valin	7,8	2,35
Metionin	1,8	0,54
Izoleucin	12,7	3,82
Leucin	11,8	3,55
Tirozin	1,1	0,33
Fenilalanin	1,4	0,42
Lizin	2,5	0,75
Hisztidin	1,8	0,54
Arginin	2,1	0,63
Ornitin	1,3	0,39
Összesen	332,0	99,99

A glutamin és aszparagin az amino-N csoport mellett egy *amid*-csoportot is tartalmaz, ezért a régebbi irodalom ezeket a vegyületeket 1/2 amid-nitrogénnek is nevezi. Az amidok a nyerslé meszezesekor az alkalikus közegben dezaminálódnak, és a keletkezett ammónia elpárolog. A glutamin dezaminálódása sokkal gyorsabban játszódik le, mint az aszparaginé. A glutamin dezaminálódásával keletkezett glutaminsav vízvesztéssel részben pirrolidon-karbonsavvá alakul. Ennek a vegyületnek a specifikus felépítése és a NH_2 -csoport elvesztése okozza, hogy úgy viselkedik, mint a N-mentes savak, és nem adja az α -aminosavak reakcióját. Ugyancsak meg kell említeni, hogy a γ -amino-vajsav sem határozható meg úgy, mint az α -aminosavak.

A répatest N-tartalmú vegyületei sorában mennyiségét tekintve a szabad aminosavak után a *betain* (trimetil-glicin) következik. A betaint 1866-ban Schleibler izolálta először répapépből. BURBA és munkatársai (1984) szerint a répa betaintartalma 0,14–0,73 g/100 g répa értékek között változik, ami az összes-N-nek átlagosan 18 %-át, az oldható N-nek 32 %-át teszi ki. A betain ilyen nagy arányú előfordulása ellenére még a mai napig sem tisztázott teljesen, hogy mi a fiziológiai szerepe a répában. HANSON és WYSE (1982) megfigyelései szerint a betain a Chenopodiaceae családba tartozó különböző növényfajok leveleiben só- és szárazságstressz hatására felhalmozódik. Korábbi vizsgálatok is azt mutatják, hogy száraz években a cukorrépa betaintartalma növekszik (SOMMER, 1960). KOCH és munkatársai (1985) azt tapasztalták, hogy növekvő

N- és K-ellátás esetén nőtt a cukorrépa levelek betaintartalma. Szárazságstressz hatására a cukorrépa levelekben több betain képződött, ennek megfelelően a gyökérbe is több betain szállított. Feltételezik, hogy a betain, mint citoplazmatikus ozmotikum a növények vízháztartásának szabályozásában vesz részt. A cukorrépa betaintartalma a N-trágyázás hatására növekszik. Az egyes fajták között is van különbség a betaintartalomban (BURBA et al., 1984).

A betain szinte teljes mennyiségben átkerül a levelekbe és nagyfokú kémiai és biokémiai stabilitása folytán szinte veszteség nélkül halad át az egész gyártástechnológián.

A nitrát-N csekély, többnyire 1 mg/100 g mennyiségben van jelen a répalében és a létisztítás során többnyire mikrobiológiai úton nitráttá redukálódik.

A répalé mindig tartalmaz kis mennyiségben ammóniumiont is. A purinbázisok és nukleotidok mennyisége szintén csekély. Az ezekben a vegyületekben jelenlévő nitrogén mennyisége mintegy 1 mg/100 répa (VUKOV & HANGYÁL, 1983).

A káros nitrogén

ANDRLIK (1903/04a,b) klasszikus definíciója szerint a répa N-tartalmú vegyületei közül a cukorgyártás szempontjából azok számítanak károsnak, amelyek a hagyományos létisztítás során a levelekből nem távolíthatók el és a cukor kinyerhetőségét akadályozva a melaszba jutnak.

A különböző N-vegyületek közül nem tekinthetők károsnak a fehérjék, az amidok, valamint az ammónium. A többi N-vegyület (aminosavak, betain, egyéb) szinte veszteség nélkül halad át a technológiai folyamatokon, és a klasszikus definíció szerint káros nitrogénnek minősül (SCHWECK et al., 1993; WALERIANCZYK & BUTWIŁOWICZ, 1988).

A káros nitrogén kiszámítására az alábbi képlet használható:

$$\text{Káros N} = \text{összes N} - (\text{fehérje-N} + \text{amid-N} + \text{ammónia-N}).$$

A káros nitrogén jelentősége a répaminőség megítélése szempontjából felfedezését követően egyre inkább nőtt. Az ismeretek gyakorlati átültetésére azonban hiányzott egy gyors analitikai módszer. A még ma is körülményes és csak közvetett módon megoldható káros-N-meghatározás miatt előbb FRIEDL (1911) kolorimetriás módszerét, majd a sorozatvizsgálatokhoz STANEK és PAVLAS (1934) „kékszám-módszerét” vezették be a répaanalitikában. Segítségével rutinszerűen lehet meghatározni az α -amino-N-vegyületeket, a káros nitrogén egyik összetevőjét. A módszer elterjedtsége miatt a köztudatban a káros nitrogén fogalmát gyakran tévesen az α -amino-N-nel azonosítják. Később BURBA és GEORGI (1975/76) fluorimetriás módszerét is bevezették az α -amino-N alternatív mérésére. SCHWECK és munkatársai (1994) vizsgálatai szerint azonban a káros-N-vegyületek mennyiségén belül az amino-N-vegyületek (α -aminosavak 19 %, γ -aminovajsav 3 %, PCS 13 %, aszpártát 2 %, glutamát 2 %) csupán 39 %-ot tesznek ki. Az amino-N-vegyületek csekély részesedése miatt a káros-N- és az α -amino-N-tartalom között nem lehet mindig szoros korrelációt találni, ezért az α -amino-N mérése nem minden esetben jellemzi jól a cukorrépa káros-N-tartalmát (BURBA, 1996).

A legújabb vizsgálatok szerint a répa káros-N-tartalma jól jellemezhető az alumínium-szulfáttal derített répalé összes-N-tartalmával. Analitikai meghatározására

UHLENBROCK és munkatársai (1993) a piro-kemilumineszcencia módszerét (PCLM) javasolták. SMED (1997) szintén a derített levek oldható összes-N-tartalmának meghatározására alkalmas sorozatvizsgálati módszerről számol be.

Mind az UHLENBROCK és munkatársai (1993), mind a SMED (1997) által leírt módszerek eredményesen használhatóak a nemesítésben az alacsony káros-N-tartalmú vonalak szelektálására.

A N-vegyületek káros hatásai a cukorgyártás során az alábbiakban foglalhatók össze:

– A glutamin bomlásából származó pirrolidon-karbonsav csökkenti a levek alkalisitását.

– Az aminosavak, amidok, peptidek szabad NH_2 csoportjai részt vesznek a sűrűlé színező anyagainak (melanoidinek, invertcukor lúgos bomlástermékei) képződésében (BOBROVNIK & RUDENKO, 1988, 1993). A különböző típusú színanyagok vagy beépülnek a cukorkristályokba vagy pedig koncentrációjuk arányában adszorbeálódnak a kristály felületén. Mindkét esetben lassul a kristályok növekedése, de egyben romlik a kristályok színe is (ROSSI & MAURARNDI, 1980).

– Az aminosavak, a betain és az egyéb káros-N-vegyületek melaszképző anyagok, de nem közvetlen melaszképzők, hanem a viszkozitás növelése által akadályozzák a cukorkristályok képződését (VAVRINECZ, 1966).

A cukorrépa káros-N-tartalmát befolyásoló tényezők

A káros-N-tartalmat befolyásoló tényezők ismertetése előtt célszerűnek tartom megjegyezni, hogy a korábbi irodalmakban a „káros nitrogén” mennyiségéről, míg az α -amino-N rutinszerű meghatározásának elterjedését követően többnyire csak az α -amino-N-tartalomról számolnak be az egyes szerzők.

A káros nitrogén jelentőségének felismerését követően hamar megindult a káros-N-tartalmat befolyásoló tényezők vizsgálata. Már Andriik 1906-ban beszámol arról, hogy a káros-N-tartalmat a termesztéstechnológia és az időjárás befolyásolja. Azt tapasztalta, hogy száraz évjáratban a káros N mennyisége kétszer-háromszor nagyobb, mint normál évjáratban. Felismerte, hogy az egyoldalú N-trágyázás a káros N jelentős növekedését okozza a gyökérben. Azt is megállapította, hogy a különböző fajták eltérő képességgel bírnak a káros N felvételében (BURBA, 1996). Más szerzők is megerősítették, hogy a káros-N-tartalom függ a N-trágyázástól és a fajtától (STROHMER & FALLADA, 1909; URBAN, 1910/11). WOHRZYK (1928) összefoglalóan megállapítja, hogy a cukorrépa káros-N-tartalmát egyrészt az ember által nem befolyásolható tényezők, másrészt a termelő által változtatható körülmények határozzák meg.

Az ember által nem befolyásolható tényezők közé soroljuk a termőhely és az évjárat hatását. A másik csoportba a termesztéstechnológia egyes elemei tartoznak, amelyek alkalmazásával a répa N-felvétele és káros-N-tartalma tudatosan befolyásolható.

A termőhely káros-N-tartalomra gyakorolt hatását már HERKE (1908) felismerte, amikor Magyarország különböző vidékein termelt répák káros-N-tartalmát vizsgálta. Azt tapasztalta, hogy az Alföldön termelt répák tartalmazták a legtöbb ártalmas nitrogént. Az Alföldtől északra Heves és Bars megyékben termelt répák már alacsonyabb káros-N-tartalmúak voltak. A Dunántúlról származott répák szintén lényegesen kevesebb káros N-t tartalmaztak, mint az Alföldön termettek, és káros-N-tartalmuk közelítően egyenlő volt a Heves és Bars megyékben termelt répáéval. A legkevesebb káros

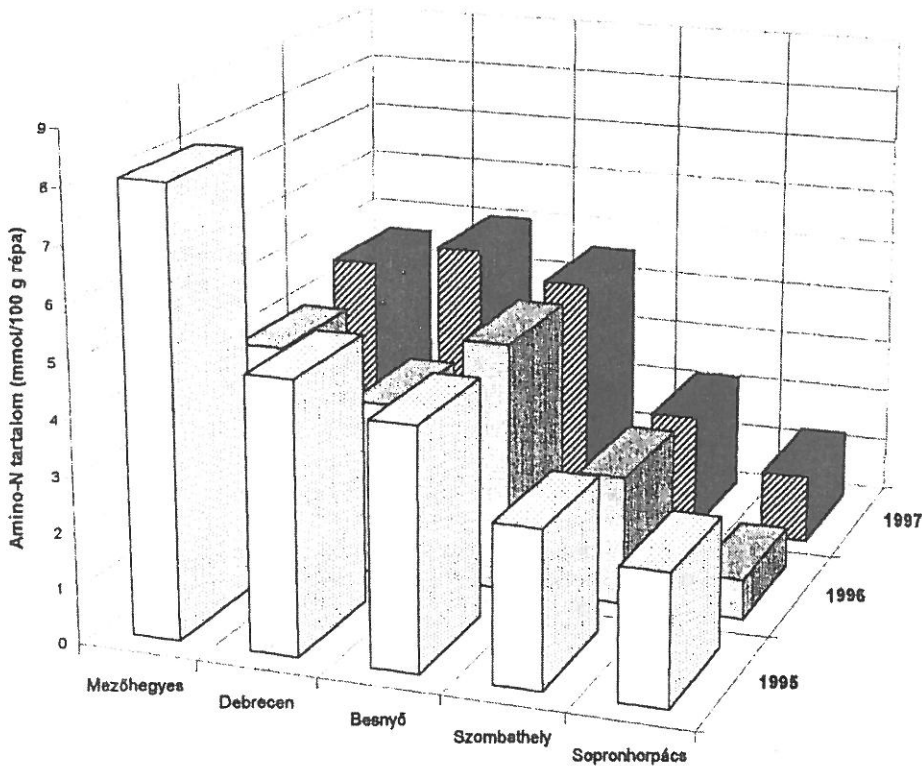
N-t az ország észak-nyugati részében Nyitra és Trencsén megyékben termelt répák tartalmazták. A cukortartalomra vonatkoztatott káros-N-tartalom az alföldi répáknál kb. háromszor olyan nagy volt, mint a felvidéki répáknál. 1907-ben a Magyar Királyi Növénytermelési Kísérleti Állomáson ausztriai és németországi cukorrépa mintákat is megvizsgáltak. A külföldi cukorrépa káros-N-tartalmukban eltértek a magyarországi répától. Az ausztriai répák általában kevés ártalmas nitrogént tartalmaztak és a cukortartalomra vonatkoztatott káros-N-tartalmuk közel egyenlő volt a felvidéki répák káros-N-tartalmával. HERKE (1908) a káros-N-tartalomban mutatkozó különbségek egyik okaként a talajtípust nevezte meg. Kimutatta, hogy a talaj minőségének lényeges befolyása van a káros nitrogén mennyiségére. A homoktalajon termelt répa káros-N-tartalma volt a legkevesebb. A legtöbb ártalmas nitrogént a humuszban gazdag tőzegtalajon termelt cukorrépában találta. A talajtípusnak a répa káros-N-tartalmára gyakorolt hatását KORBONITS (1949) vizsgálati eredményei is mutatják. Ezek szerint a melasz N-tartalma (lényegében az amino-N és betain-N összege) a csernozjom talajokon termelt répákban 0,097 %-ot tett ki, erdei talajokon ezzel szemben csak 0,059 % volt. E vizsgálatok idején még nem alkalmaztak számottevő mennyiségű N-műtrágyát. SZŐKE (1950) arról számol be, hogy az 1949. évi kampány során a magyarországi répák – az északi- és észak-nyugati gyárak (Petőháza, Hatvan, Szerencs) kivételével – a N-tartalom tekintetében a kontinentális répák tulajdonságait mutatták. Ilyen jellegű répája van még Romániának, Törökországnak, Lengyelországnak, a Szovjetunió északi és középső területének. A maritim klímájú területekkel szemben ezekben az országokban a répa káros-N-tartalma átlagosan másfélszer több.

GRAF (1972) ausztriai vizsgálatai során megállapította, hogy a termőhely lényegesen befolyásolja a cukorrépa α -amino-N-tartalmát. Ezt a hatást a termőhelyek különböző talajtípusaival magyarázza.

A Magyarország különböző termőhelyein termesztett répák α -amino-N-tartalmában megmutatkozó különbségeket jól szemlélteti az OMMI fajtakísérleteit feldolgozó eredményisor (2. ábra). Az ábrán 1995 és 1997 között öt különböző termőhelyen végzett fajtakísérletek eredményeit tüntettük fel a minősített fajta átlagában. A termőhelyek jól reprezentálják hazánk különböző termesztési körzeteit. Sopronhorpács és Szombathely (Nyugat-Magyarország) talajai a barna erdőtalaj fő típusba sorolhatók. Besnyő az ország közepén a Fejér–Tolnai löszháton fekszik, csernozjom talaja nagy termőképességű. Debrecen környékén a Debreceni löszháton kialakult csernozjom talajok uralkodnak. Mezőhegyes a Dél-Alföldön fekszik, a Békés–Csanádi löszháton kialakult csernozjom talajának jellegzetessége a magas (4 % feletti) humusztartalom. A kapott eredmények alapján látható, hogy a cukorrépa minőségi mutatói közül az α -amino-N- tartalom jelentős termőhelyi különbséget mutat. Ez a paraméter a talajok N-szolgáltatását tükrözi. A termőhelyeket tekintve látható, hogy a csernozjom talajokon mindig magasabb α -amino-N értékek alakultak ki. Az ábrán az *évjárat* hatása is megfigyelhető. Általánosan elmondható, hogy azokban az években, amikor az *évjárat* a répa számára kedvezőtlen (pl. aszályos) az α -amino-N-tartalom magasabb, mint a répa számára kedvező *évjáratokban*.

KHOSNAVAZ (1992) németországi vizsgálatai azt mutatták, hogy a talaj N-ellátottsága szoros korrelációban áll a répa α -amino-N-tartalmával. KULCSÁR (1996) eredményei szerint a talaj növekvő N-ellátottsága a cukorrépa α -amino-N-tartalmát növeli.

A cukoripar igényeit felismerve már SPREGLER (1929) felhívta a nemesítők figyelmét arra, hogy olyan fajtaikat állítsanak elő, amelyek alacsony káros-N-tartalom-



2. ábra

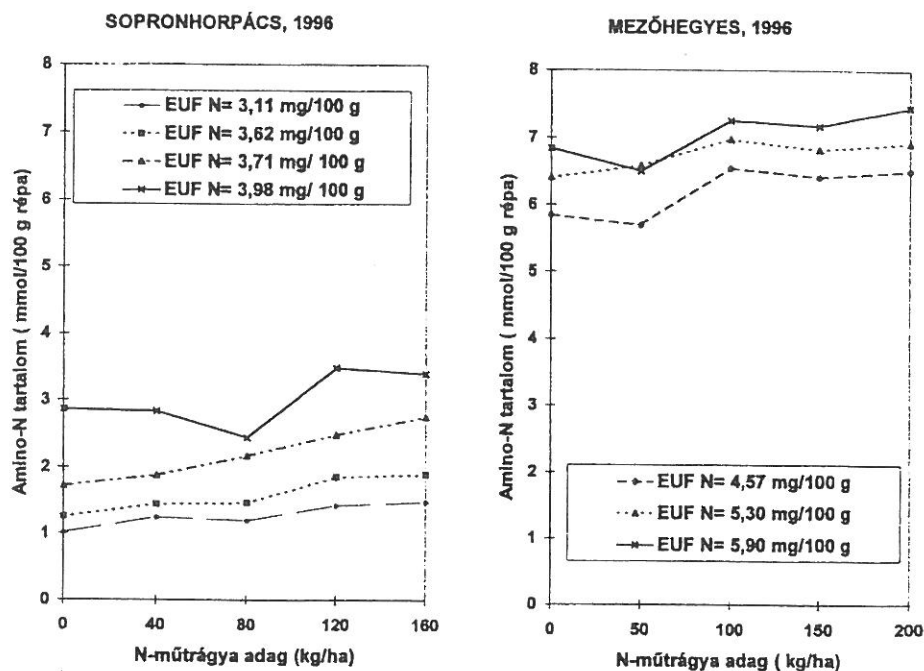
A cukorrépa α -amino-N-tartalmának alakulása termőhelyenként a minősített fajták átlagában OMMI, 1995–1997 (KULCSÁR et al., 1998a)

mal rendelkeznek. Ezt követően több nemesítőházban is megkezdődött az *alacsony káros-N-tartalmú fajták szelektálása*. Az erre irányuló nemesítési munkálatok eredményeit OLMANN és munkatársai (1984) ismertetik. Az alacsony káros-N-tartalmú fajták előállítása jelenleg is az egyik fontos nemesítési irányzat. Ehhez a munkához a klasszikus szelekciós módszereken kívül már génebézési eljárásokat is igénybe vesznek. Egyik lehetséges megoldás a betain, ill. egyéb aminosavak szintéziséért felelős enzimek gátlása lehet (NICHOLS et al., 1992). Az újabb alacsony káros-N-tartalmú fajták eredményeit a gyakorlatban azonban nagymértékben befolyásolják a termesztés körülményei. Például a helytelen N-trágyázási gyakorlat a legjobb fajták mutatóit is elronthatják. Már PAZLER és RUZICKA (1935) is hangsúlyozta, hogy a termőhely a káros-N-tartalmat nagyobb mértékben befolyásolja, mint a fajták közötti különbség.

VUKOV és HANGYÁL (1983) számos irodalmi forrást feldolgozva megállapította, hogy az α -amino-N-tartalom az *állománysűrűség* növekedtével csökken. Ezt a megállapítást GLATTKOWSKI és MÄRLÄNDER (1995) németországi eredményei is megerősítik, akik az 1980 és 1988 között elvégzett kísérletek eredményeit kiértékelve azt tapasztalták, hogy a répa α -amino-N-tartalma 35 000 tő/ha és 80 000 tő/ha között a növekvő állománysűrűséggel kifejezetten csökkent. Ennél nagyobb tőszám esetén a csökkenés kisebb mértékű volt.

A termesztéstechnológia egyes elemei közül legtöbbször a *N-trágyázás* hatását vizsgálták. HERZFELD (1888) vizsgálatai óta ismert, hogy a *N-trágyázás* növeli a cukorrépa káros-N-tartalmát. A múlt század végén megjelent magyar szakirodalom is beszámol ezekről az ismeretekről (SZEMERE, 1890; ROVARA, 1890). STROHMER és FALLADA (1909) kísérletei a *N-trágyázásnak* a répa tulajdonságait befolyásoló hatásáról teljes mértékben arra az eredményre vezettek, mint a későbbiek során a világ számos országában elvégzett *N-trágyázási* kísérletek. Ezek szerint a *N-trágyázás* hatására a répa α -amino-N-tartalma növekszik, ezzel együtt a cukortartalom csökken (BUZÁS, 1978a,b; DRAYCOTT & WEBB, 1971; MÁRLÄNDER, 1990). Ezek az ismeretek hazánkban az intenzív *N-műtrágya*-felhasználás időszakában, az 1960-as évektől kezdve kaptak jelentőséget. Az akkori műtrágyázási programnak megfelelően egyre nagyobb *N-műtrágya*-adagokat használtak, aminek hatására a gabonatermések látványosan növekedtek, talajaink pedig lassan feltöltődtek nitrogénnel. Ennek hatása a cukorrépa-termesztésben sem maradt el. A magas *N-műtrágya*-adagok hatására a répa α -amino-N-tartalma nőtt, cukortartalma pedig 1974-ben és 1975-ben országos méretekben soha nem látott alacsony értékeket ért el. A 60-as évek elejéhez viszonyítva kétszer annyi cukorrépát dolgoztak fel, mégis kevesebb cukrot tudtak előállítani a magyar cukorgyárak.

A *N-ellátás* és *N-trágyázás* α -amino-N-tartalomra gyakorolt hatását a 3. ábra szemlélteti. A különböző *N-ellátottságú* parcellákon kijuttatott *N-műtrágya* hatására a répa α -amino-N-tartalma növekszik. Látható, hogy a talaj növekvő *N-ellátottsága* is ugyan-



3. ábra

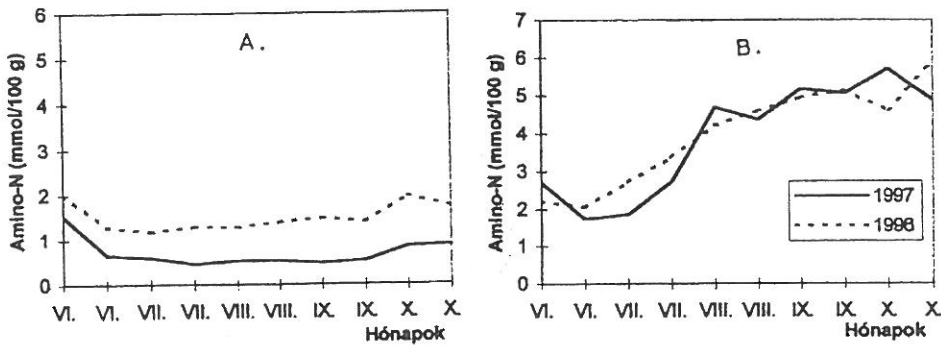
Különböző *N-ellátottságú* parcellákon adagolt *N-trágyázás* hatása a cukorrépa α -amino-N-tartalmára (BUZÁS & KULCSÁR, 1997)

olyan hatással bír, mint a N-trágyázás. Az is megállapítható, hogy a mezőhegyesi kontrollparcellán a répa α -amino-N-tartalma magasabb, mint a sopronhorpácsi 300 kg/ha N-adaggal kezelt parcellán. Ezeket az ismereteket sajnos még manapság sem veszik kellő mértékben figyelembe a cukorrépa N-trágyázási gyakorlatában.

Az öntözés hatásának megítélését nagymértékben befolyásolja az, hogy milyen víznormával és hány alkalommal történt a vízpótlás. RUZSÁNYI (1981, 1990) vizsgálatai szerint a répa számára a több alkalommal, kis vízádaggal történő öntözés a kedvező. A répa dinamikai vízigényét kielégítő öntözés esetén a répatermés növekedésén túl a cukortartalom növekedése és a melaszképző anyagok – köztük az α -amino-N-tartalom – csökkenése következik be. Az α -amino-N-tartalom csökkenéséről számol be öntözés hatására BUZÁS és SERES (1975) is. IZSÁKI (1977) szarvasi kísérleteiben az öntözés csökkentette mind az összes, mind az α -amino-N-tartalmat. A Sarkadon végzett hároméves öntözési kísérletben azonban az α -amino-N-tartalom nem csökkent az öntözés hatására.

Az öntözés hatását illetően fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a túl későn (augusztus végén, szeptember elején) végzett öntözés hatására a répa érése késik, α -amino-N-tartalma növekszik, ezáltal minősége romlik. Az öntözés hatása ezen kívül nagymértékben függ a talajtípustól, a tápanyagellátástól, valamint az időjárási tényezőktől is. A mesterséges vízpótlás következtében a répaállományok megváltozott mikroklímátikus viszonyai általában kedvező életfeltételeket biztosítanak a legtöbb levélbetegséget előidéző gomba (pl. *Cerкосpora beticola*) számára. Az öntözött állományok esetében ezért fokozott figyelmet kell fordítani a lombvédelemre.

Lombvédelem hiányában hazai ökológiai viszonyaink között minden évben számítani kell a nyári levélbetegségek fellépésére. A fertőzés kezdetének idejétől és a fertőzés nagyságától függően többszöri levélváltódás következhet be. Az elszáradt levelek pótlására a répa új levélzetet fejleszt, melynek során a cukortartalom rovására aminosavak és más N-tartalmú vegyületek szintetizálódnak. A nyár végén fellépő lombrágó hernyók kártétele – a gombás betegségekhez hasonlóan – részleges vagy teljes levélváltódást idéz elő, amely a levél újrarahajtása során ugyanolyan folyamatokat indukál a N-anyagcserében, mint a gombás levélbetegségek.



4. ábra

A répatest α -amino-N-tartalmának változása a tenyészidőszakban (1996–1997)
 A. Sopronhorpács. B. Mezőhegyes. (KULCSÁR et al., 1998b)

A *vírusbetegségek* közül a répa sárgaerűség vírusa (BNYVV) által okozott rizo-mánia betegség hatására a fogékony fajtákban az α -amino-N-tartalom lecsökken. Ez a hatás annyira kifejezett, hogy ezt a paramétert a betegség diagnosztizálásához a rizomániaszignál és rizománia-faktor számítására is felhasználják (POLLACH, 1984; KANZAWA et al., 1989).

A *betakarítás helyes időpontjának* meghatározása céljából végzett érési kísérletek eredményei nem mutatják egyértelműen az α -amino-N-tartalom változását a tenyészidő végén (VUKOV & HANGYÁL, 1983). Az α -amino-N-tartalom dinamikája a termőhelytől és az évjáratától függően változik. Magyarországon a nagy N-szolgáltatású talajokon az augusztus–szeptemberi esők a még kedvező, vagy megfelelő hőmérsékleti viszonyok között mikrobiológiai N-feltárást váltanak ki. Ennek hatására a gyökérben α -amino-N-felhalmozódás következik be. A répatest α -amino-N-tartalmának dinamikáját mutatja be a 4. ábra két termőhelyen. A répa α -amino-N-tartalmának változása a vizsgált két termőhelyen eltérő dinamikát mutatott. Sopronhorpácson a kezdeti csökkenés után októberben ismét növekedni kezdett. Ezzel szemben Mezőhegyesen az α -amino-N-tartalom a tenyészidőszak alatt szinte állandó jelleggel növekedett.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a répatest káros-N-tartalmát alapvetően a cukorrépa N-felvétele határozza meg. A káros-N-tartalom számos tényező együttes hatására alakul ki. Ezek közül igen jelentős a termőhely (a talaj N-szolgáltatása) és az évjárat hatása, amelyek a termelők által nem, vagy csak korlátozottan befolyásolhatók. A természetstechnológia egyes elemeinek helyes alkalmazásával azonban egy adott termőhelyen a cukorrépa káros-N-tartalma kedvezően befolyásolható.

Irodalom

- ANALOGIDES, D. A., 1988. Time dependent interrelationships of plant nitrogen status and crop performance with reference to sugar beet. In: Nitrogen Efficiency in Agricultural Soils. (Eds: JENKINSON, D. S. & SMITH, K. A.) 145–157. Elsevier Applied Science Publishers Ltd. Barking, Essex, UK.
- ANDRLIK, K., 1903/04a. Eine chemisch-technische Studie der Diffusion im Grossbetriebe. Z. Zuckerind. Böhmen. 28.10–19.
- ANDRLIK, K., 1903/04b. Chemisch-technische Studie der Saturation im Grossbetriebe. Z. Zuckerind. Böhmen. 28. 191–208.
- BEISS, U., 1977. Zur Kalkulation des Stickstoffbedarfs der Zuckerrübe. Zucker. 30. 634–639.
- BEISS, U., 1978. Nährstoffaufnahme und Nährstoffzug der Zuckerrübe. Kali-Briefe (Büntehof) 14. 311–324.
- BEISS, U. & BÜRCKY, K., 1993. Einfluss des Stickstoffangebotes auf die N-Aufnahme und en N-Gehalt in Blättern der Zuckerrübe in Gefässversuchen. Zuckerindustrie. 118. 357–365.
- BEISS, U. & WINNER, C., 1975. Ertragsbildung, Nährstoffaufnahme und Nährstoffzug der Zuckerrübe. Zucker. 28. 461–471.
- BERGMANN, W., 1986. Ernährungstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag. Jena.
- BERGMANN, W. & NEUBERT, P., 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. Gustav Fischer Verlag. Jena.
- BERINGER, H., 1985. Adequacy of soil testing for predicting fertilizer requirements. Plant and Soil. 83. 21–37.
- BOBROVNIK, L. D. & RUDENKO, V. N., 1988. Azotozoderzsacsie kraszjaesije vccesztra. Szaharnaja Szvekla. (6) 46–48.
- BOBROVNIK, L. D., & RUDENKO, V. N., 1993. The participation of amino acids in the formation of colorants during sugar production. Zuckerind. 118. 528–530.

- BRETELER, H., 1973. A comparison between ammonium and nitrate nutrition of young sugar beet plants grown in nutrient solutions at constant acidity. 1. Production of dry matter, ionic balance, and chemical composition. *Neth. J. Agric. Sci.* **21**. 227-244.
- BURBA, M., 1977. Der Stickstoff als qualitätsbestimmender Faktor im Stoffwechsel der Zuckerrübe. *Zucker*. **30**. 173-186.
- BURBA, M., 1996. Der schadhliche Stickstoff als Kriterium der Rübenqualität. *Zuckerindustrie* **121**. 165-173.
- BURBA, M. & GEORGI, B., 1975. Die fluorimetrische Bestimmung der Aminosäuren in Zuckerrüben und Zuckerfabriksprodukten mit Fluoreszamin und o-Phthalaldehyd. Part I. *Z. Zuckerindustrie*. **25**. 667-673.
- BURBA, M. & GEORGI, B., 1976. Die fluorimetrische Bestimmung der Aminosäuren in Zuckerrüben und Zuckerfabriksprodukten mit Fluoreszamin und o-Phthalaldehyd. Part II. *Z. Zuckerind.* **26**. 322-329.
- BURBA, M., NITZSCHKE, U. & RITTERBUSCH, R., 1984. Die N-Assimilation der Pflanze unter besonderer Berücksichtigung der Zuckerrübe. *Zuckerindustrie*. **109**. 613-627.
- BUZÁS I., 1978a. A tápanyagellátás hatása a cukorrépa minőségére. *Témadokumentáció. Agroinform*. Budapest
- BUZÁS I., 1978b. Az öntözés és a műtrágyázás hatása a cukorrépa minőségére. *Kandidátusi értekezés. Szarvas*.
- BUZÁS, I. & KULCSÁR, L., 1997. Calibration of different soil examination methods with sugarbeet. *Proc. 11th World Fertilizer Congress of CIEC*. Gent, September 7-13, 1997. 263-368.
- BUZÁS I. & SERES I., 1975. A nitrogéntrágyázás és öntözés hatása a cukorrépára. *Cukoripar*. **28**. 121-124.
- BÜRCKY, K., 1991. Die Dynamik des Stickstoffs im Boden und dessen Aufnahme und Verwertung durch die Rübe. *Proc. 54th IIRB Congress Bruxelles*, 20-21 Febr. 1991. 287-296.
- BÜRCKY, K. & BISCOE, P. V., 1983. Stickstoff im Rübenblatt und N-Translokation aus alternden Blättern. *Proc. IIRB Symposium „Nitrogen and Sugar-beet“*. Bruxelles, 16-17. Febr., 1983. 63-75.
- CARTER, J. N., JENSEN, M. E. & BOSMA, S. M., 1971. Interpreting the rate of change in nitrate-nitrogen in sugarbeet petioles. *Agron. J.* **63**. 669-674.
- DIAS, M. A. & OLIVIERA, M. M., 1987. Nitrate reductase and petiole nitrate as indicators of the nitrogen nutrition status of field grown sugar beet. *Agronomia-Lusitana*. **42**. 275-284.
- DÖRFELT, W., 1951. Über die Verarbeitungsfähigkeit von drei charakterischen Zuckerrübensorten Kleinwanzleben E, Kleinwanzleben Z und Hilleshög Z. *Zuckerind.* **1**. 1-5.
- DRAYCOTT, A. P. & WEBB, D. J., 1971. Effects of nitrogen fertilizer, plant population and irrigation on sugar beet. I. Yields. *J. Agric. Sci. Camb.* **76**. 261-267.
- EGMOND, F. VAN, 1971. Inorganic cations and carboxylates in young sugar beet plants. *Proc. 8th Colloq. Potash Institute, Uppsala*. 104-117.
- ELEK É & KÁDÁR I., 1980. Állóskultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. *MÉM NAK*. Budapest
- FRIEDL, G., 1911. Über die kolorimetrische Bestimmung des schadhlichen Stickstoffs in der Zuckerrübe. *Österr.-Ung. Z. Zuckerind. und Landwirtsch.* **40**. 274-284.
- GILES, J. F., LUDWICK, A. E. & REUSS, J. O., 1977. Prediction of late season nitrate-nitrogen content of sugarbeet petioles. *Agron. J.* **69**. 85-88.
- GLATTKOWSKI, H. & MÁRLÄNDER, B., 1995. Zur Frage der Beeinflussbarkeit von Ertrag und Qualität beim Anbau von Zuckerrüben durch pflanzenbauliche Massnahmen. Teil 2. *Zuckerind.* **120**. 668-674.
- GRAF, A., 1972. Die Abhängigkeit der technologischen Beurteilungsmerkmale - Alkalität, Melassezucker und Saftreinheit - der Zuckerrübe von standortsgelundenen und modifizierbaren Produktionsfaktoren. *Z. Zuckerind.* **22**. 320-324.
- HANSON, A. D. & WYSE, R., 1982. Biosynthesis, translocation and accumulation of betaine in sugar beet and its progenitors in relation to salinity. *Plant Physiol.* **70**. 1191-1198.

- HERKE S., 1908. A cukorrépa káros nitrogénvegyületeiről. Kísérletügyi Közlemények. X. (2-3) 77-86.
- HERZFELD, A., 1888. Einfluss starker Stickstoffdüngung auf die Qualität der Zuckerrüben. Z. Ver. Rübenzuckerind. 38. 121-127.
- IZMAILOV, S. F., 1981. Structural-functional aspects of the integration of nitrogen metabolism in plants. Fiziol. Rast. 28. 635-656.
- IZSÁKI Z., 1977. Cukorgyári szennyvízöntözés hatása a cukorrépatermés mennyiségére és minőségére. Cukoripar. 30. 88-93.
- IZSÁKI Z., 1984. A nitrogéntrágyázás hatása a cukorrépára. I. Szárazanyag-felhalmozódás és N-, P-, K-felvétel. Agrokémia és Talajtan. 33. 86-104.
- IZSÁKI Z., 1988. Összefüggés a cukorrépa tápláltsági állapota, a termés mennyisége és minősége között növényanalízis alapján. Kandidátusi értekezés. Szarvas.
- JACOB, F., 1988. Anwendung des Nitrat-Schnelltests zur Einschätzung des N-Ernährungszustandes der Zuckerrüben. In: Entwicklungstendenzen in der Pflanzenanalyse. Kolloq. des Inst. f. Pflanzenernähr. Jena. 42-48.
- JOY, K. W., 1962. Transport of organic nitrogen through the phloem in sugar beet. Nature. 195. 618-619.
- JOY, K. W., 1966. Carbon and nitrogen sources for protein synthesis and growth of sugar beet leaves. J. Exp. Bot. 18. 140-150.
- JOY, K. W. & ANTCLIFF, A. J., 1966. Translocation of amino-acids in sugar beet. Nature. 211. 210-211.
- KANZAWA, K., UCHINO, H. & YAMAKAMI, M., 1989. A method for estimating rhizomania damage. Proc. Japan. Soc. Sugar Beet Technol. 31. 87-92.
- KÁDÁRI, 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest.
- KELLY, J. D. & ULRICH, A., 1966. Distribution of nitrate nitrogen in the blades and petioles of sugar beet grown at deficient and sufficient levels of nitrogen. J. Amer. Soc. Sugar Beet Technol. 14. 101-116.
- KHOSHNAVAZ, A. R., 1992. N-Fraktionien in Zuckerrübenblättern als Indikator der N-Versorgung der Rübenpflanze. Dissertation. Univ. Göttingen
- KNOWLES, F., WATKIN, J. E. & HENDRY, F. W. F., 1934. A chemical study of sugar beet during the first growth year. J. Agric. Sci. Camb. 24. 368-378.
- KOCH, K., 1978. Einbau und Metabolisierung von ¹⁵N während der Zuckereinlagerung bei Rüben. Zuckerindustrie. 103. 308-310.
- KOCH, K., LINDHAUER, M. G. & VON RHEINBABEN, W., 1985. Einfluss von Wasserstress, Stickstoff- und Kaliversorgung auf den Betaingehalt von Zuckerrüben. VDLUFA Schriftenreihe. 16. Kongressband. 535-542.
- KOLPAKOV, V. V., 1957. Vlijanie orosenija na potreblenie vlagi u pitatelynyh vescu szaharnoj szvekloj. Doklady TSzHA. Moskva. 29. 74-80.
- KORBONITS A., 1949. Az 1948. évi melaszok. Cukoripar. 2. (10) 8-12.
- KRÜGER, W. & WIMMER, G., 1927. Der Nährstoffbedarf der Zuckerrübe. Z. Ver. Deutsch. Zuckerind. Sonderheft. 1-33.
- KULCSÁR L., 1996. Összefüggés a talaj N-ellátottsága, a N-trágyázás és a cukorrépa minősége között. XXXVIII. Georgikon Napok „Integráció az agrárgazdaságban”, Keszthely, 1996. szeptember 12-13. 595-599.
- KULCSÁR L., POTYONDI L. & KIMMEL J., 1998a. A cukorrépa minősége. II. A termőhely és évjárat hatása a cukorrépa minőségére. Cukorrépa. 16. (1) 28-29.
- KULCSÁR L., POTYONDI L. & KIMMEL J., 1998b. A cukorrépa minősége. III. A termesztéstechnológia egyes elemeinek hatása a cukorrépa minőségére. Cukorrépa. 16. (2) 19-21.
- LAST, P. J. & TINKER, P. B. H., 1968. Nitrate nitrogen in leaves and petioles of sugar beet in relation to yield of sugar and juice purity. J. Agric. Sci. 71. 383-392.
- LOPATNIK, J. & RUCKA, M., 1968. Vplyv zavlah na koncentraciu a dinamiku prijimania zivin u cukrovej repy. Rostlinná Vyroba. 14. 17-28.

- LORENZ, O. A., 1978. Potential nitrate levels in edible plant parts. In: Nitrogen in the Environment. (Eds: NIELSEN, D. R. & MACDONALD, J. G.) Vol. 2. 201-219.
- LÜDECKE, H. & NITZSCHE, M., 1957. Über Nährstoffaufnahme, Nährstoffentzug und Nährstoffverhältnis unter Berücksichtigung der Zuckerbildung und des Reifezustandes bei verschiedenen Zuchttrichtungen der Zuckerrübe. Zucker. 10. 369-374, 383-391.
- MÄRLÄNDER, B., 1990. Influence of nitrogen supply on yield and quality of sugar beet. Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde. 153. 327-332.
- MICHAEL, G., MARTIN, P. & OWASSIA, I., 1970. The uptake of ammonium and nitrate from labelled ammonium-nitrate in relation to the carbohydrate supply of the roots. In: Nitrogen Nutrition of the Plant. (Ed: KIRKBY, E. A.) 22-27. University of Leeds. U. K.
- MICHAEL, G., SCHUMACHER, H. & MARSCHNER, H., 1965. Aufnahme von Ammonium- und Nitratstickstoff aus markiertem Ammoniumnirtat und deren Verteilung in der Pflanze. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde. 110. 225-238.
- MIKLOVIC, D. & KOVACOVA, M., 1993. Obsah hlavných zívín v susine korena a listu cukrovej repy v prvom roku vegetácie. Rostlinná Vyroba. 39. 245-251.
- NEDELKOVITS J. & FÁBIÁN K., 1977. A szabad aminosavak változása a cukorgyártás folyamán. Cukoripar. 30. 179-181.
- NICHOLS, J. B. et al., 1992. Möglichkeiten der Anwendung der Gentechnologie auf Zuckerrüben. Zuckerind. 117. 797-800.
- NORDMEYER, H. & RICHTER, J., 1985. Der Einfluss einer Rübenblattdüngung auf dem Stickstoffhaushalt von Lössboden. VDLUFA-Schriftenreihe 16. Kongressband. 121-127.
- OLTMANN, W., BURBA, M. & BOLZ, G., 1984. Die Qualität der Zuckerrübe. Bedeutung, Beurteilungskriterien und züchterische Massnahmen zu ihrer Verbesserung. Fortschritte der Pflanzenzüchtung. H.12. Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg.
- ORLOVSKIJ, N. I., 1961. Osznovü biologii szaharnoj szveklü. Gosszelhozizdat USSR. Kiev.
- PAZLER, J. & RUZICKA, A., 1935. Bericht über die vergleichenden Versuche mit Rübensamen, veranstaltet vom Zentralverein der csl. Zuckerindustrie im Jahre 1934. Z. Zuckerind. csl. Rep. 60. 89-96.
- POLLACH, G., 1984. Versuche zur Verbesserung einer Rizomania-Diagnose auf Basis konventioneller Rübenanalysen. Zuckerind. 109. 849-853.
- PRJANISCHNIKOW, D. N., 1952. Der Stickstoff im Leben der Pflanzen und im Ackerbau der UdSSR. Akademie Verlag. Berlin.
- ROSSI, A. & MAURANDI, V., 1980. The influence of color and ash content of syrups on white sugar quality. Zuckerind. 105. 906-910.
- ROVARA F., 1890. Répaternelés. Pesti Könyvnyomda Rt.
- RUZSÁNYI L., 1981. A műtrágyázás és az öntözés hatása a cukorrépa temésére és a gyökér beltartalmi értékére. Növénytermelés. 30. 363-370.
- RUZSÁNYI L., 1990. A cukorrépa vízigénye és az öntözés hatása. Növénytermelés. 39. 423-429.
- SCHIWECK, H., JEANTEUR-DE-BEUKELAR, C. & VOGEL, M., 1993. Das Verhalten der stickstoffhaltigen Nichtzuckerstoffe von Rüben während des Fabrikationsprozesses. Zuckerind. 118. (1) 15-23.
- SCHIWECK, H. et al., 1994. Errechnung der Dicksaft-Nichtzuckermasse aus Rübenanalysen. Zuckerind. 119. 268-282.
- SCHULZ, R., MÜLLER, J. & MARSCHNER, H., 1989. Einfluss der N-Form auf den Zeitverlauf der N-Aufnahme, die Nitratkonzentration in Blattstielen (NO₃-Schnelltest) und die N-Ausnutzung bei Zuckerrüben. VDLUFA-Schriftenreihe Kongressband 30. 613-618.
- SMED, E., 1997. Bestimmung des Gehaltes an löslichem Stickstoff in Zuckerrübenextrakt mittels AutoAnalyzer. Zuckerind. 122. 460-465.
- SNYDER, F. W. & TOLBERT, N. E., 1966. Influence of nitrogen nutrition and season on photosynthetic incorporation of ¹⁴C¹⁴CO₂ into sucrose and other soluble compounds of the sugar beet. Bot. Gaz. 127. 164-170.

- SOMMER, E., 1960. Biochemische und technologische Untersuchungen an Zuckerrüben verschiedener Zuchtrichtungen unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffsubstanzen. *Z. Zuckerind.* **10**, 591–595.
- SPRENGLER, O., 1929. Die Nichtzuckerstoffe der Rübe. *Der Züchter*. **1**, 193–196.
- STANEK, V. & PAVLAS, P., 1934. Über eine schnelle, informative Methode zur Bestimmung des schädlichen Stickstoffs, der Amide und der Aminosäuren in der Rübe. *Z. Zuckerind. csl. Rep.* **59**, 129–142.
- STROHMER, F. & FALLADA, O., 1909. Einfluss starker Stickstoffdüngung auf die Beschaffenheit der Zuckerrübe. *Österr.-Ung. Z. Zuckerind. u. Landwirtsch.* **38**, 708–729.
- SZEMERE H., 1890. A cukorrépa és takarmányrépa jövedelmező termelése. *Pesti Könyvnyomda Rt.*
- SZILIN, P. M., 1958. Technology of beet-sugar production and refining. Moscow.
- SZÓKE S., 1950. A cukorrépa nitrogén vegyületei. *Cukoripar*. **3**, 221–226.
- TAKADA, S. et al., 1990. Effects of NH_4/NO_3 -ratios as a nitrogen source on the yield and sugar content of sugar beet. Effect of Chilesalpeter application. *Proc. Japan. Soc. Sugar Beet Technol.* **32**, 25–30.
- UHLENBROCK, W., BURBA, M. & COURTHAUDON, L., 1993. Gesamtstickstoffbestimmung in Zuckerrüben und Zuckerfabrikprodukten nach der Pyro-Chemilumineszenz-Methode. *Zuckerind.* **118**, 345–355.
- ULRICH, A., 1950. Critical nitrate levels of sugar beets estimated from analysis of petioles and blades with special reference to yields and sucrose concentrations. *Soil Sci.* **69**, 291–309.
- URBAN, J., 1910/11. Die Erbllichkeit des Stickstoffgehaltes bei der Zuckerrübe. *Z. Zuckerind. Böhmen*. **35**, 443–450.
- VAVRINECZ G., 1966. A répamelasz képződése és összetétele. IV. Különböző nemcukoranyagok telítettségi függvényei. *Cukoripar*. **19**, (1) 1–9.
- VLAŠSAK, K., JEURISSEER, CHR. & VANSTALLEN, R., 1983. Effekt van Stikstofopname opde groei en opbrengst van suikerbiet. *Inst. Royal Belge pour l'Amelioration de la Betterave*. **51**, 115–127.
- VUKOV, K., 1977. Physics and Chemistry of Sugar-Beet in Sugar Manufacture. Akadémiai Kiadó. Budapest
- VUKOV K. & HANGYÁL K., 1983. Cukorrépa-termesztőknek a fehér-cukor-hozanról. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest
- WACHOWICZ, M., 1991. Zawartosc związkow azotowych w burakach cukrowych jako uzupelnienie wskaznikow Vukova. *Gazeta Cukrownicza*. **99**, 84–86.
- WAGNER, H., 1932. Beiträge zum Wachstumsverlauf und zur Nährstoffaufnahme der Zuckerrübe im ersten und zweiten Wachstumjahr. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde*. **25**, 129–155.
- WALERIANCZYK, E. & BUTWIŁOWICZ, A., 1988. Badanie efektywnosci schematow oczyszczacznia w aspekcie ilosciowego usuniecia z soku roznych postaci azotu. *Gazeta Cukrownicza*. **96**, 175–177.
- WENDENBURG, C., 1996. Ermittlung des Stickstoffentzuges von Zuckerrüben als Grundlage einer Pflanzenbedarfsgerechten Düngung. *Proc. 59th IIRB Congress. Bruxelles*, 13–15 Febr., 1996. 303–307.
- WHITE, T. L., 1959. Petiole analysis as a guide to the manuring of sugar beet. *Plant and Soil*. **11**, 78–86.
- WOHRYZEK, O., 1928. *Chemie der Zuckerindustrie*. Verlag Julius Springer. Berlin

Érkezett: 1998. november 26.

KULCSÁR LÁSZLÓ
BETA Kutató és Fejlesztő Kft.,
Sopronhorpács