

N-műtrágya formák hatása a saláta termésére és NO₃-tartalmára

NÁDASYNÉ IHÁROSI ERZSÉBET

PATE Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Agrokémiai Tanszék, Keszthely

Bevezetés

A zöldségfélék és a takarmánynövények NO₃-akkumulációjának tanulmányozása az intenzív gazdálkodás elterjedésével az 1960–1980-as években került előtérbe. A probléma napjainkban is élő, hiszen a zöldségtermesztésben fokozottabb mértékű a N-műtrágya-felhasználás, mint a szántóföldi növényeknél. Főleg a fólia alatti, illetve üvegházi termesztés során használnak sok nitrogént, a korai és nagy termések elérése céljából (GILINGERNÉ & VÁCZINÉ, 1991). A zöldségfélék legtöbbje gyors növekedéssel hálálja meg a jobb N-ellátást.

Az egészséges táplálkozási szokások elterjedésével nő a zöldségfogyasztás. Sok növényt nyersen fogyasztunk, gyakran zsenge állapotban, amikor magasabb a nitráttartalma. A nitrát, illetve az abból keletkező nitrit az emberi és állati szervezetben toxikus hatású. Ezért a megengedhető nitráttartalmi határértékeket az egyes zöldségfélékre már több országban megállapították. Magyarországon a határértékek még nem kerültek kidolgozásra.

Az egyes növényfajok és -fajták eltérő mértékben, genetikailag meghatározottan hajlamosak a nitrát felhalmozására (PRUGAR et al., 1991; KÁROLY et al., 1993; PODMANICZKY, 1993). A legmagasabb a levélzöldségek, köztük a fejes saláta NO₃-tartalma (PASCHOLD & HUNDT, 1986; TERBE et al., 1986). MINOTTI (in: MAYNARD et al., 1976) feltűnően nagy különbséget talált az egyes salátafajták NO₃-felhalmozása között. A NO₃-akkumulációt a tápanyagok közül a nitrogén befolyásolja legnagyobb mértékben (PRUGAR et al., 1991; KÁDÁR, 1992). A kijuttatott műtrágyahatóanyag mennyisége mellett a nitrogén formája is hatással van a termés nagyságára és NO₃-tartalmára. NO₃-táplálásnál általában jobban fejlődnek a növények, de magasabb a NO₃-koncentrációjuk, mint NH₄-táplálásnál (BARKER & MAYNARD, 1971; LEHMANN, 1977).

Kutatási célunk volt tenyészedény-kísérletekben tanulmányozni a növekvő N-adagok és eltérő N formák hatását egy újonnan nemesített salátafajta, a „Balaton zöld” termésmennyiségére és NO₃-akkumulációjára.

Anyag és módszer

A talajkultúrák tenyészedény-kísérleteket tenyészházban állítottuk be 1995 szeptemberében, majd 1996 áprilisában megismételtük. A műanyag tenyész-edények aljára tisztára mosott folyami kavicsot helyeztünk a megfelelő levegő-zöttség biztosítására. Ezt sűrű szövésű műanyag hálóval borítottuk be. Az edényekbe öntözőcsövet helyeztünk. A szükséges vízmennyiség felét a talaj felszínére, felét a csövön át adagoltuk (KRÁMER & DEBRECZENINÉ, 1962). Az edényekbe 1 kg átrostált, légszáraz talajt töltöttünk. A kísérlet talaja Zala-apátiból származó erodált agyagbemosódásos barna erdőtalaj 0-20 cm-es rétege volt. A talaj néhány jellemzője: pH (H₂O): 7,8; CaCO₃: 20 %; Humusz: 0,5 %; Ásványi-N: 4,8; NH₄-N: 2,03; NO₃-N: 2,80; AL-P₂O₅: 52,7, AL-K₂O: 76,7 mg/kg talaj; Maximális vízkapacitás: 39,5 g/100 g száraz talaj. A talaj foszforral és káliummal gyengén, nitrogénnel igen gyengén ellátott.

A felhasznált N-műtrágyákat úgy választottuk meg, hogy a nitrogént csak nitrát, csak ammónium, illetve mindkét formában tartalmazzák. Kalcium-nitrát hatóanyagot tartalmazó folyékony Kalcinolt (a Nitrogénművek RT Várpalota által gyártott, elsősorban üvegházakban, és fólia alatti termesztésben javasolt folyékony műtrágya, mely a gyártó által megadott adatok szerint 8,5 % N-t, 12,5 % Ca-ot és 0,3 % Mg-ot tartalmaz), ammónium-szulfátot és ammónium-nitrátot alkalmaztunk az 1. táblázatban megadott dózisokban. Arra törekedtünk, hogy a várhatóan kedvező hatású adagokon felül, depressziós hatást kiváltó dózisokat is kijuttassunk azért, hogy a Mitcherlich-féle hozamgörbe leszálló ágában is nyerjünk adatokat. A három N forma, 5 N-adag + 1 kontroll = 16 kezelés, 4 ismétléssel 64 db edényt jelentett 1995 őszén és 1996 tavaszán egyaránt.

A növények foszfor- és káliumigényük biztosítására egységes mennyiségű szuperfoszfát- és kálium-szulfát-műtrágyát kaptak. A N-műtrágyákat oldat formában a talaj felszínére juttattuk ki, a foszfor- és káliumműtrágyát porítva kevertük a talajba.

A kísérleteket négy ismétlésben állítottuk be. Edényenként 100 db salátamagot vetettünk a „Balaton zöld” fajtából, mely egész évben termesztendő, enyhén hólyagos levelű, tápanyag-, víz- és fényigényes. A kis tenyész-edényekben azért neveltünk nagyszámú növényt, hogy a talajba juttatott műtrágyamennyiségeket

1. táblázat

A kísérletekben alkalmazott műtrágyák és műtrágyaadagok

(1) Műtrágyák	(2) Műtrágyaadagok
a) Kalcium-nitrát /Kalcinol/ (7,6 % N)	0, 40, 80, 160, 320, 640 mg/kg talaj
b) Ammónium-szulfát (20,2 % N)	0, 40, 80, 160, 320, 640 mg/kg talaj
c) Ammónium-nitrát (34,7 % N)	0, 40, 80, 160, 320, 640 mg/kg talaj
d) Szuperfoszfát (18,1 % P ₂ O ₅)	120 mg P ₂ O ₅ /kg talaj
e) Kálium-szulfát (51,6 % K ₂ O)	200 mg K ₂ O/kg talaj

a lehető legteljesebben felhasználják, és a műtrágyahatások kifejezettebben érvényesüljenek. A sűrű növényállomány nem tette lehetővé a tenyészedényenkénti tőszám megállapítását. A magok csírázási %-a az előzetes csíráztatási kísérlet alapján 100 % volt.

A tenyészedényeket asztalokon helyeztük el randomizált split-plot elrendezésben. A vizet súlymérés alapján adagoltuk a maximális vízkapacitás 60 %-áig, mely jó vízellátásnak felel meg. A növényeket 6 hetes korig neveltük. Ekkor kiértékeljük a kísérletet. Tenyészedényenként megmértük a levágott levelek friss tömegét, majd 60 °C-on való szárítás után a száraz tömegét.

A minták összes-N-tartalmát kénsavas, hidrogén-peroxidos feltárás után dead stop végpontjelzéses amperometriás titrálással határoztuk meg (FÜLEKY, 1970). A NO₃-N-tartalmat fotometriásan, a THAMMNÉ (1990) által kidolgozott módszer szerint mértük, 1:800 arányú desztillált vizes kivonatból.

A két kísérleti év adatait matematikailag együttesen értékeltük többtenyezős varianciaanalízissel, mivel az őszi és a tavaszi kísérlet ismétlésül szolgált, egyaránt fényszegény időszakot jelentett, közel álló trágyahatásokkal. Az SzD-értékeket P = 5 % valószínűségi szinten adtuk meg.

Az eredmények értékelése

A „Balaton zöld” salátafajta friss és száraz tömegének változását a 2. táblázatban mutatjuk be a két kísérleti év átlagában. A friss tömeget a 40–320 mg N/kg adagok szignifikánsan növelték a kontrollhoz képest. A 40 mg N/kg kezelés 99,3 %-kal, a 80 mg N/kg műtrágyaadag 134 %-kal több friss tömeget adott. A legnagyobb gyarapodást (2,5-szeres) a háromféle N-műtrágya átlagában a 160 mg N/kg dózis kijuttatásakor kaptuk. Hatása P = 5 %-os valószínűségi szinten nem különbözött a 80 mg N/kg kezelés hatásától. A kalcium-nitrát műtrágya azonban már a 160 mg/kg N-terhelésnél depressziót okozott, ezért kísérleteinkben a frisstömeg-képződés szempontjából optimális N-adagnak a 80 mg/kg bizonyult. Az ammónium-szulfát, illetve az ammónium-nitrát műtrágyáknál a 320 mg N/kg adagnál jelentkezett a termésdepresszió, ekkor a N-többletet már nem hasznosították a növények. A 640 mg N/kg adag erőteljesen visszavetette a saláta fejlődését. A friss tömeg 85 %-kal csökkent a maximális friss tömeghez viszonyítva.

A száraz tömeg a 40, 80 és 160 mg N/kg adagok hatására növekedett a kontrollhoz képest, közöttük szignifikáns különbség nem volt. A 40 mg/kg N-nel ellátott növények száraz tömege 61 %-kal, a 80 mg/kg N-nel kezeltké 85 %-kal, a 160 mg/kg N-nel tápláltké 73 %-kal volt több a kontrollénál. A legtöbb száraz anyag az ammónium-szulfát és a kalcium-nitrát hatására a 80 mg N/kg műtrágyaadag hatására képződött. Az ammónium-nitrát a 160 mg N/kg kezelésben adta a legnagyobb száraz tömeget. A 320 és a 640 mg N/kg dózisok hatására a szárazanyag-produkció 48 %-kal, illetve 89 %-kal csökkent a maximálisan képződött szárazanyag-mennyiséghez képest.

2. táblázat
A salátalevél friss tömege (g) és száraz tömege (g) a N-műtrágya-adagok és N formák hatására
(1995–1996. évi kísérlet eredményeinek átlaga)

(1) N-adag	(2) Műtrágya forma			(3) Átlag	(4) SzD _{5%}
	NH ₄ NO ₃	(NH ₄) ₂ SO ₄	Ca(NO ₃) ₂		
<i>A. Friss tömeg, g</i>					
0	10,92	10,92	10,92	10,92	4,52
40	20,45	24,43	20,41	21,76	4,52
80	24,86	27,56	24,11	25,51	4,52
160	29,31	31,08	21,12	27,17	4,52
320	22,75	11,46	14,42	16,21	4,52
640	3,67	6,91	1,21	3,93	4,52
a) Átlag	18,66	18,73	15,36	17,58	4,52
b) SzD _{5%}	3,19	3,19	3,19	3,19	
<i>B. Száraz tömeg, g</i>					
0	1,56	1,56	1,56	1,56	0,46
40	2,59	2,73	2,18	2,5	0,46
80	2,81	3,06	2,77	2,88	0,46
160	3,17	2,84	2,09	2,70	0,46
320	1,97	1,08	1,46	1,50	0,46
640	0,39	0,45	0,12	0,32	0,46
a) Átlag	2,08	1,95	1,70	1,91	0,46
b) SzD _{5%}	0,33	0,33	0,33	0,33	

A 2. táblázatból az is kiolvasható, hogy a 40, 80 és 160 mg N/kg kezeléseknél a Ca(NO₃)₂ hatására képződött a legkevesebb friss tömeg, az (NH₄)₂SO₄ használatakor pedig a legtöbb. Ezt az alábbiakkal magyarázzuk:

– A kísérlet talaja 20 % meszet tartalmazott, kémhatása gyengén lúgos volt, ezért az ammónium forma felvehetősége nagyobb volt, mint a nitráté.

– Kísérleteink során fiatal növényeket vizsgáltunk, melyek gyakran előnybe részesítik az ammónium formát a nitráttal szemben (HEWITT, 1966).

– A Ca(NO₃)₂-kezelésben a magok csírázása és a növények fejlődése elmaradt a másik két műtrágyakezelésben részesített növényekhez képest. További kísérleti eredményeink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a csírázás- és növekedésgátlás elsősorban a műtrágya kijuttatását követően kialakuló magas Ca-koncentráció következménye. Kísérletünkben tehát nem egyszerűen a nitrát-, illetve ammónium forma hatott a friss tömegre, hanem a műtrágya, mint só hatása került előtérbe, ami a kis talajmennyiséget tartalmazó edényekben kifejezettebben jelentkezett. Mivel a vetés a műtrágya kijuttatását követő napon történt, nem volt elegendő idő a műtrágya talajban való elrendeződésére, átalakulására sem.

Az NH_4NO_3 -műtrágya 320 mg N/kg adagjának hatására közel kétszeres volt a frisstömeg-produkció a másik két műtrágyához képest, így a N forma hatását vizsgálva az emelkedő N-dózisok átlagában az NH_4 - és a NO_3+NH_4 -táplálás között nem kaptunk statisztikailag igazolt különbséget. A legkevesebb friss tömeg a NO_3 -trágyázáskor képződött.

A száraz tömeg is a nitráttáplálás hatására volt legkisebb. Az optimális 40 és 80 mg N/kg kezeléseknél a legtöbb száraz anyag az NH_4 forma hatására képződött. Ez ellentmond annak a megfigyelésnek, hogy a nitráttáplálás hatására a növények több száraz anyagot képeznek, mint ammónium hatására (SALSAC et al., 1987). Ennek lehetséges okait a N forma és a friss tömeg kapcsolatának elemzésekor ismerttettem. A 160 és 320 mg N/kg kezeléseknél az együttes NO_3 - és NH_4 -tápláláskor jelentősen nagyobb volt a szárazanyaghozam, így a N-dózisok átlagában az NH_4NO_3 bizonyult legkedvezőbbnek a szárazanyag-képződés szempontjából. Eredményünk egyezik MENGEL és KIRKBY (1982) megállapításával, miszerint az együttes NO_3 - és NH_4 -táplálás az optimális a szárazanyag-képződéshez.

N-műtrágyázás nélkül a salátalevél 1,01 % N-t tartalmazott (3. táblázat). A műtrágyaadagok növelésével a levél N-koncentrációja a 320 mg N/kg kezelésig lépcsőzetesen növekedett (3,54 %). A kezeléseknél közötti legnagyobb mértékű N-

3. táblázat

A salátalevél nitrogéntartalma (%) és a tenyészedenként felvett N mennyisége (mg) a N-műtrágya-adagok és N formák hatására (1995–1996. évi kísérlet eredményeinek átlaga)

(1) N-adag	(2) Műtrágya forma			(3) Átlag	(4) SzD _{5%}
	NH_4NO_3	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$		
<i>A. A salátalevél N-tartalma, %</i>					
0	1,01	1,01	1,01	1,01	0,22
40	1,72	1,62	1,96	1,77	0,22
80	2,17	1,72	2,59	2,16	0,22
160	2,85	2,72	3,45	3,01	0,22
320	3,62	3,38	3,62	3,54	0,22
640	2,84	3,34	3,95	3,38	0,22
a) Átlag	2,37	2,30	2,76	2,48	0,22
b) SzD _{5%}	0,16	0,16	0,16	0,16	
<i>B. A tenyészedenként felvett N mennyisége, mg</i>					
0	15,7	15,7	15,7	15,7	12,0
40	44,5	44,2	42,7	43,8	12,0
80	60,9	52,6	71,7	61,7	12,0
160	90,3	77,2	72,1	79,9	12,0
320	71,3	36,5	52,8	53,5	12,0
640	11,1	15,0	4,7	10,3	12,0
a) Átlag	49,0	40,2	43,3	44,2	12,0
b) SzD _{5%}	8,5	8,5	8,5	8,5	

tartalom emelkedést a 40 mg N/kg mennyiség váltotta ki, hatására 74 %-os N-tartalom növekedést tapasztaltunk. Ezt követően egyenletes mértékben nőtt a N-koncentráció. A felvett többlet-N a 160 mg N/kg adagtól már nem növelte a biomassa mennyiségét, tehát megkezdődött a nitrogén luxusfogyasztása. A 640 mg N/kg kezelésben csak a $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -műtrágya növelte tovább a növények N-tartalmát.

A N-tartalmat a N-adagok függvényében a $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -műtrágya szignifikánsan emelte az ammónium-szulfáthoz és az ammónium-nitráthoz képest.

Kiszámoltuk a tenyészedenként felvett nitrogén mennyiségét is, amit a 3. táblázat tartalmaz. Ez a 160 mg N/kg kezelésig lépcsőzetesen növekedett, majd csökkent, mivel megkezdődött a száraz tömeg csökkenése. A N formák hatása között statisztikailag igazolt különbség nem volt.

A 4. táblázat adataiból látható, hogy a „Balaton zöld” fejes saláta fajta N-műtrágyázás nélkül nem akkumulált mérhető mennyiségben $\text{NO}_3\text{-N}$ -t. A növekvő N-adagok hatására a NO_3 -tartalom folyamatos emelkedését tapasztaltuk. A 40 mg N/kg kezelésben mért NO_3 -koncentráció (981 mg/kg száraz anyag) még nem különbözött statisztikailag a kontrolltól. A nagyobb N-dózisok viszont egymáshoz viszonyítva is szignifikánsan növelték a száraz anyagban akkumulált nitrát-N mennyiségét. A 640 mg N/kg adag hatására volt legmagasabb a

4. táblázat

A salátalevél $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalma a száraz anyagban (mg/kg) és a tenyészedenként felhalmozott $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége (mg) a N-műtrágya-adagok és N formák hatására (1995–1996. évi kísérlet eredményeinek átlaga)

(1) N-adag	(2) Műtrágya forma			(3) Átlag	(4) SzD _{5%}
	NH_4NO_3	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$		
<i>A. A salátalevél $\text{NO}_3\text{-N}$-tartalma a száraz anyagban, mg/kg</i>					
0	0	0	0	0	2405
40	674	617	1651	981	2405
80	1877	770	2331	1659	2405
160	6017	4048	8906	6324	2405
320	9791	10228	10834	10284	2405
640	16269	11431	15942	14547	2405
a) Átlag	5771	4516	6611	5633	
b) SzD _{5%}	1700	1700	1700	1700	
<i>B. A tenyészedenként felhalmozott $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége, mg</i>					
0	0	0	0	0	2,87
40	1,74	1,68	3,60	2,34	2,87
80	5,27	2,36	6,45	4,69	2,87
160	19,07	10,50	18,61	16,06	2,87
320	19,29	11,05	15,82	15,39	2,87
640	6,34	5,14	1,91	4,46	2,87
a) Átlag	8,62	5,12	7,73	7,16	
b) SzD _{5%}	2,03	2,03	2,03	2,03	

NO₃-N-tartalom, 14547 mg/kg száraz anyag a három alkalmazott N-műtrágya átlagában.

A növények által tenyészedenként felhalmozott NO₃-N mennyiségét a biomassza-produkció és a NO₃-tartalom együttesen határozza meg. A felhalmozás a Ca(NO₃)₂ esetén a 160 mg N/kg adagig, az (NH₄)₂SO₄-, valamint NH₄NO₃-kezelésekben a 320 mg N/kg dóziséig növekedett, majd visszaesett, a száraz tömeg jelentős csökkenése miatt. Kísérleteink eredménye egyezik GILINGERNÉ és VÁCZINÉ (1991) korábbi megállapításával, miszerint nem a legnagyobb biomassza-produkció esetén a legmagasabb a NO₃-koncentráció. Ez azt igazolja, hogy nem a legszebben fejlődő növények halmozzák fel a legtöbb nitrátot.

A növekvő N-ellátottsággal a salátalevél friss tömegre vonatkoztatott NO₃-tartalma folyamatosan emelkedett, a 160 mg N/kg kezeléstől szignifikáns mértékben (5. táblázat). Az általunk mért adatokat összevetve a számos európai országban, főleg Nyugat-Európában a nyári időszakra elfogadott 3500 mg NO₃/kg friss tömeg határértékkel (KMECL, 1991) azt tapasztaltuk, hogy a 0, 40 és 80 mg N/kg adag alkalmazásakor mért NO₃-koncentráció a határérték alatti volt.

A biomassza-gyapapodás szempontjából is optimális 80 mg N/kg talaj műtrágyamennyiség felhasználásakor tehát a „Balaton zöld” fajta NO₃-tartalma nem haladta meg a határértéket a háromféle műtrágya és két kísérleti év átlagában. A 160 mg/kg N-t tartalmazó Ca(NO₃)₂-kezelésben már határérték feletti, 4677 mg NO₃/kg friss tömeg akkumulálódott a levélben. A legtöbb nitrátot a Ca(NO₃)₂ 640 mg N/kg dózisánál akkumulálták a növények (8457 mg/kg), több mint kétszeresét a fent említett határértéknek. Sajnos a levélzöldségeknél, főleg üvegházi, illetve fólia alatti termesztésben nem ritka a hasonlóan magas NO₃-tartalom az intenzív N-műtrágyázás következtében. A kisebb N-műtrágya-ada-

5. táblázat

A salátalevél NO₃-tartalma egységnyi friss tömegben (mg/kg) a N-műtrágya-adagok és N formák hatására (1995–1996. évi kísérlet eredményeinek átlaga)

(1) N-adag	(2) Műtrágya forma			(3) Átlag	(4) SzD _{5%}
	NH ₄ NO ₃	(NH ₄) ₂ SO ₄	Ca(NO ₃) ₂		
0	0	0	0	0	2310
40	320	273	703	432	2310
80	812	347	1215	791	2310
160	2355	1589	4677	2874	2310
320	3811	5052	5926	4930	2310
640	7877	6802	8457	7712	2310
a) Átlag	2529	2344	3496	2790	2310
b) SzD _{5%}	1102	1102	1102	1102	

gok alkalmazásával a vizsgált fajta NO_3 -koncentrációja jelentősen kisebb volt (2,5–1,5-szörös csökkenés az egyes N-adagok között), szemben ROORDA (1984) más fajtákra tett megállapításával, miszerint átlagosan 10 %-os NO_3 -szintcsökkenés érhető el a N-műtrágyázás elhagyásakor is.

A N forma hatását tanulmányozva a NO_3 -felhalmozásra megállapítottuk, hogy az egyoldalú NO_3 -táplálás növelte legnagyobb mértékben a raktározott nitrát mennyiségét a friss tömegre, illetve a száraz tömegre vonatkoztatva egyaránt. Ezt a vegyes táplálású, majd az ammóniummal táplált növények NO_3 -akkumulációja követte. Eredményeink egyeznek az EL SHINNAVI és munkatársai (1990) által felállított sorrenddel. Arról több szerző beszámolt, hogy az egyoldalú NO_3 -táplálásnál legnagyobb a növények NO_3 -tartalma (BARKER & MAYNARD, 1971; VENTER, 1979).

6. táblázat

A NO_3 -N aránya az összesen felvett N-ből (%) a salátalevélben a N-műtrágya-adagok és N formák hatására (1995–1996. évi kísérlet eredményeinek állaga)

(1) N-adag	(2) Műtrágya forma			(3) Átlag	(4) SzD _{5%}
	NH_4NO_3	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$		
0	0	0	0	0	4,7
40	6,6	3,8	8,4	6,3	4,7
80	8,6	4,4	9,0	7,3	4,7
160	21,1	14,8	25,8	20,6	4,7
320	27,0	30,3	29,9	29,1	4,7
640	57,3	34,2	40,4	44,0	4,7
a) Átlag	20,1	14,6	18,9	17,9	4,7
b) SzD _{5%}	3,4	3,4	3,4	3,4	

A NO_3 -N aránya az összes-N-ből mutatja, hogy az összesen felvett nitrogénből mekkora a NO_3 -alakban raktározott hányad (6. táblázat). Mivel a kontroll nem tartalmazott mérhető mennyiségben nitrátot, az arányszám itt nulla. (A mérési módszer kimutatási határa 10 mg NO_3 -N/kg száraz anyag volt). A NO_3 -N aránya a növekvő N-adagok hatására folyamatosan emelkedett, ami azt jelentette, hogy a nitrát formában raktározott hányad nagyobb mértékben nőtt, mint a N-felvétel. A fokozódó mértékű N-felvételt nem tudta követni a növény NO_3 -asszimilációja. A 320 mg N/kg adag hatására az összes-N 29 %-a, a 640 mg N/kg dózisonál 44 %-a raktározódott nitrát formában, az NH_4NO_3 ezen kezelésében a nitrát aránya elérte az 57 %-ot. 9 % feletti aránynál a NO_3 -tartalom meghaladta a 3500 mg/kg értéket. Itt említjük meg, hogy a növény megnövekedett N-tartalma utalt a magas NO_3 -koncentrációra. A vizsgált fajta kísérletek során 2,6–2,8 % N-koncentráció felett akkumulált a megengedettnél több nitrátot.

A növények által felvett nitrogénből a $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ hatására raktározódott a legnagyobb hányad $\text{NO}_3\text{-N}$ formában. A hatáskülönbség szignifikáns mértékű volt az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -hoz és az NH_4NO_3 -hoz viszonyítva. Ez igazolja azt a megállapítást, hogy a NO_3 -felhalmozás mértéke a nitráttal táplált növényekben a legnagyobb.

Összefoglalás

Tenyészházban folytatott tenyészedény-kísérletekben vizsgáltuk növekvő N-műtrágya-adagok és különböző N formák: nitrát, ammónium, nitrát + ammónium hatását a „Balaton zöld” salátafajta biomasszahozamára, N- és $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalmára. A kísérletekben kalcium-nitrát-tartalmú folyékony Kalcinolt, ammónium-szulfátot és ammónium-nitrátot alkalmaztunk 0, 40, 80, 160, 320 és 640 mg N/kg talaj dózisban. A kísérletek talaja erodált agyagbemosódásos barna erdőtalaj volt, melynek kémhatása gyengén lúgos, mésztartalma magas volt.

Megállapítottuk, hogy a frisstömeg- és a száraztömeg-képződés szempontjából optimális N-műtrágya-dózis 80 mg/kg volt. A friss tömeg a kalcium-nitrát-műtrágya alkalmazásakor volt legkisebb. Az ammónium- és az ammónium- + nitráttáplálás friss tömegre gyakorolt hatása nem különbözött. A legkevesebb száraz anyag is a nitrát-, a legtöbb pedig az ammónium- + nitráttáplálás során képződött.

A N-műtrágya-adagok növelésével a levél N-koncentrációja a 320 mg N/kg kezelésig lépcsőzetesen emelkedett. A megnövekedett N-tartalom utalt a magas NO_3 -tartalomra. A saláta 2,6–2,8 % N-koncentráció felett a megengedettnél több nitrátot akkumulált. A N-tartalom a $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -műtrágya kezeléseknél volt legnagyobb a másik két műtrágyához viszonyítva.

A „Balaton zöld” fajta N-műtrágyázás nélkül nem akkumulált mérhető mennyiségű nitrátot. A növekvő N-adagokkal a NO_3 -koncentráció folyamatosan emelkedett. Eredményeinket összevetve a 3500 mg NO_3 /kg friss tömeg határértékkel azt tapasztaltuk, hogy a biomassza-gyarapodás szempontjából is optimális 80 mg N/kg talaj műtrágyaadag használatkor a NO_3 -tartalom a határérték alatti volt a háromféle műtrágya és a két kísérlet átlagában. A legtöbb nitrát az egyoldalú NO_3 -táplálás hatására halmozódott fel a levélben.

Az összes-N nitrát formában raktározott hányada a növekvő N-adagok hatására folyamatosan nőtt. 9 % feletti $\text{NO}_3\text{-N}$ aránynál a saláta NO_3 -tartalma meghaladta a 3500 mg/kg NO_3 határértéket.

Irodalom

- BARKER, A. V. & MAYNARD, D. N., 1971. Nutritional factors affecting nitrate accumulation in spinach. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2. (6) 471–478.
- EL-SHINNAWI, M. M., EL-SEIDY, M. S. & SANA W. BARSOOM, 1990. Nitrogen forms in plants as affected by nitrogen source. *Acta Agronomica Hungarica.* 39. 85–93.

- FÜLEKY GY., 1970. A dead-stop végpontjelzéses nátrium-hipobromitos titrálás alkalmazása növényi anyagok és műtrágyák nitrogéntartalmának meghatározására. *Agrokémia és Talajtan*. **19**. 339–345.
- GILINGERNÉ P. M. & VÁCZINÉ N. K., 1991. Zöldségfélék minőségvizsgálata különös tekintettel a nitráttartalomra. *Agrofórum*. **3**. 17–18.
- HEWITT, E. J., 1966. *Sand and Water Culture Methods Used in the Study of Plant Nutrition*. Commonwealth Agric. Bureau. Farnham Royal Bucks, England.
- KÁDÁR I., 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- KÁROLY G. et al., 1993. Zöldség- és gyümölcskultúrák növényvédőszer-, nitrit-, nitrát-szennyeződésének felmérése Veszprém megyében, az 1992. évben. *Növényvédelem*. **29**. 73–77.
- KRÁMER M. & DEBRECZENI B-NÉ, 1962. A tenyészedény-kísérletezés módszerei (talaj és homokkultúrák). In: BALLENEGGER R. & DI GLÉRIA J.: *Talaj- és trágyavizsgáló módszerek*. 376–382. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- KMECL, V., 1991. Stickstoffdüngung im Gemüsebau. Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Bonn. **1223**. 5–7.
- LEHMANN, K., 1977. Die Wirkung hoher Minereraldüngung auf die wichtigsten stickstofffraktionen, insbesondere Nitrate-N in Futterpflanzen. *Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk.* **21**. 191–199.
- MAYNARD, D. N. et al., 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron.* **28**. 71–118.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E. A., 1982. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute. Worblaufen–Bern. Switzerland.
- PASCHOLD, P. J. & HUNDT, L., 1986. Produktion von Spinat und Möhren mit reduziertem Nitratgehalt. *Herausgeber*. **24**. (4) 1–40.
- PODMANICZKY G., 1993. Zöldségnövények reprezentatív nitrát-nitrit tartalom vizsgálata. *Agrofórum*. **4**. 46.
- PRUGAR, J. et al., 1991. Nitrates in plants. In: BIELEK, P. et al.: *Nitrogen Cycles in the Present Agriculture*. 127–167. Priroda. Bratislava.
- ROORDA VAN EYSINGA, J. P., 1984. Nitrate in glasshouse vegetables. *Fertilizer Research*. **5**. 149–156.
- SALSAC, L. et al., 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. **6**. 805–812.
- THAMM F-NÉ, 1990. Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan*. **39**. 191–206.
- TERBE I., ZSOLDOS L. & PATÓCS I., 1986. A zöldségnövények nitráttartalma. *Lippay János tudományos ülésszak előadásai*. **1**. 125–131.
- VENTER, F., 1979. Nitrate contents in carrots (*Daucus carota* L.) as influenced by fertilization. *Acta Horticulturae*. **93**. 163–171.

Érkezett: 1998. november 2.

Effect of N Fertilization and N Forms on the Yield and NO_3 Content of Lettuce

E. NÁDASY-IHÁROSI

Pannon University of Agricultural Sciences, Georgikon Faculty, Department of Agrochemistry, Keszthely (Hungary)

Summary

The effect of rising rates of N fertilizers, and different nitrogen forms was studied on the biomass production, nitrogen and nitrate content of the „Balaton zöld” lettuce variety.

Experiments were set up in 1995 and 1996 in pots containing 1 kg dry eroded brown forest soil with clay illuviations (0–20 cm layer) under greenhouse conditions. The main characteristics of the experimental soil were: available N content (NH_4+NO_3): 4.8 mg per kg; humus %: 0.5; available P_2O_5 : 52.7 mg per kg; available K_2O : 76.7 mg per kg; pH(KCl): 7.7; pH(H_2O): 7.8; CaCO_3 : 20%.

The N forms examined were $\text{NO}_3\text{-N}$ (nitrate), NH_4 (ammonium) and NH_4+NO_3 at a ratio of 1:1. The N fertilizers applied were calcium nitrate (7.6% N), ammonium sulphate (20.2% N) and ammonium nitrate (34.7% N). Six rising rates of nitrogen fertilizers were used: 0, 40, 80, 160, 320 and 640 mg N per kg soil. 120 mg P_2O_5 per pot in the form of superphosphate and 200 mg K_2O per pot as potassium sulphate were also applied. The pots were moistened to 60% of the maximum water holding capacity of the soil. The experiments were finished at six weeks of age when the leaves were cut.

It was established that the fresh weight was highest in the 80 mg per kg N and 160 mg per kg N treatments. The greatest dry matter production was found at 80 mg per kg N. The fresh and dry weights were lower after the application of calcium nitrate. The effect of ammonium nutrition on the fresh weight did not differ from that of NO_3+NH_4 nutrition. Dry matter production was maximal with NH_4+NO_3 nutrition.

Up to 320 mg per kg N the increasing N fertilizer rates gradually raised the N content of the lettuce leaves. The nitrogen from the 160 mg per kg N treatment did not increase the quantity of biomass. The nitrogen content of the samples was highest in the $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ treatments as compared to the two other fertilizers.

The „Balaton zöld” lettuce variety did not accumulate a measurable quantity of nitrate without N fertilization. The nitrate concentration increased continuously with rising N rates. The nitrate accumulation of this variety could be reduced significantly by decreasing the nitrogen fertilizer doses.

The permissible nitrate concentration limit in lettuce in summer is 3500 mg NO_3 per kg fresh weight in many countries. The nitrate content averaged over the 80 mg per kg N treatments was less than this limit. This treatment was optimal also from the point of view of biomass production. The lettuce leaves accumulated the largest quantity of nitrate after nitrate nutrition.

The ratio of stored $\text{NO}_3\text{-N}$ and total N rose at the higher N fertilizer doses. If the $\text{NO}_3\text{-N}$ ratio was above 9% the nitrate content of the lettuce was more than 3500 mg per kg fresh weight.

Table 1. Fertilizers and fertilizer doses applied in the experiments. (1) Fertilizers. a) Calcium nitrate. b) Ammonium sulphate. c) Ammonium nitrate. d) Superphosphate. e) Potassium sulphate. (2) Fertilizer doses.

Table 2. Fresh weight (g) (A) and dry weight (g) (B) of the lettuce leaves as affected by N fertilizer doses and N forms. (Mean of results for 1995–1996.) (1) N dose. a) Mean; b) $LSD_{5\%}$. (2) Fertilizer form. (3) Mean. (4) $LSD_{5\%}$.

Table 3. N content (%) (A) and N uptake per pots (mg) (B) as affected by N fertilizer doses and N forms. (Mean of results for 1995–1996.) (1)–(4): See Table 2.

Table 4. NO_3 -N content in the dry mass (mg/kg) (A) and accumulated NO_3 -N per pots (mg) (B) as affected by N fertilizer doses and N forms. (Mean of results for 1995–1996.) (1)–(4): See Table 2.

Table 5. NO_3 content in unit fresh mass (mg/kg) as affected by N fertilizer doses and N forms. (Mean of results for 1995–1996.) (1)–(4): See Table 2.

Table 6. Rates of NO_3 -N in relation to total N (%) in lettuce leaves as affected by N fertilizer doses and forms. (Mean of results for 1995–1996.) (1)–(4): See Table 2.