

Karbamid alapú addíciós műtrágyák alkalmazása szolonyecsek termékenységének fokozására

I. Tenyészedénykísérletek szudáni fű jelzőnövényen

BOROS ISTVÁN JÓZSEF

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A mezőgazdaság kemizálásának egyik fontos tényezője a műtrágyázás. Ezen belül különös jelentősége van a nitrogénműtrágyázásnak, mivel az esetek többségében a talajok elsősorban nitrogénben szorulnak pótlásra, s általában a nitrogénnek legnagyobb a termés mennyiségére és minőségére gyakorolt hatása.

Célszerű a nitrogénműtrágyákat a talaj tulajdonságainak, illetve a növények igényeinek megfelelően megválasztani, s olyan műtrágyaféleségeket alkalmazni, amelyek a növények kellő és folyamatos tápanyagellátását a teljes tenyészidőszak folyamán biztosítják. A karbamid ezeknek a követelményeknek messzemenően megfelel, mert azon túlmenően, hogy közvetlenül tápanyagforrásként is felhasználható, mint nem ionos amin előnyösen kiegészíthető és kombinálható más nitrogénformát tartalmazó műtrágyákkal is. Átalakulási termékei között gyorsan és lassan ható nitrogénformák is képződnek, amelyek a növény nitrogénellátását a tenyészidő egész tartama alatt folyamatosan és zavartalanul biztosítják [1, 8, 18, 24]. A műtrágyahasználat jelenlegi színvonalán a kondenzált és addíciós karbamidszármazékok, valamint az ioncserélő karbamid műgyantával erősített szervetlen és szerves növényi tápanyagok képviselik a műtrágyák azon csoportjait, amelyek a talajjal és a növényen egyaránt összehangolt tápanyagleadás és tápanyagfelvétel megvalósításán keresztül megoldhatják a műtrágya—talaj—növény összefüggésben esetleg fellépő ellentétes hatásokat.

Nem férhet kétség ahhoz, hogy a talaj nitrogénkészletének gyarapítása csak a nagy adagokban alkalmazható, a kilúgzódásnak ellenálló, lassan nitrifikálódó nitrogénforrásokkal oldható meg. Következésképpen a különböző aldehidekkel kondenzált karbamidszármazékok, a karbamidnak az ásványi savakkal és sókkal képzett addíciós vegyületei, továbbá az ioncserélő műgyantákkal erősített nitrogénkészítmények lassan és egyenletesen ható, nagy hatóanyag-tartalmú nitrogénműtrágyákként szolgálhatnak, amelyek előállításának tanulmányozása és érvényesülésének vizsgálata a korszerű műtrágyázási kutatások egyik aktuális feladata [1, 10, 23].

Irodalmi áttekintés

Az utóbbi évtizedekben a karbamidalapanyagú műtrágyák készítési és alkalmazási lehetőségeit számos kutató vizsgálta [1, 4, 5, 8, 9–17, 21–24, 28–29, 37–38]. BLANCK és GIESECKE hívták fel először a figyelmet ilyen szempontból azokra a vegyületekre, amelyek a vizeletből és a trágyaléből képződnek formaldehiddel végzett konzerválásuk folyamán [5]. A képződő kondenzációs termékek nitrogéntartalmának oldhatósága a kondenzálódás folyamán csökken. Ezek a kondenzációs vegyületek, amelyek ma *ureaform* néven ismeretesek [1, 17, 25, 26, 29] alkalmasak a növények nitrogénszükségletének egyenletes és tartós fedezésére.

A II. Világháború után fokozott figyelem fordult a karbamid különböző aldehidekkel alkotott kondenzációs vegyületeinek előállítására. A kapott lassanható műtrágyákat *ureaform*, *urea-Z*, *floramid* stb. néven hozták forgalomba.

Hazánkban is kidolgozták azokat az eljárásokat, amelyek révén az ioncserélő tulajdonságú polikondenzációs karbamidműtrágyák segítségével egyszerűen (késeletetett) hatású, több komponensű műtrágyákat állítottak elő [11, 23, 10]. A karbamidkondenzációs műtrágyák és műtrágyakeverékek komponenseinek és azok arányának változtatásával a tápanyagok különböző mértékű és sebességű mobilizációját érhetjük el. Így módon az adott talaj és növény igényének megfelelően az egész tenyészidőszakra megfelelő szintű tápanyag-ellátás biztosítható.

Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében a megfelelő összetételű és hatóanyagtartalmú műtrágyák előállítása során az aminoplaszt műgyantaoldatot különböző műtrágyákkal keverték és a polikondenzációs folyamat révén képződtek a kívánt termékek [11, 23, 10, 24].

ULLMANN [36] szerint a karbamidvegyületek általában könnyen előállíthatók a komponensek molarányú addíciója révén. A karbamid jól definiált, jól kristályosodó addíciós vegyületeket képez az egyenes láncú paraffinokkal, olefinekkel, halogenidekkel, aminokkal, karbonsavakkal, észterekkel, ketonokkal, alkoholokkal, merkaptánokkal [27, 8, 6, 21, 22].

Már a karbamid részleges recirkulációs eljárással történő előállításának egyik változatánál is addíciós vegyülettel találkozunk, amikor az ammóniát *karbamidnitrátoldattal* nyeletik el a széndioxidnak a ciklusból való kiszabadítása céljából [1].

A műtrágyázás szempontjából még fontosabbnak tűnik az, hogy a karbamid az ásványi savakkal (kénsavval, sósavval, foszforsavval, salétromsavval stb.) is addíciós vegyületeket képez [8, 30, 28, 21, 22].

A szervesen savakkal és sókkal alkotott karbamid-addíciós vegyületek már régóta ismeretesek és a kémiai ipar különböző célokra fel is használja azokat [30, 26]. Műtrágyaként való felhasználásuk azonban mind ez ideig még nem terjedt el. A karbamidnitrát műtrágya értékét legelőször LEWIS (1936) vizsgálta [20]. Később a Rothamsted-i Kísérleti Állomáson [7] is vizsgálták a karbamidnitrát és a karbamidfoszfát hatását. Előbbivel csak a Rothamsted-i agyagos vályogtalajon érték el kedvező eredményt. Átlagosan a karbamidnitrát és az ammoniumnitrát azonos árpaszemtermést adott és az angol perje ösztermése is azonos volt. Woburnban a korai kaszálás természetes eredményei karbamidnitrát esetén kisebbek voltak, mint az ammoniumnitrátos kezelésben. Az addíciós karbamidvegyületek közül még a *calurea*, azaz karbamidkalciumnitrát

műtrágyaként való kipróbálásáról rendelkezünk szakirodalmi adatokkal [14]. A *Calurea* a $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ és a karbamid addíciós vegyülete. Képlete: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Semleges kémhatású, vízben jól oldódó, fehér kristályos anyag és jó fizikai tulajdonságánál fogva, valamint kedvező összetétele révén (34% N, 10% Ca, 1/5 rész NO_3^- -N és 4/5 rész NH_2 -N) a legtöbb talajon jól felhasználható. GÓRSKI [14] Lengyelországban vizsgálta a karbamidkalciumnitrát műtrágyázási tulajdonságait és összehasonlította a kalciumnitrát és a karbamid hatásával. Megállapította, hogy sokkal kevésbé higroszkópos, s így szórhatósága sokkal jobb, mint a kalciumnitráté. Alacsonyabbak a csomagolási, tárolási és szállítási költségei is. Tenyészedénykísérletben homokon és homokos vályogtalajon zab jelzőnövényrel a karbamidkalciumnitrát hatása nem volt rosszabb, mint a kalciumnitráté, vagy magáé a karbamidé.

Woburnban [28] a karbamidfoszfát hatására az angolperje első kaszálásának termése az ammóniumnitrát hatására kapott terméssel összehasonlítva nem növekedett megbízhatóan, de a második kaszálásnál szignifikánsan nagyobb termést kaptak és a fűvek jelentősen nagyobb mennyiségű nitrogént vettek fel a karbamid alapanyagú műtrágyából (62–65%), mint az ammóniumnitrátból (48%). További előnye e készítménynek, hogy a karbamidnak a foszforsavval való kombinációja biztonságossá teszi a készítményt, hatékonysága pedig egyenértékű az azonos N-hatóanyagot tartalmazó ammóniumnitrátéval, illetve például a Woburn-i könnyű talajokon termésnövelő hatása felülmúlja azt. Az ilyen jellegű műtrágyakészítmények előállításánál a különleges igények is kielégíthetők, például a tápanyagarányok változása (N : P : Ca). Savanyú kémhatásuk (1. táblázat) a lúgos karbonátos talajokon elősegíti a tápanyagok feltáródását és főleg a kalcium mobilizálódását, s így mint a talajjavító műtrágyák is felfoghatók. Ilyen vonatkozásban a karbamidnak szervesen savakkal képzett addíciós vegyületei feltétlenül érdeklődésre tarthatnak számot és alkalmasnak látszanak a nitrogénműtrágyák választékának bővítésére.

A fenti szempontok figyelembevételével intézetünkben az 1. táblázatban összefoglalt karbamid-addíciós vegyületek előállítására került sor [11, 24].

1. táblázat

A karbamidalapanyagú addíciós műtrágyakészítmények néhány kémiai jellemzője

(1) Megnevezés	pH 1%-os oldat	(2) Összetétel, %				(3) Savtartalom, %		(4) Kiterm. %
		elméleti		talált		elméleti	talált	
		N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅			
1. Karbamidnitrát $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$	1,7–2,6	34,0	—	33,8	—	51,2	53HNO ₃	95,28
2. Karbamidkalciumnitrát (<i>Calurea</i>) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5,8	25,0	—	23,0	—	—	12HNO ₃	93,12
3. Karbamidkalciumszulfát $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{CaSO}_4$	3,9	14,2	—	14,4	—	—	14,6H ₂ SO ₄	83,80
4. Karbamidfoszfát $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$	2,3	17,7	33,8	16,3	44,5	62,0	67,5H ₃ PO ₄	86,91

A karbamidnitrát és a karbamidfoszfát főleg a karbonátos szoloncsák talajok trágyázására javasolható, ahol a tápanyaghatásokon túl bizonyos mérvű talajjavító hatással is számolhatunk. Különösen a készítmények savanyú kémhatásának van kedvező hatása a talaj reakcióállapotára, kicserélhető kationjainak összetételére. A karbamidkalciumnitrát és a karbamidkalciumszulfát előnyösen alkalmazható nem karbonátos, gyengén savanyú kémhatású szolonyecek talajjavító trágyázására [4, 11, 24].

A karbamid-kondenzációs műtrágyakészítmények első évi hatása esetenként kisebb, mint a vízben oldható nitrogénvegyületeket tartalmazó műtrágyáké, viszont jelentős utóhatást fejtenek ki.

GÁTI [12] több éven keresztül tanulmányozta a különböző oldhatóságú karbamid-kondenzációs nitrogénvegyületek hatását a szudáni fű terméshozamára és a termés nitrogéntartalmára őrszentmiklósi meszes homoktalajon. A különböző nitrogéntrágyák hatása között általában nem talált szignifikáns különbséget. A növény által felvett nitrogén mennyisége a műtrágyák vízben oldható nitrogéntartalmának növekedésével párhuzamosan emelkedett. Megállapította azt is, hogy egy gyorsan ható nitrogénforrás fokozza a kondenzációs termékek által lekötött nitrogén felvehetőségét. Meszes homokon a 60% feletti vízoldható nitrogéntartalommal rendelkező karbamid-kondenzációs műtrágyakészítmények a pétisóval egyenértékű terméshozamot eredményeztek. Az ammóniumnitrátos kiegészítés ezeknek a készítményeknek trágyahatását kedvezően befolyásolja [24].

A karbamidalapú addíciós műtrágyakészítmények közül eddig a karbamidnitrát $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3]$ hazai kipróbálására és összehasonlító vizsgálatára került sor meszes homoktalajon, míg a karbamidkalciumnitrátot $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ és a karbamidkalciumszulfátot $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{CaSO}_4]$ szolonyecec réti talajú ősgyepen alkalmaztuk [4, 24]. Az addíciós talajjavító műtrágyák megbízhatóan növelték a növények terméshozamait, de az egyéb nitrogénforrásokkal összehasonlítva szignifikáns különbséget nem mutattak. Homokon a karbamidnitrát alkalmazása évről évre nagyobb terméstöbbletet eredményezett [28]. Ősgyepen a karbamidkalciumnitrát adta a legnagyobb szénatermetést az addíciós műtrágyakészítmények közül. Hasonló törvényszerűséget mutatott a halmozott hatás is. Utóhatást viszont alig tapasztaltunk, következésképpen ilyen adagú kiszórásuk ősgyepen minden évben indokolt. A kalciumtápanyag hasznosulása a karbamidkalciumnitrát esetében minden más Ca tápanyagforrást felülmúlt. 1964 óta számos közlemény [3, 4, 18, 19, 34] foglalkozott a szikes talajok trágyázási, tápanyagutánpótlási kérdéseivel is. Megállapítást nyert, hogy a kalciumnitrát a szikesek egyik leghatásosabb nitrogén-műtrágya formája és szikes ősgyepen az optimális N-adag mintegy 150 kg/ha [19, 34]. A korszerű szikjavítás egyre sürgetőbben igényli a jól oldódó, de koncentrált és egyidejűleg több tápanyagot is tartalmazó kémiai talajjavító anyagok felkutatását, továbbá alkalmazását. Ez ideig azonban csak a karbamidkalciumnitrát gyári előállításáról van tudomásunk. Németországban a BASF cég, Norvégiában a Norsk-Hydro és az ICI cégek *Calurea*, illetve *Nitlime-urea* nevek alatt műtrágyaként hozták forgalomba, 34,65% összes N, 6,93% $\text{NO}_3\text{-N}$ és 13,87% CaO tartalommal [31]. Szikes talajokon különösen eredményesen alkalmazhatók olyan trágyaszerek, amelyek a talajjavításhoz szükséges aktív kalciumionokon kívül a növények számára nélkülözhetetlen tápelemek közül is tartalmaznak egyet vagy többet a szükséges arányokban. Ilyen műtrágyaként fogható fel a kalciumnitrát, amely

savanyú kémhatásánál ($\text{pH} = 5,30-5,80$) fogva egyrészt elősegíti a $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$ ioncserét és ezáltal a talaj tulajdonságainak kedvező irányú megváltoztatását, másrészt vízben tökéletesen oldódó Ca^{2+} és nitrát ionokat szolgáltatva biztosítja a növények e két fontos makrotápanyaggal való ellátását. Ide sorolható a széles körben alkalmazott szuperfoszfát is, amely átlagosan 9,05–12,54% kalciumot is tartalmaz és savanyú kémhatása révén ($\text{pH} = 2,35-4,15$) talajjavító hatást is kifejthet. Ugyanez mondható el a pétisóról, amely mint ismeretes jelentős (13,0–15,3%) szénsavas mésztartalommal rendelkezik, ami a trágyahatáson túl megfelelő helyen és időben alkalmazva talajjavulást is előidézhet. A szikes talajokon a karbamid alapanyagú addíciós talajjavító műtrágyák, mint a karbamidnitrát, karbamidkalciumnitrát, karbamidkalciumszulfát és karbamidfoszfát, savanyú kémhatásuknál fogva és azáltal, hogy a többféle tápanyagot gyorsan és lassan ható formában tartalmazzák, a növények számottevő terméshozadékát biztosíthatják.

Vizsgálati anyag és módszer

Tenyészedénykísérleteket állítottunk fel szudáni fű jelzőnövényrel réti szolonyec talajon karbamidalapú addíciós műtrágyakészítmények terméshozadék hatásának összehasonlító vizsgálata céljából. A talaj effektív termőképességének változását, a vizsgált talajjavító-műtrágyakészítmények alkalmazhatóságát, továbbá hatékonyságát, a terméshozadékok növekedésén és a termék kémiai összetételének változásán keresztül kíséreltük meg igazolni.

A kísérletünkben használt talaj mechanikai összetétel szerint nehéz, kötött agyag, amelyben a 0,001 mm-nél kisebb frakció uralkodik és a fizikai agyag mennyisége 80% körül mozog. Növénytermesztési hasznosítása esetén a lazítás, illetve a pórútfogat növelése igen fontos terméshozadék intézkedés lehetne.

A talaj adszorpciós kapacitása az *A* és *B* szintben egyaránt 56–58 mg/100 g talaj. Az uralkodó kation a Na^+ , s ez erős szolonyecességre utal. Az 1 : 5 arányú vizes kivonat elemzési adataiból megállapítható, hogy a talaj oldható sótartalma viszonylag kicsi; az *A* szintben a Cl^- , míg a *B* szintben a HCO_3^- anion uralkodik. A kationok közül a nátrium mennyisége a legnagyobb, mennyisége a mélységgel fokozódik. Az *A* és *B* szint kémhatása egyaránt semleges körüli, enyhén lúgos, humusztartalma nagy. Ennek megfelelően összes nitrogéntartalma is jelentős: 0,23%. A talaj káliumban jól ellátott, viszont felvehető foszfortartalma csak közepes, ezért megfelelő nitrogénellátás mellett fokozott foszforműtrágyázást igényel. A nehéz mechanikai összetételű réti szolonyec talaj kedvezőtlen fizikai tulajdonságai a mezőgazdasági hasznosítás előtt feltétlenül javításra szorulnak. Öntözéssel e talajok mezőgazdasági hasznosítása eredményes lehet, s ennek érdekében több komponensű addíciós műtrágyák alkalmazása is kívánatos és javasolandó.

A műtrágyák kémiai elemzését a *Talaj és Trágyavizsgálati Módszerkönyv*-ben leírt módszerekkel végeztük. Meghatároztuk a műtrágya nedvességtartalmát, pH -ját, szabad savtartalmát. Az összes N mennyiségét fenolkénsavas feltárás után Kjeldahl vízgőzdesztillációs módszerével, a karbamidnitrogén mennyiségét ureázos módszerrel, a P_2O_5 mennyiségét 0,5%-os vizes kivonatban kolorimetriásan, a CaO mennyiségét desztillált vízzel 1 : 1 arányban hígított sósavban történt feloldás után lángfotométerrel határoztuk meg.

A talajminták mechanikai elemzését a Kacsinszkij által módosított Robison-féle pipettás eljárással végeztük. A kicserélhető kationok összetételét Mehlich-módszerrel határoztuk meg, míg az 1 : 5 arányú vizes kivonat elemzésénél ugyancsak a *Talaj és Trágyavizsgálati Módszerkönyv* [35] előírásait követtük.

A növények szárazanyagtartalmának meghatározását szárítószekrényes eljárással végeztük s ennek alapján a zöldtömeg adatokat 86%-os szárazanyag-tartalmú anyagra számítottuk át. A növényi anyag roncsolását tömény kénsavas roncsolással végeztük 30%-os H_2O_2 hozzáadásával. Az így nyert törzsoldatból a nitrogént Kjeldahl-féle vízgőzdesztillációval, a foszfort kolorimetrián, a kálium és kalciumtartalmat lángfotométerrel, a hamutartalmat izzítással határoztuk meg.

A tenyészedénykísérletet réti szolonyec talaj felső 25 cm-es szintjéből vett 6 kg talajjal állítottuk be Mitscherlich tenyészedényekben, 4 ismétléssel. Tenyészedényenként 19 előcsíráztatott szudáni fű magot vetettünk. A kezeléseket a következők voltak:

1. Kontroll
2. Kalciumnitrát (0,56 g N és 1,26 g CaO/edény)
3. Mészkeőpor (1,26 g CaO/edény)
4. Ammóniumnitrát (0,56 g N/edény)
5. Pétisó — 0,57 g N + 0,17 g CaO/edény
6. Karbamid — 0,57 g N/edény
7. Karbamidnitrát — 0,56 g N/edény
8. Karbamidkalciumnitrát (0,57 g N + 0,27 g CaO/edény)
9. Karbamidkalciumsulfát — (0,57 g N + 0,29 g CaO/edény)
10. Karbamidfoszfát — (0,57 g N + 1,13 g P_2O_5 /edény)
11. Karbamid + Szuperfoszfát — (0,57 g N + 1,13 g P_2O_5 + 0,80 g CaO/edény)
12. Szuperfoszfát — (1,13 g P_2O_5 + 0,80 g CaO/edény)

Megjegyzés: 1 g/edény hatóanyag = 318 kg/ha hatóanyaggal.

2. táblázat

A kísérletben alkalmazott műtrágyák elemzési adatai

(1) Megnevezés	(2)	(3)	pH	N	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	CaO
	Nedvesség	Szabad savtartalom					
	%			%			
1. Kalciumnitrát	0,10	—	5,30	14,10	—	—	31,41
2. Mészkeőpor	2,25	—	8,20	—	—	—	52,19
3. Ammóniumnitrát	0,24	—	4,75	34,60	—	—	—
4. Pétisó	2,41	—	6,95	24,10	—	—	7,28
5. Karbamid	—	—	6,70	45,30	98,68	—	—
6. Karbamidnitrát	2,10	38,12	< 2,00	27,20	48,89	—	—
7. Karbamidkalciumnitrát	1,33	—	5,85	26,70	57,49	—	12,80
8. Karbamidkalciumsulfát	14,24	—	5,90	19,31	44,93	—	10,01
9. Karbamidfoszfát	0,82	23,92	< 2,00	19,44	42,12	41,83	—
10. Szuperfoszfát	—	3,64	2,35	—	—	19,70	13,85

3. táblázat
A kísérlet talajának vizsgálati adatai

(1) A mintavétel mélysége cm	pH _{H₂O}		pH _{KCl}		(2) Humusz		N		(3) Oldható P ₂ O ₅		K ₂ O	
	%				mg/100 g talaj							
0-25	6,60	7,20	5,30	5,95	3,59	2,53	0,23	0,14	4,50	1,20	43,36	32,52
25-50												

B. A kísérlet talajának mechanikai összetétele

(4) Higroszkópos víz-tartalom %	(5) Sósavas vesztőség %	(6) Mechanikai frakció %-ban			(7) Fizikai			
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	homok	agyag
5,20	4,22	0,03	15,59	5,29	16,65	57,86	15,98	79,80
5,31	4,34	0,07	14,16	5,04	16,55	58,54	14,93	80,73
0-25								
25-50								

C. A kísérleti talaj 1:5 arányú vizes kivonatának elemzési eredményét

(8) Szárítási maradék %	(9) Izzítási	pH	EC _{4,4,0} mmH ₂ O/cm	(10) Oldható humusz %	(11) Anionok			(12) Kationok					
					HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Összes	(13) Összes	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
0,122	0,058	7,30	0,222	0,064	0,021	0,019	0,009	0,048	0,004	0,002	0,014	0,003	0,023
0,105	0,060	7,50	0,247	0,520	0,343	0,524	0,187	1,054	0,205	0,140	0,630	0,072	1,046
					0,031	0,008	0,013	0,053	0,001	0,001	0,022	0,001	0,026
					0,513	0,220	0,281	1,014	0,075	0,107	0,978	0,025	1,185
0-25													
25-50													

D. A kísérlet talajának kibérhető kationjai

(1) A mintavétel mélysége cm	mg/100 g talaj							S-érték %-ában			
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	T	T-S	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
0-25	16,08	1,34	12,97	13,90	44,29	56,31	8,11	36,31	3,02	29,29	31,38
25-50	23,47	ny.	11,98	19,41	54,86	58,16	4,82	42,79	ny.	21,83	35,38

+ Tenyészedénykísérletinköz a 0-25 cm-es szintből vett talajt használtuk fel.

A tenyészidő folyamán két kaszálást végeztünk, a növényeket 2–2 hónapos korban vágtuk le. Mértük a zöldtermést, majd a nedvességtartalom meghatározása után a termésadatokat 86%-os szárazanyag tartalomra számítottuk át. Meghatároztuk a termés N, P_2O_5 , K_2O és CaO tartalmát, majd kiszámítottuk a terméssel kivont N, P_2O_5 , K_2O és CaO mennyiségeket. Kísérleti adatainkból számításokat végeztünk az alkalmazott műtrágyák hatóanyagának hasznosulását illetően. Abból indultunk ki, hogy a kontroll kezelés termése, illetve termésének tápanyaghozama csak a talaj tápanyagkészletéből származhatott és a nitrogén kezelésekben az abszolút kontrollal összehasonlítva kapott termésnövekedést a nitrogén tápanyag bevitel eredményezte. Hasonló elvek szerint elemeztük a kalcium és foszfortápanyagok érvényesülését is. A kísérleti adatok matematikai értékelését variancia-analízissel végeztük [33]. Az alkalmazott műtrágyák, illetve a kísérlet talajának kémiai jellemzőit a 2. és 3. táblázatokban mutatjuk be.

Vizsgálati eredmények

A 86%-os szárazanyag tartalomra vonatkoztatott termésadatokat és a terméssel kivont tápanyagmennyiségeket a 4. táblázatban közöljük. Az 1. és 2. ábrán a kezelések hatására mutató különbségeket láthatjuk. Fenti adatokból kitűnik, hogy a műtrágyakezelések hatására jelentős szignifikáns termésnövekedést értünk el. Az adatokból megfigyelhető, hogy a 186 kg N/ha hatóanyagának megfelelő nitrogénműtrágya hatására 51,4–106,7%-os termés-többlet nyerhető. Az egyes nitrogénműtrágyák hatása között megbízható különbség csak a karbamidkalciumnitrát–karbamidnitrát, illetve karbamidkalciumnitrát–ammóniumnitrát vonatkozásában mutatkozott. A karbamidnitrát és az ammóniumnitrát hatásához viszonyítva a karbamidkalciumnitrát szignifikánsan kisebb termést eredményezett. A legnagyobb termést (206,7%) az egyszerű nitrogénműtrágyák közül az ammóniumnitrát adta. Számottevő megbízható termésnövekedést (+54,5%) eredményezett az önmagában alkalmazott nagyadagú szuperfoszfát is. A kettős hatóanyag tartalmú addíciós műtrágyák közül a karbamidfoszfát adta a legnagyobb termésnövekedést (+111,5%). A karbamidfoszfát és az azonos hatóanyagban alkalmazott karbamid + szuperfoszfát kezelés termésnövelő hatása közel azonos volt: 111,5%, illetve 96,8%.

A mészkőpor alkalmazása kísérletünkben nem növelte a termést.

Az 5. táblázatban a termés tápanyagtartalom-vizsgálati adatait foglaltuk össze. Az adatokból megállapítható, hogy a szénatermés százalékos nitrogéntartalma az alkalmazott nitrogénműtrágyák hatására növekvő tendenciát mutat. Legnagyobb N %-ot a karbamidkalciumnitrátos kezelés termésében találtuk: 1,90%-ot; a karbamidos kezelés szudáni fű termésének %-os nitrogéntartalma szintén igen jelentős (1,83%). A többi kezelésben a szudáni fű termésének %-os nitrogéntartalma az előbbi két értéknél valamivel alacsonyabb, de a kontrollal szemben határozott emelkedést mutat. Említést érdemel még a mészkőporos, illetve a szuperfoszfátos kezelés, amelyeknél a szárazanyag nitrogén %-a észrevehetően alacsonyabb a kontrollnál. Különösen szembevetendő ez a szuperfoszfátos kezelésnél, amelynél a termésnövekedés a N-tartalom *hígulását* eredményezte.

4. táblázat

A kezelések hatása a szudáni fű szénatermésére és tápanyaghozamára 1968-ban (86%-os szárazanyagtartalomra átszámítva)

(1) Kezelések	(2) Összesített szénatermés			N	
	g/edény	D	%	mg/edény	%
1. Kontroll	25,3	—	100,0	392,1	100,0
2. Kalciumnitrát	46,2	20,9	182,6	739,2	188,5
3. Mészkeőpor	25,7	0,4	101,6	339,2	86,5
4. Ammóniumnitrát	52,3	27,0	206,7	821,1	209,4
5. Pétisó	45,5	20,2	179,8	778,1	198,4
6. Karbamid	44,1	18,8	174,3	807,0	205,8
7. Karbamidnitrát	50,9	25,6	201,2	809,3	206,4
8. Karbamidkalciumnitrát	38,3	13,0	151,4	727,7	185,6
9. Karbamidkalciumszulfát	47,1	21,8	186,2	725,3	185,0
10. Karbamidfoszfát	53,5	28,2	211,5	845,3	215,6
11. Karbamid + Szuperfoszfát	49,8	24,5	196,8	836,6	213,4
12. Szuperfoszfát	39,1	13,8	154,5	452,6	115,4
SzD ₅ %	10,7	10,7	42,3	—	—

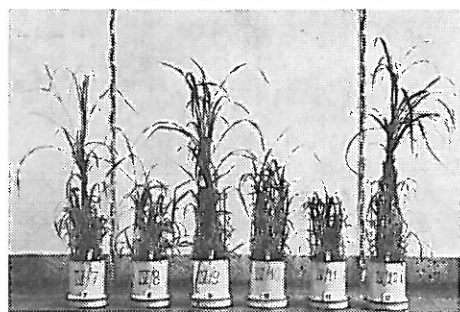
(2) Kezelések	P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO	
	mg/edény	%	mg/edény	%	mg/edény	%
1. Kontroll	106,4	100,0	700,8	100,0	207,5	100,0
2. Kalciumnitrát	203,2	191,0	1349,0	192,5	328,0	158,1
3. Mészkeőpor	143,9	135,2	745,3	106,3	177,3	85,4
4. Ammóniumnitrát	240,5	226,0	1527,2	217,9	397,4	191,5
5. Pétisó	172,9	162,5	1369,6	195,4	364,0	175,4
6. Karbamid	176,4	165,8	1420,0	202,6	357,2	172,1
8. Karbamidnitrát	173,0	162,6	1537,2	219,3	397,0	191,3
8. Karbamidkalciumnitrát	176,2	165,6	1179,6	168,3	294,9	142,1
9. Karbamidkalciumszulfát	202,5	190,3	1351,8	192,9	334,4	161,2
10. Karbamitfoszfát	272,8	256,4	1492,7	213,0	460,1	221,7
11. Karbamid + Szuperfoszfát	254,0	238,7	1464,1	208,9	408,4	196,8
12. Superfoszfát	179,9	169,1	1098,7	156,8	301,0	145,1
SzD ₅ %	—	—	—	—	—	—

Adataink szerint a mészkeőporos kezelés termésének %-os P₂O₅ tartalma mutatkozott legnagyobbak: 0,56%. Ehhez közeli értékeket kaptunk a karbamidfoszfátos, illetve az azonos foszfor és nitrogén hatóanyagtartalommal rendelkező karbamid + szuperfoszfátos kezelés esetében is. A karbamidnitrátal kezelt tenyészedény szudáni fű termésének P₂O₅-tartalma volt a legalacsonyabb (0,34%), a többi kezelések P₂O₅-tartalma a kontrolléhoz hasonlóknak mutatkozott.

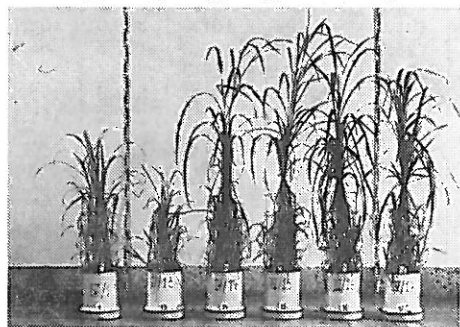
A kísérleti növények K₂O-tartalma a karbamidos kezelés esetében volt a legnagyobb (3,22%). A karbamidkalciumnitrátos kezelés esetében 3,08%, a karbamidnitrátos és pétisós kezeléseknél ugyancsak több mint 3% volt a szárazanyag %-os K₂O-tartalma. Ugyancsak a kontroll értéke felett van



1. 2. 3. 4. — 5.



10. 12. 6. 11. — —



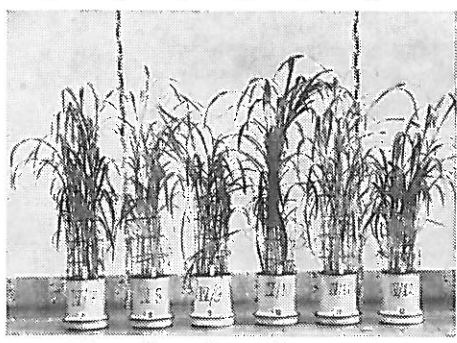
— — — 7. 8. 9.

1. ábra

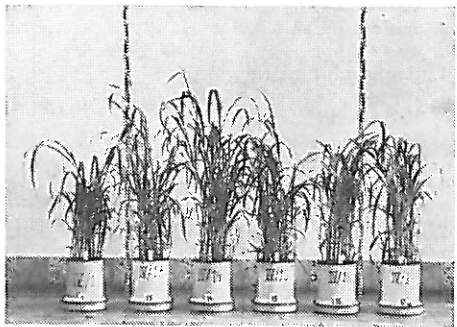
A különböző kezelések hatása a szudáni fű zöldtömegtermésére az első kaszálás előtt. 1–12 a kezelések számai



1. 2. 3. 4. — 5.



10. 12. 6. 11. — —



— — — 7. 8. 9.

2. ábra

A különböző kezelések hatása a szudáni fű zöldtömegtermésére a második kaszálás előtt. 1–12 a kezelések számai

a többi kezelés termésének K_2O -tartalma is, míg a kezelések hatása között lényeges különbség nem mutatható ki.

A növények CaO -tartalmában kevésbé figyelhetők meg törvényszerűségek, habár a legmagasabb értéket a karbamidfoszfát adta. Ennek valószínű magyarázata, hogy a szudáni fű nem tartozik a kalciumigényes növények

5. táblázat

A szudáni fű százalékos tápanyagtartalma a különböző kezelések hatására
(2 kaszálás 4—4 ismétlése egyesített átlagmintáinak elemzési adatai
86%-os szárazanyagtartalomra átszámítva.)

(1) Kezelések	(2)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
	Hamu				
%					
1. Kontroll	10,12	1,55	0,42	2,77	0,82
2. Kalciumnitrát	7,17	1,60	0,44	2,92	0,71
3. Mészkeőpor	9,31	1,32	0,56	2,90	0,69
4. Ammóniumnitrát	7,40	1,57	0,46	2,92	0,76
5. Pétió	7,84	1,71	0,38	3,01	0,80
6. Karbamid	7,68	1,83	0,40	3,22	0,81
7. Karbamidnitrát	7,75	1,59	0,34	3,02	0,78
8. Karbamidkalciumnitrát	8,32	1,90	0,46	3,08	0,77
9. Karbamidkalciumszulfát	7,83	1,54	0,43	2,87	0,71
10. Karbamidfoszfát	7,08	1,58	0,51	2,79	0,86
11. Karbamid + Szuperfoszfát	7,95	1,68	0,51	2,94	0,82
12. Szuperfoszfát	7,89	1,08	0,46	2,81	0,77

közé. A növényzet korai elöregedése, amely a kontroll esetében volt legkifejezettebben megfigyelhető, szoros kapcsolatban van a növényben történő kalciumfelhalmozódással.

A természéssel kivont tápanyagmennyiségeket értékelve — 6. táblázat — megállapítható, hogy a kontrollnál a termés nitrogénhozama 392,1 mg/edény. A különböző egyszerű N-műtrágyák hatására a természéssel kivont N-mennyiség megkétszereződött és elérte a 739,2, illetve 821,1 mg N-t tenyészedenyenként. A karbamidkalciumnitrátos és karbamidkalciumszulfátos kezelések esetén az edényenkénti N-hozam közel azonos volt: 727,7, illetve 725,3 mg.

A kontrollhoz viszonyítva az önmagában alkalmazott szuperfoszfát hatására a növény által felvett N-mennyiség 60 mg-mal növekedett. A kísérletben a legnagyobb N-hozamot (845,3 mg N/edény) a karbamidfoszfát hatására kaptuk. Közel azonos N mennyiséget (836,6 mg/edény) vettek fel a növények a karbamid + szuperfoszfátos kezelésben is, tehát a két kezelés között e tekintetben sem mutatkozott különbség.

A növények által felvett P₂O₅ mennyiségében a kezelések hatására szintén jelentős növekedés figyelhető meg. A kontroll 106,4 mg P₂O₅-tartalmával szemben a különböző kezelések hatására kapott P₂O₅-hozam 272,8 mg-ig növekedett és az egyes műtrágyák hatását külön-külön értékelve megállapítható, hogy az ezirányú hatás tendenciái megegyeznek a nitrogénre vonatkozóan előbbiekkben összefoglaltakkal.

Az alkalmazott egyszerű és addíciós N-trágyák hatására lényeges növekedés mutatkozott a szudáni fű K₂O-hozamában is, habár itt a nitrogént és a nitrogén + foszfort tartalmazó műtrágyák hozamnövelő hatása között alig volt eltérés.

A természéssel kivont CaO-tartalom a kontrollnál 207,5 mg volt edényenként. A kisadagú meszezés hatására mintegy 15%-os csökkenést tapasztaltunk ebben a vonatkozásban. Az egyszerű N-műtrágyák ugyanakkor jelentősen növelték a CaO-hozamot. Az addíciós N-műtrágyák hatására a növények által kivont CaO mennyiség közel azonos volt az egyszerű N-műtrágyák hatására

6. táblázat

A szudáni fű te nyésztedénykísérletben alkalmazott műtrágyák hasznosulása

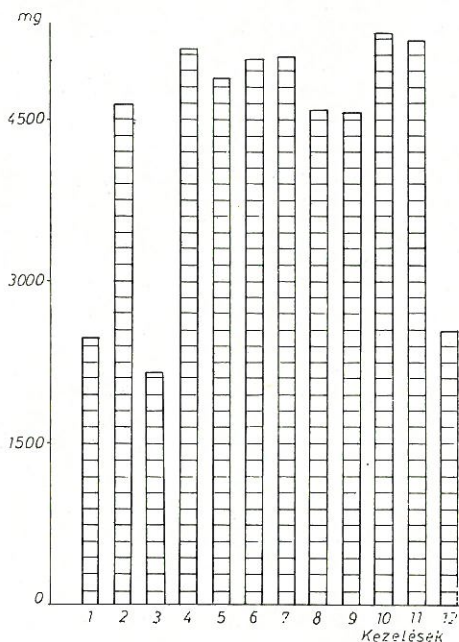
(1) Kezelések	(2) Műtrágyával talajba vitt			(3) Terméssel kivont		
	N	CaO	P ₂ O ₅	N	CaO	P ₂ O ₅
	mg			mg		
1. Kontroll	—	—	—	392,1	207,5	106,3
2. Kálciumnitrát	565,4	1260	—	739,2	328,0	203,2
3. Mészkeőpor	—	1260	—	339,2	177,3	143,9
4. Ammoniumnitrát	564,0	—	—	821,1	397,4	240,5
5. Pétisó	566,4	171	—	778,1	364,0	172,9
6. Karbamid	566,3	—	—	807,0	357,2	176,4
7. Karbamidnitrát	565,8	—	—	809,3	397,0	173,0
8. Karbamid-Ca-nitrát	566,0	271	—	727,7	294,9	176,2
9. Karbamid-Ca-szulfát	565,8	293	—	725,3	334,4	202,5
10. Karbamidfoszfát	565,7	—	1132	845,3	460,1	272,8
11. Karbamid + szuperfoszfát	566,3	800	1133	836,6	408,4	254,0
12. Szuperfoszfát	—	800	1133	452,3	301,0	179,9

(1) Kezelések	(4) Tápanyagtöbblet a műtrágyázás hatására			(5) Hasznosulási %		
	N	CaO	P ₂ O ₅	N	CaO	P ₂ O ₅
	mg			mg		
1. Kontroll	—	—	—	—	—	—
2. Kálciumnitrát	347,1	120,5	—	61,4	9,6	—
3. Mészkeőpor	—	—	—	—	—	—
4. Ammoniumnitrát	429,0	—	—	76,1	—	—
5. Pétisó	386,0	156,5	—	68,1	92,0	—
6. Karbamid	414,9	—	—	73,3	—	—
7. Karbamidnitrát	417,2	—	—	73,7	—	—
8. Karbamid-Ca-nitrát	335,6	87,4	—	59,3	32,3	—
9. Karbamid-Ca-szulfát	333,2	126,9	—	58,9	43,8	—
10. Karbamidfoszfát	453,2	—	166,5	80,1	—	14,7
11. Karbamid + szuperfoszfát	444,5	200,9	147,7	78,5	25,1	13,0
12. Szuperfoszfát	—	93,5	73,6	—	11,6	6,5

kapott CaO-hozammal. A nitrogén, illetve foszforhozamhoz hasonlóan a legnagyobb CaO-hozamot (460,1 mg/CaO/edény) a karbamidfoszfát eredményezte.

A különbség módszer alapján számított tápanyag érvényesülési értékek arra mutatnak, hogy a különböző N-műtrágyák nitrogéntartalma 58,9–80,1%-ban hasznosult. A karbamidfoszfát, a karbamid + szuperfoszfát, karbamidnitrát, valamint a karbamid és az ammóniumnitrát N-tartalma közel azonos mértékben érvényesült. A pétisó N-tartalma 68,1%-ban hasznosult. A kálciumnitrát, karbamidkálciumnitrát és a karbamidkálciumszulfát N-hasznosulási értékei közel azonosak, bár a fenti kezelésekhez viszonyítva kisebbek (58,9–59,3–61,4%).

A kalcium érvényesülése az egyes kezelésekben különböző volt. Míg az önmagában alkalmazott mészkőpor hatására a növények által felvett CaO-mennyiség nem növekedett, a kalciumnitrát és a szuperfoszfát kalciumtartalmának hasznosulása 9,6, illetve 11,6% volt. A karbamidkalciumnitrát kalciumtartalma jelentős mértékben (32,3%-ban) hasznosult, még kedvezőbbnek mutatkozott a karbamidkalciumsulfát hasznosulása (43,8%). A karbamid + szuperfoszfátos kezelésben a kalcium 25,1%-ban hasznosult, tehát a karbamid kedvezően befolyásolta a Ca-felvételt.



3. ábra

A nyersfehérjehozam alakulása a kezelések hatására, 1968. Vízszintes tengely: kezelések. Függőleges tengely: nyersfehérje, mg

Az önmagában alkalmazott szuperfoszfát foszfortartalma mindössze 6,5%-ban hasznosult. A karbamidfoszfát és a karbamid + szuperfoszfát kezeléseknél közel azonos (14,7, illetve 13,0%) P_2O_5 hasznosulási értékeket kaptunk. Ezek az adatok azt mutatják, hogy a nitrogén kedvezően befolyásolta a foszfor hasznosulását az adott kísérletben is.

A 3. ábra a kísérlet kezeléseinek nyersfehérje-hozamait oszlopdiagramban szemlélteti. Az egyes kezelések hatásának nagyságrendje és törvényszerűségei követik a terméshozamoknál tapasztaltakat. A kontrollhoz viszonyítva a mészkőpor és szuperfoszfát hatására a nyersfehérje-hozam nem változott, míg az egyszerű N-műtrágyák, illetve a karbamidalapú addíciós vegyületek hatására az edényenkénti nyersfehérje-hozam megkétszereződött.

Ö s s z e f o g l a l á s

Mezőgazdasági művelés alatt álló réti szolonyec talajon végzett tenyész-edénykísérletben vizsgáltuk a különböző karbamidalapú addíciós vegyületek műtrágyaként történő alkalmazásának lehetőségeit, összehasonlítva az azonos hatóanyagtartalmú egyszerű nitrogénműtrágyák termésmenvelő hatásával.

A szudáni fű jelzőnövényvel végzett, véletlen blokk elrendezésű, négy ismétléses tenyész-edénykísérlet kezelései a következők voltak:

1. Kontroll
 2. Kalciumnitrát (0,56 g N és 1,26 g CaO/edény)
 3. Mészkepor (1,26 g CaO/edény)
 4. Ammóniumnitrát (0,56 g N/edény)
 5. Pétió (0,57 g N + 0,17 g CaO/edény)
 6. Karbamid (0,57 g N/edény)
 7. Karbamidnitrát (0,56 g N/edény)
 8. Karbamidkalciumnitrát (0,57 g N + 0,27 g CaO/edény)
 9. Karbamidkáliumszulfát (0,57 g N + 0,29 g CaO/edény)
 10. Karbamidfoszfát (0,57 g N + 1,13 g P₂O₅/edény)
 11. Karbamid + Szuperfoszfát (0,57 g N + 1,13 g P₂O₅ + 0,80 g Ca/edény)
 12. Szuperfoszfát (1,13 g P₂O₅ + 0,80 g CaO/edény)
- (1 g/edény hatóanyag 318 kg/ha adagnak felel meg.)

A kísérletben kapott adatok alapján az alábbiak állapíthatók meg:

1. A karbamidalapon készített addíciós műtrágyakészítmények megbízhatóan növelik a szudáni fű terméshozamát. A kezelések közül a karbamidfoszfát adta a legnagyobb termésmenvekedést. A karbamidkalciumnitrát hatása szignifikánsan kisebb volt a karbamidnitrát és az ammóniumnitrát hatásánál. A többi kezelésekben az egyszerű N-műtrágyaféleségek és karbamidalapú addíciós vegyületek termésmenvelő hatása között megbízható különbség nem mutatkozott.

2. A különböző nitrogénműtrágyák hatására a terméssel kivont nitrogén mennyisége megkétszereződött. A legkisebb N-hozamot (727,7, illetve 725,3 mg/edény) a karbamidkalciumnitrát és a karbamidkáliumszulfát, a legnagyobbat (845,3, illetve 836,6 mg/edény) a karbamidfoszfát, illetve a karbamid + szuperfoszfát eredményezte. A növények által felvett P₂O₅ és CaO mennyiség változásában a kezelések hatására a nitrogénnél tapasztaltakhoz hasonló tendencia figyelhető meg.

3. A műtrágyanitrogén érvényesülése tenyész-edénykísérletekben a kezelésektől függően 58,9–80,1% között változik. Az önmagában alkalmazott szuperfoszfát P₂O₅-hasznosulása 6,5% volt, a karbamidfoszfátos, illetve karbamid + szuperfoszfátos kezelésben a foszfor érvényesülése a fentiek kb. kétszerese volt: 14,7–13,0%. A pétió Ca-tartalma 92%-ban, a kalciumnitráté 9,6%-ban hasznosul. Az addíciós nitrogénműtrágyák — karbamidkalciumnitrát és karbamidkáliumszulfát — Ca-hatóanyagának érvényesülése 32,3, illetve 43,8%-nak adódott. Ezek az adatok azt mutatják, hogy az addíciós vegyületek kalciumtartalmát a növények jól hasznosítják. Az önmagában alkalmazott szuperfoszfát Ca-tartalmának 11,6%-os hasznosulásával szemben a karbamid + szuperfoszfátos kezelésben a kalcium 25,1%-ban érvényesül, a karbamid nitrogénje tehát kedvezően befolyásolta a kalcium hasznosulását.

4. Az egyszerű nitrogénműtrágyák és az addíciós műtrágyakészítmények termésmenvelő hatása között lényeges különbség nem mutatkozott, viszont ez utóbbiak a tápanyagok érvényesülését kedvezően befolyásolták. A növények növekedésének és fejlődésének megfelelően biztosították a szükséges tápanyagokat és tartós alkalmazás esetén kedvező befolyást gyakorolhatnak a talajra is.

Irodalom

- [1] A karbamid alkalmazása a mezőgazdaságban. Szerk. di Gléria János. Mg. Kiadó. Budapest. 1967.
- [2] A szikes talajok hasznosításának és javításának korszerű módszerei. MTA. IV. Osztály Közleményei. **25**. 1966.
- [3] ÁBRAHÁM, L.: Karbonátos szolonyec talajon kialakult ősgyepék hozamának növelése a Dél-Tiszántúlon. *Agrokémia és Talajtan*. **16**. 541–556. 1967.
- [4] BOROS, I. J.: A réti szolonyec-talajon kialakult ősgyep hozamának növelése karbamid alapon készített addíciós vegyületek alkalmazásával. I. A kísérlet első évi eredményei. *Agrokémia és Talajtan*. **19**. 243–254. 1970.
- [5] BLANCK, E. & GIESECKE, F.: Mono- und Dimethylolharnstoff in Ihrer Wirkung auf die Pflanzenproduktion und Ihr Stickstoffumsatz im Boden. *Zeitsch. f. Pflanzen. und Düng.* **2A**. 393–420. 1923.
- [6] CSÜRÖS, Z.: Műszaki értelmező szótár. Kémia. TERRA. Budapest. 1961.
- [7] GASSER, J. K. R.: Soil Nitrogen. IV. Transformations and Movement of Fertiliser Nitrogen in a Light Soil. *J. Sci. Fd. Agric.* **10**. 192–197. 1959.
- [8] GASSER, J. K. R.: Urea as a Fertiliser. *Soils and Fertilisers*. **27**. 175–180. 1964.
- [9] GÁSPÁR, L. et al.: Kísérletek lassan ható szerves nitrogén-műtrágya „Ureaform” előállítására és hatásának vizsgálatára. I. MTA. Agrártud. Oszt. Közl. **13**. 119–128. 1957.
- [10] GÁTI, F. & MIKES, J.: Kísérletek polimerekkel erősített műtrágyák és talajjavító anyagok előállítására. *Magyar kémikusok lapja*. **19**. 597–604. 1964.
- [11] GÁTI, F.: Különböző oldhatóságú karbamid-kondenzációs műtrágyákkal végzett hazai kísérletek. Kézirat. 1965.
- [12] GÁTI, F.: Untersuchungen über die Düngewirkung der Harnstoff-Kondensations-Stickstoffverbindungen von Unterschiedlicher Löslichkeit. Die Erhöhung der Fruchtbarkeit der Sandböden. Vorträge der Internationalen Koordinierenden Arbeitstagung in Budapest. 1965. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1967.
- [13] Gazdálkodás szikeseken. Mezőg. Kiadó. 1959.
- [14] GÓRSKI, M.: Wartość nawzowa saletro-mocznika. *Roczniki Gleboznawcze T. X. Z.* **2**. Warszawa. 1961.
- [15] HARDESTY, I. O.: Fertiliser Urea and its Properties. *Agric. Chemic.* **10**. (8) 50–51. 91–97. 1955.
- [16] JUNG, G. A. et al.: Studies with sudangrass. I. Effect of Growth Stage and Level of Nitrogen Fertilizer upon Yield of Dry Matter; Estimated Digestibility of Energy, Dry Matter and Protein; Amino Acid Composition; and Prussic Acid Potential. *Agron. J.* **56**. 533–537. (W. Virginia Agric. Exp. Sta.) 1964.
- [17] Karbamid gyártása és felhasználása. Összeállította Loczka Lajos. Orsz. Műszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ 63. sz. Témadokumentációs Kiadványok. 1964.
- [18] LATKOVICS, GY-NÉ. & MÁTÉ, F.: Különböző nitrogénműtrágyák hatásának vizsgálata savanyú és szikes talajon tenyészedénykísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. **12**. 397–406. 1963.
- [19] LATKOVICS, GY-NÉ & SZABOLCS, I.: Kalcium és nitrogén tartalmú javítóanyagok kisadagú alkalmazása öntözött szikes ősgyepen. II. A kezelések hatása a széna tápanyagtartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. **14**. 33–42. 1965.
- [20] LEWIS, N.: Düngewert von Harnstoffnitrat. *J. Agr. Sci.* **26**. 509. 1936.
- [21] MAZGAJ, W. & SARNOWSKI, M.: Herstellung von Dicalciumphosphat für Fütterungs Pharmazeutische und Kosmetische Zwecke aus roher Extraktionsphosphorsäure, Harnstoff und Calciumcarbonat. *Chimie und Industrie. XXV^e Congr. Intern. De Chimie Industrielle Varsovie.* 15–19 Septembre 1964. p. 200.

- [22] MAZGAJ, W. & SARNOWSKI, M.: Die Herstellung von reinem Harnstoffphosphat aus Extraktionsphosphorsäure. *Chimie und Industrie. XXX^e Congr. Intern. De Chimie Industrielle. Varsovie, 15–19 Septembre 1964.* 200–201.
- [23] MIKES, J. & GÁTI, F.: A karbamid kondenzációs vegyületei mint nitrogénműtrágyák. *Agrokémia és Talajtan.* **15.** 141–152. 1966.
- [24] MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet Évi Jelentései: 1963. 1964. 1965. 1966. 1967. (Kézirat). 1968.
- [25] NAGYMIHÁLY, F.: A karbamidtrágya alkalmazása (1957–1962). OMgK. Témadokumentáció. Budapest. 1962.
- [26] PÁNTOSNÉ-DERIMOVA, T. & PÁNTOS, GY.: „Ureaform” készítmények mineralizálódása a kukorica gyökérszónájából izolált baktériumok hatására. *Agrokémia és Talajtan.* **8.** 313–318. 1959.
- [27] REID, R. L., CLARK, B. & JUNG, G. A.: Studies with Sudangrass II. Nutritive evaluation by in vivo and in vitro methods. *Agron. J.* **56.** 537–542. (W. Virginia Univ.)
- [28] Rep. Rothamsted Exp. Sta. for 1966. Harpenden. p. 43. 1967.
- [29] ROTTINI, O. T.: Karbamid műtrágyázás hatása a növényzetre. *Agrokémia és Talajtan.* **12.** 501–516. 1963.
- [30] RÖMPP, H.: *Vegyészeti Lexikon.* Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 1960.
- [31] SCHARRER, K. & LINSER, H.: *Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung.* Springer Verlag, Wien—New York. Zweiter Band. Boden und Düngemittel. Zweite Hälfte. 1968.
- [32] SIGMOND, E.: A különféle alakban levő nitrogén trágyázó hatásáról. *Magyar Chemiai Folyóirat.* **9.** 10. füzet. 1902.
- [33] SVÁB, J.: *Statisztikai módszerek Mezőgazdasági Kutatók Számára.* Mezőg. Kiadó. Budapest. 1961.
- [34] SZABOLCS, I. & LATKOVICS GY-NÉ: Kalcium- és nitrogéntartalmú javítóanyagok kisdagú alkalmazása öntözött szikes ösgyepen. I. *Agrokémia és Talajtan.* **13.** 73–84. 1964.
- [35] *Talaj- és Trágyavizsgálati Módszerek.* Mezőg. Kiadó Budapest, 1962.
- [36] ULLMANN'S *Enzyklopädie der Technischen Chemie.* Urban—Schwarzenberg, München—Berlin. **8.** 380. 1957.
- [37] VERMA, S. S.: Preliminary Studies on the Efficacy of Different Nitrogenous Fertilizers for Cotton, Jowar and Wheat at Indore. *Indian J. Agric. Sci.* **31.** 92–102. 1961.
- [38] VOLK, G. M.: Gaseous Loss of Ammonia from Surface Applied Nitrogenous Fertilizers. *J. Agric. Fd. Chem.* 1961. **9.** 280–283. p.

Érkezett: 1973. március 8.

Application of Additive Fertilizer Compounds Prepared on Urea Base for Increasing the Fertility of Solonchets

I. Pot Culture Experiment with Sudan Grass

I. J. BOROS

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

Summary

The fertilizer value and application possibilities of various additive compounds prepared on urea base were investigated in a pot culture experiment conducted on a heavy-textured meadow solonchets soil being under agricultural use, as compared with yield increasing effect of single nitrogen fertilizers containing the same amount of active substances.

Sudan grass was used as an indicator plant in a randomised block experiment outlay. The following fertilizer treatments were included in the experiment with four replications:

1. Untreated control.
2. Calcium nitrate (0,56 g N and 1,26 g CaO/pot);
3. Limestone-powder (1,26 g CaO/pot);
4. Ammonium nitrate (0,56 g N/pot);
5. Salt of Pét (ammonium nitrate with 25 per cent of active substance; 0,57 g N and 0,17 g CaO/pot);
6. Urea (0,57 g N/pot);
7. Urea nitrate (0,56 g N/pot);
8. Urea calcium nitrate (0,57 g N + 0,27 g CaO/pot);
9. Urea calcium sulphate (0,57 g N + 0,29 g CaO/pot);
10. Urea phosphate (0,57 g N and 1,13 g P₂O₅/pot);
11. Urea + superphosphate (0,57 g N + 1,13 g P₂O₅ + 0,80 g CaO/pot);
12. Superphosphate (1,13 g P₂O₅ + 0,80 g CaO/pot).

(1 g of active substance per pot corresponds to a rate of 318 kg of active substance per hectare.)

The data obtained can be summarized as follows:

1. The yield of Sudan grass has been significantly increased by the application of additive fertilizers prepared on urea base. The greatest yield increase was obtained due to application of urea phosphate containing two kinds of nutritives (N + P). Significantly less surplus-yield was produced by the application of urea calcium nitrate than by that of urea nitrate and ammonium nitrate. In the other treatments there was no reliable difference between the fertilizer effects of single nitrogen fertilizers and additive compounds prepared on urea base.

2. Nitrogen uptake by plants has been doubled due to the application of various nitrogen fertilizers. The least nitrogen output has resulted from the application of urea calcium nitrate and urea calcium sulphate (727.7 and 725.3 mg per pot), while the maximum nitrogen uptake (845.3 and 836.6 mg per pot) was observed due to the application of urea phosphate and urea + superphosphate, respectively. A tendency similar to that found in the case of N-uptake was observed in the changes of P₂O₅ and CaO uptake by plants under the influence of different treatments.

3. The apparent recovery percentage of fertilizer nitrogen was ranging from 58.9 to 80.1 per cent depending on the various treatments. The recovery percentage of P₂O₅ contained by the separately applied superphosphate was found to be 6.5 per cent. It was doubled — 14.7—13.0 per cent — due to the application of urea phosphate and the combination treatment of urea with superphosphate. The calcium oxide content of the salt of Pét was recovered in 92.0 per cent, while that of the calcium nitrate amounted to 9.6 per cent only. The apparent recovery percentage of the calcium oxide content of the additive nitrogen fertilizers like urea calcium nitrate and urea calcium sulphate was between 32.3 and 43.8 per cent. These data showed that the calcium content of the additive fertilizer compounds was very well utilised by plants. Contrary to the 11.6 per cent apparent recovery of the calcium oxide content of the separately applied superphosphate the percentage of the apparent recovery of the calcium oxide contained by the combination treatment of urea + superphosphate increased up to 25.1 per cent, consequently the nitrogen content of the urea favourably influenced the utilisation of calcium by plants.

4. Although there was no significant difference between the yield increasing effects due to the application of single nitrogen fertilizers and additive fertilizer compounds prepared on urea base, the latter exerted a considerable influence on the apparent recovery percentage of the plant nutrients. The additive fertilizer compounds supplied the plants with the essential nutrients in accordance with requirements corresponding to the stage of growth and development of the plants, and in case of permanent application they may exert some favourable effects on the soil properties, too.

Table 1. Chemical characteristics of the additive fertilizer compounds prepared on urea base. (1) Denomination. (2) Chemical composition, calculated and measured %. (3) Acid content, calculated and measured, %. (4) Output.

Table 2. Characteristics of the fertilizers applied in the experiment. (1) Denomination. (2) Moisture content, %. (3) Free acid content, %. 1. Calcium nitrate. 2. Limestone powder. 3. Ammonium nitrate. 4. Salt of Pét. 5. Urea. 6. Urea nitrate. 7. Urea calcium nitrate. 8. Urea calcium sulphate. 9. Urea phosphate. 10. Superphosphate.

Table 3. Characteristics of the soil used in the experiment. A. Chemical reaction, humus and nutrient content. B. Particle-size distribution. C. Data of the 1:5 water extract analysis. D. Exchangeable cations. 1) Depth of sampling, cm. 2) Humus, %. 3) Soluble P_2O_5 content, mg/100 g soil. 4) Hygroscopic moisture content, %. 5) Loss in HCl processing, %. 6) Particle-size fraction, %. 7) Physical sand and clay. 8) Dry residue, %. 9) Ignition residue, %. 10) Soluble humus, %. 11) Anions. 12) Cations. * Soil sample taken from the 0–25 cm layer was used for the pot experiment.

Table 4. The effect of the various treatments on the hay and nutrient yield of Sudan grass in 1968. (Converted to 86% dry matter content.) (1) Treatments: 1. Control. 2. Calcium nitrate. 3. Limestone powder. 4. Ammonium nitrate. 5. Salt of Pét. 6. Urea. 7. Urea nitrate. 8. Urea calcium nitrate. 9. Urea calcium. 10. Urea phosphate. 11. Urea + superphosphate. 12. Superphosphate. (2) Total hay yield.

Table 5. The effect of the various treatments on the nutrient percentage of Sudan grass. (Analytical data for the average samples composed from the 2 cuttings of 4–4 replicates; converted to 86% of dry matter content.) (1) Treatments (see Table 4.) (2) Ash, %.

Table 6. Apparent recovery of fertilizers applied in the Sudan grass pot experiment. (1) Treatments (See Table 4.). (2) N, CaO, P_2O_5 added to the soil with fertilizer. (3) N, CaO, P_2O_5 extracted with the crop from the soil. (4) Nutrient surplus caused by the fertilization. (5) Apparent recovery, %.

Fig. 1. The effect of the various treatments on the green yield of Sudan grass, before the first cutting. 1–12: The numbers of the treatments.

Fig. 2. The effect of the various treatments on the green yield of the Sudan grass, before the second cutting. 1–12: The numbers of the treatments.

Fig. 3. The effect of the treatments on the raw protein yield, 1968. Horizontal axis: treatments. Vertical axis: raw protein, mg.

Aplicación de compuestos adicionales de urea para aumentar la fertilidad de los suelos «szolonyec»

I. Experimentos en macetas con Sorghum Sudanense

I. J. BOROS

Instituto de la Investigación de Ciencia de Suelo y Agroquímica de la Academia de Ciencias de Hungría, Budapest

Resumen

Estudiamos las posibilidades de la aplicación de distintos compuestos adicionales de base urea como fertilizantes en macetas con un suelo pradero «szolonyec» anteriormente cultivado, y las comparamos con el efecto de fertilizantes nitrogenados simples del mismo contenido de nutriente.

Los variantes del experimento en macetas habiendo realizado con Sorghum Sudanense en block randomizado con cuatro replicas eran los siguientes:

1. Testigo
2. Nitrato de calcio (0,56 g de N y 1,26 g de CaO por maceta)
3. Cal pulverizada (1,26 g de CaO por maceta)
4. Nitrato de amonio (0,57 g de N por maceta)
5. Nitrato de amonio de de cal «Pétisó» (0,57 g de N + 0,17 g de CaO por maceta)
6. Urea (0,57 g de N por maceta)

7. Nitrato de urea (0,65 g de N por maceta)
8. Nitrato de calcio de urea (0,57 g de N + 0,29 g de CaO por maceta)
9. Sulfato de calcio de urea (0,57 g de N + 0,29 g de CaO por maceta)
10. Fosfato de urea (0,57 g de N + 1,13 g de P_2O_5 + 0,80 g de CaO por maceta)
11. Urea más superfosfato (0,57 g de N + 1,13 g de P_2O_5 + 0,80 g de CaO por maceta)
12. Superfosfato (1,13 g de P_2O_5 + 0,80 g de CaO por maceta)

La dosis 1 g por maceta corresponde a 318 kg/ha.

A base de los resultados del experimento se establecieron los siguientes:

1. Los fertilizantes preparados por adición de base urea aumentan significamente la cosecha del Sorghum Sudanense. De los variantes el fosfato de urea dió la respuesta máxima de cosecha. El efecto de nitrato de calcio de urea era significamente peor que lo de nitrato de urea y de nitrato de amonio. En los demás variantes no se manifestó una diferencia significante entre la respuesta de los fertilizantes nitrogenados corrientes y la de los compuestos adicionales de base urea.

2. La cantidad del nitrógeno asimilado por la planta se redobló por el efecto de los distintos fertilizantes nitrogenados. El rendimiento mínimo de nitrógeno (727,7 y 725,3 mg por maceta) fué resultado por el nitrato de calcio de urea y por el sulfato de calcio de urea, respectivamente, y el rendimiento máximo (845,3 y 836,6 mg por maceta) por el fosfato de urea y por la urea más superfosfato, respectivamente. En la variación de la cantidad de P_2O_5 y CaO asimilada por las plantas al efecto de los tratamientos se encontró la misma tendencia que se estableció con el nitrógeno.

3. La utilización del nitrógeno del fertilizante en los ensayos en macetas se varia entre 58,9—80,1, en dependencia del tratamiento. La utilización de P_2O_5 del superfosfato aplicado solo llegó a 6,5 por ciento; en el tratamiento con fosfato de urea y urea más superfosfato la utilización del fósforo era alrededor de la doble de los arriba mencionados: 14,7—13,0 por ciento. El contenido de CaO del nitrato de amonio de cal se utilizó en 92 por ciento, y el de nitrato de calcio en 9,6 por ciento. La utilización de CaO de los fertilizantes adicionales — del nitrato de calcio de urea y de sulfato de calcio de urea — llegó a 32,3 y 43,8 por ciento, respectivamente. De estos datos se luce que las plantas utilizan bien el calcio de los compuestos adicionales. El CaO del superfosfato aplicado solo se utilizó en 11,6 por ciento y al contrario él del tratamiento urea más superfosfato se utilizó en 25 por ciento, por consecuencia el nitrógeno de la urea influyó positivamente la utilización del calcio.

4. Entre el efecto de aumentar la cosecha de los fertilizantes nitrogenados simples y los preparados adicionales no se manifestó una diferencia esencial pero los últimos influyeron positivamente la utilización de los nutrientes. Abastecieron las plantas de los nutrientes necesarias correspondientemente al aumento y desarrollo de ellas y en caso de un uso prolongado pueden influir favoreblemente el suelo mismo.

Cuadro 1. Algunas características químicas de los preparados adicionales de urea aplicado como fertilizantes. (1) Denominación. (2) Composición teórica y efectiva, por ciento. (3) Acidez teórica y efectiva, por ciento. (4) obtención.

Cuadro 2. Datos del análisis de los fertilizantes usados en el experimento. (1) Denominación. (2) Humedad, por ciento. Acidez libre, por ciento. 1. Nitrato de calcio. 2. Polvo de cal. 3. Nitrato de amonio. 4. Nitrato de amonio de cal «Pétisó». 5. Urea. 6. Nitrato de urea. 7. Nitrato de calcio de urea. 8. Sulfato de calcio de urea. 9. Fosfato de urea. 10. Superfosfato.

Cuadro 3. Datos del análisis del suelo del experimento. A. Reacción, materia orgánica (humus) y nutrientes del suelo del experimento. B. Composición mecánica del suelo del experimento. C. Análisis de la extracción de agua 1 : 5 del suelo del experimento. D. Cationes cambiables del suelo del experimento. (1) Profundidad de la toma de muestras, cm. (2) Humus, por ciento. (3) P_2O_5 soluble, por ciento. (4) Humedad higroscópica, por ciento. (5) Pérdida de ácido clorhídrico, por ciento. (6) Fracción mecánica, por ciento. (7) Arena y arcilla física. (8) Residuo seco, por ciento. (9) Residuo de ignición, por ciento. (10) Humus soluble, por ciento. (11) Aniones. (12) Cationes. *Utilizamos el suelo del horizonte 0—25 cm al experimento en macetas.

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos al rendimiento de la cosecha de heno y del contenido de nutrientes del Sorghum Sudanense en el año 1968. (a base de 86 por ciento de materia seca). (1) Variantes: 1. Testigo. 2. 180 kg/ha de N en forma de nitrato de calcio. 3. 286 kg/ha de Ca en forma de polvo de cal. 4. 180 kg/ha de N en forma de nitrato de

amonio. 5. 180 kg/ha de N en forma de nitrato de amonio de cal «Pétisó». 6. 180 kg/ha de N en forma de urea. 7. 180 kg/ha de N en forma de nitrato de urea. 8. 180 kg/ha de N en forma de nitrato de calcio de urea. 9. 180 kg/ha de N y en forma de sulfato de urea. 10. 180 kg/ha de N y 361 kg/ha P_2O_5 en forma de fosfato de urea. 11. Urea más superfosfato. 12. 361 kg/ha de P_2O_5 en forma de superfosfato. (2) Cosecha de heno total.

Cuadro 5. La composición de nutrientes del Sorghum Sudanense en por ciento, como efecto de los varios tratamientos. (Datos de muestras promedios unidos de 4—4 replicas de 2 cortes de heno, a base de 86 por ciento de materia seca.) (1) Variantes (véase en el cuadro 4). (2) Ceniza, por ciento.

Cuadro 6. Utilización de los fertilizantes aplicados en los experimentos en macetas con Sorghum Sudanense. (1) Variantes (véase en el cuadro 4). (2) N, CaO y P_2O_5 dados con los fertilizantes. (3) N, CaO y P_2O_5 extraídos por la cosecha. (4) Exceso de nutrientes al efecto de la fertilización. (5) Utilización, por ciento.

Gráfico 1. Efecto de los tratamientos a la cosecha verde del Sorghum Sudanense antes del primer corte. 1—12 son los numeros de los variantes.

Gráfico 2. Efecto de los tratamientos a la cosecha verde del Sorghum Sudanense antes del segundo corte. 1—12 son los numeros de los variantes.

Gráfico 3. Rendimiento de la proteína cruda al efecto de los tratamientos, año 1968. Eje horizontal: tratamientos. Eje vertical: proteína cruda, mg.

Применение аддиционных комплексных соединений, приготовленных на основе мочевины, в качестве минеральных удобрений для повышения плодородия солонцов

I. Вегетационный опыт с суданской травой

ИШТВАН Й. БОРОШ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Академии Наук Венгерской
Народной Республики, Будапешт

Резюме

В вегетационных опытах, заложенных на почве лугового солонца, находящегося под сельскохозяйственным использованием исследовались возможности применения различных аддиционных комплексных соединений, приготовленных на основе мочевины, в качестве минеральных удобрений, далее их эффективность сравнивалась с действием простых минеральных удобрений, содержащих равное количество действующего начала.

Варианты вегетационного опыта, исполненного с суданской травой по схеме случайного блока с четырёхкратной повторностью были следующие:

1. Контроль,
2. Кальциевая селитра (0,56 гр. N и 1,26 гр. CaO/сосуд),
3. Молотый известняк (1,26 гр. CaO/сосуд),
4. Аммиачная селитра (0,56 гр. N/сосуд),
5. Петская соль (аммиачная селитра, содержащая 25 процентов азота, 0,56 гр. N и 0,17 гр. CaO/сосуд),
6. Мочевина (0,57 гр. N/сосуд),
7. Селитро-мочевина (0,56 гр. N/сосуд),
8. Кальциевая селитро-мочевина (0,57 гр. N и 0,27 гр. CaO/сосуд),
9. Гипсо-мочевина (0,57 гр. N и 0,29 гр. CaO/сосуд),
10. Фосфатная мочевина (0,57 гр. N и 1,13 гр. P_2O_5 /сосуд),
11. Мочевина + суперфосфат (0,57 гр. N и 1,13 гр. P_2O_5 и 0,80 гр. CaO/сосуд),
12. Суперфосфат (1,13 гр. P_2O_5 и 0,80 гр. CaO/сосуд),

Примечание: 1 гр. действующего начала в сосуде соответствует 318 кг. действующего начала на гектар.

На основе полученных опытных данных можно сделать следующие заключения:

1. Аддитивные комплексные соединения, приготовленные на основе мочевины, достоверно повышали урожай суданской травы. Среди вариантов наивысшая прибавка урожая была получена от внесения фосфатной мочевины. Эффективность применения кальциевой селитро-мочевины была значительно ниже эффективности внесения селитро-мочевины и аммиачной селитры. В других вариантах не отмечалось достоверной разницы между эффективностями внесения простых азотных минеральных удобрений и аддитивных комплексных соединений, приготовленных на основе мочевины.

2. Количество азота, вынесенного урожаем было удвоено в результате применения различных азотных минеральных удобрений. Наименьший вынос азота (727,7 и 725,3 мг./сосуд) был получен в вариантах с внесением кальциевой селитро-мочевины и гипсо-мочевины, тогда как наибольший вынос азота (845,3 и 836,6 мг./сосуд) наблюдался благодаря внесению фосфатной мочевины, а также при комбинированном внесении мочевины с суперфосфатом. Подобную азоту тенденцию можно было отмечать в изменениях величины усвоения растениями P_2O_5 и CaO под влиянием различных вариантов.

3. Использование содержащегося в минеральных удобрениях азота изменялось в интервалах от 58,9 до 80,1 процентов в зависимости от вариантов. Усвоение P_2O_5 из отдельно примененного суперфосфата оказалось на уровне 6,5 процентов, тогда как процентное использование фосфора в вариантах с внесением фосфатной мочевины или же при совместном применении мочевины и суперфосфата удвоилось (14,7 и 13,0 процента) по сравнению с вышеупомянутым вариантом. Окись кальция из петской соли усваивалась на 92 процента, тогда как CaO из кальциевой селитры использовалась всего лишь на 9,6 процентов. Усвоение CaO из таких аддитивных комплексных соединений как кальциевой селитро-мочевины и гипсо-мочевины получилось 32,3 или же 43,8 процентов. Эти данные указывают на факт, что растения хорошо усваивали кальций, содержащийся в аддитивных комплексных соединениях. В противовес 11,6-процентному усвоению CaO, содержащейся в отдельно примененном суперфосфате, CaO в варианте с совместным внесением мочевины и суперфосфата усвоилась в размере 25,1 процентов, следовательно азот мочевины оказал благоприятное влияние на величину усвоения растениями кальция.

4. Существенной разницы между эффективностями внесения простых минеральных удобрений и применения аддитивных комплексных соединений не наблюдалось, хотя последние благоприятно влияли на усвоение питательных элементов. Они обеспечили растения необходимыми количествами питательных веществ в соответствии росту и развитию растений и в случае постоянного и систематического применения могут оказать благоприятное действие также на свойства и особенности почвы.

Табл. 1. Некоторые показатели химического состава аддитивных минеральных удобрений. Приготовленных на основе мочевины (1) Название. (2) Теоретический и действительный состав, %. (3) Теоретическое и действительное содержание кислоты, %. (4) Выработка, %.

Табл. 2. Данные анализов минеральных удобрений, использованных в опытах. (1) Название. (2) Влажность в %. (3) Содержание свободной кислоты, %. 1. Кальциевая селитра. 2. Молотый известняк. 3. Аммиачная селитра. 4. Петская соль. 5. Мочевина. 6. Селитро-мочевина. 7. Кальциевая селитро-мочевина. 8. Гипсо-мочевина. 9. Фосфатная мочевина. 10. Суперфосфат.

Табл. 3. Данные анализов почвы, использованной в опытах. А. pH, содержание гумуса и питательных элементов. В. Механический состав почвы. С. Данные анализа водной вытяжки (1 : 5). D. Состав обменных катионов. (1) Глубина взятия образцов в см. (2) Гумус в %. (3) Растворимый P_2O_5 . (4) Гигроскопическая влажность в %. (5) Потеря от обработки соляной кислотой, %. (6) Механические фракции, в %. (7) Физический песок и физическая глина. (8) Сухой остаток, %. (9) Прокаленный остаток, %. (10) Воднорастворимый гумус, %. (11) Анионы. (12) Катионы. + = для вегетационных опытов почва бралась из слоя мощностью 0-25 см.

Табл. 4. Влияние вариантов на урожай сена суданки и на содержание в ней питательных веществ, 1968. (в пересчете на 86% сухое вещество). (1) Варианты. 1. Контроль. 2. Кальциевая селитра 3. Молотый известняк 4. Аммиачная селитра 5. Петская соль, 6. Мочевина 7. Селитро-мочевина 8. Кальциевая селитро-мочевина 9. Гипсо-мочевина 10. Фосфатная мочевина 11. Мочевина + суперфосфат. 12. Суперфосфат (2) Общий урожай сена.

Табл. 5. Процентное содержание питательных элементов в суданке под влиянием различных вариантов. (Обобщенные данные четырех повторностей двух укосов в пересчете на 86% сухое вещество.) (1) Варианты (обозначения смотри в таблице 4). (2) Зола в %.

Табл. 6. Усвоение минеральных удобрений суданкой в вегетационных опытах. (1) Варианты (обозначения смотри в таблице 4). (2) Количество азота, СаО, Р₂О₅, внесенных, в почву с минеральными удобрениями. (3) Количество азота, СаО, Р₂О₅, вынесенных с урожаем. (4) Прибавка в содержании питательных веществ под влиянием внесения минеральных удобрений. (5) Процент усвоения.

Рис. 1. Урожай зеленой массы суданки перед первым укосом под влиянием различных вариантов. 1—12 номера вариантов.

Рис. 2. Урожай зеленой массы суданки перед вторым укосом под влиянием различных вариантов. 1—12 номера вариантов.

Рис. 3. Изменение содержания протеина под влиянием вариантов, 1968. По горизонтальной оси: варианты. По вертикальной оси: выход протеина в мг.