

Kadmium–foszfor–istállótrágya kölcsönhatások vizsgálata homoktalajon végzett érlelési kísérletekben

¹ PANWAR BHOOP SINGH és ² MORVAI BALÁZS

¹ Talajtani Tanszék, CCS Haryana Agrártudományi Egyetem, Hisar (India) és

² MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A kadmium talajbani mobilitását az adott mennyiség, a környezeti körülmények és a talaj tulajdonságai szabják meg. Általában a szorpció az a fő kémiai folyamat a talajban, amely meghatározza a kadmium mennyiségét a talajoldatban (BOCKHOLD & VAN DER ZEE, 1992). CHRISTENSEN (1984) eredményei szerint a Cd-szorpció igen gyors folyamat, tíz perc alatt a talajhoz adott kadmium több mint 95 %-a leköttődött, az egyensúly pedig egy órán belül kialakult. NÉMETH és munkatársai (1993) beszámolnak arról, hogy több nehézfém – köztük a Cd – koncentrációja csökkent a talajoldatban az adszorpció időhosszabbodásával, valamint a talaj nedvességtartalmának megnövelésével.

Ugyanakkor BRAMS és ANTHONY (1988) a kadmium növényi felvételének és felvehető frakciójának időben jelentős, fokozatos csökkenését tapasztalta. Hasonló eredményről számol be KÁDÁR (1995), miszerint tartamkísérletben a talaj felvehető, mobilis Cd-tartalma kisebb lett az évek során.

A talajba kerülő Cd-szennyezés környezetterhelésének értékelésekor figyelembe kell venni a kezdeti Cd formák fokozatos átalakulását és az ebből következő megváltozott eloszlást a talaj szilárd alkotóelemein (MCGRATH & CEGARRA, 1992; MCLAREN & RITCHIE, 1993; SOON, 1994). Valamint azt, hogy a terhelés növelésével a továbbiakban adott kadmium kevésbé stabilan leköttődött és inkább felvehető lesz, amennyiben a talaj nagy energiájú kötőhelyei már telítődtek (MANN & RITCHIE, 1993).

A felvehető formának tekintett, a talajoldat szabad Cd-kation-tartalmát a szorpció mellett alapvetően befolyásolja a talaj kémiai állapotának megváltoztatása. Tápanyagutánpótlás során a műtrágyázással talajba vitt foszfor módosíthatja a kadmium felvehetőségét. Erős antagonizmusról számolt be KOSHINO (1972) és STREET és munkatársai (1978), míg JAAKOLA (1977) szinergisztikus hatást mutatott ki. TAKIJIMA és KATSUMI (1973) feltételezik rossz oldékony-ságú Cd-foszfátok kialakulását. LIVI-MINZI és PETRUCCELLI (1984) szerint a P-trágyázás növeli a talajban a kötött kadmium mennyiségét, ami különösen kis szervesanyag-tartalmú talajoknál érvényes. Ezzel szemben MCLEAN (1976)

nem tapasztalt kölcsönhatást, sőt JONES és JOHNSTON (1989) növekvő felvehető Cd-tartalmat mutatott ki emelkedő P-trágyázás következtében. Ugyanakkor a Cd-terheléssel csökken az Olsen módszerével a talajból kivonható foszfor mennyisége is. Több vizsgálat tanúsága szerint a foszfor gyorsan leköttődik a talajokban (PATEL et al., 1992): 86 %-a az adott mennyiségnek 15 nap alatt felvehetetlen formába alakult (MANDAL & KHAN, 1972), míg az inkubáció nulladik napján több mint 70 %-nak adódott az Olsen-P aránya (GOYAL, 1984). MAHAPATRA és PATRICK (1969) következtetése szerint oldhatatlan Cd- és Ca-foszfátok, valamint apatit képződése a magyarázat.

Istállótrágyázáskor pedig a talajoldat megnövekedett szervesanion-tartalma csökkentheti a Cd^{2+} -aktivitást (NEAL & SPOSITO, 1986) és emellett a talajba került szilárd szerves anyag is adszorbeálja a kadmiumot (ANDERSON & NILSSON, 1974). Számos szerző vizsgálatából kitűnik, hogy az istállótrágyázás csökkenti a növényi Cd-felvételt és a talaj felvehető Cd-tartalmát (JONES & JOHNSTON, 1989; CHANEY & RYAN, 1992; MCBRIDE, 1995; STRECK & RICHTER, 1997).

A jelen vizsgálat célkitűzése volt, hogy inkubációs kísérletekkel vizsgálja vályogos homoktalajon a Cd- és P-, valamint a Cd-terhelés és istállótrágyázás kölcsönhatását a kezelések hatására a DTPA-val kivonható Cd-, illetve Olsen módszerével kivonható P-mennyiség változásának nyomon követésével.

Anyag és módszer

Két inkubációs kísérletet végeztünk el vályogos homoktalajjal, amelynek a kémiai jellemzőit az 1. táblázatban adjuk közre.

A kezelések az alábbiak voltak a Cd x P és a Cd x istállótrágya talajérlelési kísérletben:

- öt szinten Cd-terhelés (0, 10, 20, 40 és 80 mg/kg, CdCl_2 formában);
- három szinten P-adagolás (0, 20, 40 mg/kg, diammónium-foszfát formában), ill.
- négy szinten istállótrágyázás (0, 0,5, 1,0 és 2 légszáraz súly %; érett, légszáraz, őrölt és szitált istállótrágya) (1. táblázat).

A kéttényezős kísérleteket minden kombinációban, három ismétléssel és teljesen véletlen elrendezéssel állítottuk be. A Cd x P kísérletben 500 g, a Cd x istállótrágya vizsgálatnál 400 g talajt helyeztünk műanyag edényekbe minden kezeléskombinációnál, majd 27 ± 2 °C hőmérsékleten és szántóföldi vízkapacitásnak (14 %) megfelelő nedvességtartalommal inkubáltuk 0., 3., 7., 14. és 28. napi mintavétellel.

A mintáknál meghatároztuk a DTPA-kivonható (LINDSAY & NORVELL, 1978) Cd-tartalmat, valamint a foszforral beállított kísérletnél az Olsen-P (OLSEN et al., 1954) mennyiségét. A DTPA-kivonószer mintához adásánál figyelembe vettük a talaj nedvességtartalmát.

1. táblázat
A kísérletben felhasznált talaj és istállótrágya kémiai tulajdonságai

(1) Paraméter	(2) Talaj	(3) Istálló- trágya	(4) Módszer
pH	8,6		H ₂ O, 1:2
a) Elektromos vezetőképesség, dS/m	0,08		H ₂ O, 1:2
b) Szerves C, %	0,06	38,9	WALKLEY & BLACK (1934)
c) Kationcsere kapacitás, cmol/kg	3,2		JACKSON (1958)
d) Mechanikai összetétel			
e) homok, %	91,8		
f) iszap, %	5,7		
g) agyag, %	2,5		
CaCO ₃	-		PURI (1966)
N, ppm	49,0	1,20 %	SUBIAH & ASIA (1956); LINDLER (1944)
P, ppm	4,3	0,55 %	OLSEN et al. (1954); KOENIG & JOHNSON (1942)*
K, ppm	108		PIPER (1966)
h) DTPA kivonható			LINDSAY & NORVELL (1978)
Cd, ppm	0,08	0,25	
Zn, ppm	0,32	55,5	
Cu, ppm	0,25	21,7	
Mn, ppm	1,57	216,8	
Fe, ppm	4,34	2160	
C/N arány		33,25	

Eredmények

DTPA-kivonható kadmium a Cd x P kísérletben (2. táblázat)

Az eredményekből kitűnik, hogy a DTPA-kivonható kadmium mennyisége szignifikánsan csökkent az inkubációs idővel. Ez fokozottan jelentkezett növekvő Cd-terhelés esetén, s ugyanakkor a mindnagyobb P-kezelés hatására is. A DTPA-val kivonható kadmium mennyiségének átlagértéke kísérletünkben mintegy 2 mg/kg-mal esett vissza a 28 napos érlelés alatt.

A kivont mennyiség, de a kivonhatóság mértéke is növekedett a nagyobb Cd-terheléssel: 56, 66, 67 és 82 %-os átlagos visszamérhetőséget tapasztaltunk a 10, 20, 40 és 80 mg/kg-os szinteken.

Ugyanakkor a P-kezelés visszaszorította a DTPA-val kivont kadmium mennyiségét, átlagértéke 0, 20 és 40 mg/kg hozzáadott P esetén 23, 22 és 21

2. táblázat
DTPA-kivonható Cd (mg/kg) a Cd- és P-terhelés, valamint az inkubációs idő függvényében

(1) Kezelés, mg/kg		(2) Inkubációs idő napokban					(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
Cd	P	0	3	7	14	28		
0	0	0	0	0	0	0		0
10	0	7	6	6	6	5		6
20	0	15	14	14	14	13		14
40	0	29	29	28	28	27		28
80	0	68	69	67	67	66		67
0	20	0	0	0	0	0		0
10	20	6	6	6	5	5		6
20	20	14	14	14	13	13	0,8	14
40	20	28	28	27	27	26		27
80	20	66	66	65	64	63		65
0	40	0	0	0	0	0		0
10	40	6	6	5	5	4		5
20	40	13	13	13	12	11		12
40	40	27	27	27	25	22		23
80	40	65	65	64	64	62		64
a) SzD _{5%}				0,8				0,3
b) Átlag		23	23	22	22	21	0,2	

Megjegyzés: a kontrollon 0,05 mg/kg Cd-tartalmat mértünk

mg/kg-nak adódott. A visszamérhetősegi százalék intervalluma 60–84-ről 52–80-ra változott. A foszfor tapasztalt Cd-lekötő hatása kifejezettebben érvényesült az alacsonyabb Cd-terheléseknél. A Cd x P x inkubációs idő kölcsönhatás szintén igazolható volt statisztikailag.

Olsen módszerével kivonható foszfor a Cd x P kísérletben (3. táblázat)

Az Olsen-P mennyisége szignifikánsan csökkent az inkubációs idővel minden kezelésnél. A 0. napon P-kezelésenként átlag 40 %-os visszamérhetőséget kaptunk, míg ezek az értékek a 28. napon 34 és 36 közé estek.

A P-kezelés szignifikánsan növelte az Olsen módszerével kivonható foszfor mennyiségét; átlagértéke 3, 10 és 18 mg/kg-nak adódott a 0, 20 és 40 mg/kg-os P-kezeléseknél. A Cd-terhelés szignifikáns csökkenést eredményezett az Olsen-P átlagértékeiben. A visszaesés a kontrollhoz képest 5, 10, 17 és 23 %-os volt a 10, 20, 40 és 80 mg/kg-os Cd-szinteken.

3. táblázat
 Olsen-kivonható P (mg/kg) a Cd- és P-terhelés, valamint az
 inkubációs idő függvényében

(1) Kezelés, mg/kg		(2) Inkubációs idő napokban					(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
Cd	P	0	3	7	14	28		
0	0	4	4	3	3	3		3
10	0	4	3	3	3	3		3
20	0	3	3	3	3	3		3
40	0	3	3	3	3	3		3
80	0	3	3	3	3	3		3
0	20	13	13	12	12	12		12
10	20	12	12	11	11	11	0,7	11
20	20	12	11	11	11	11		11
40	20	11	10	10	9	9		10
80	20	9	9	9	8	8		9
0	40	22	21	21	21	21		21
10	40	21	21	10	19	18		20
20	40	20	19	18	18	18		19
40	40	18	17	18	17	17		17
80	40	17	16	16	16	15		16
a) SzD _{5%}				0,7				0,3
b) Átlag		12	11	11	10	10	0,2	

DTPA-kivonható kadmium a Cd x istállótrágya kísérletben (4. táblázat)

Az eredményekből megállapítható, hogy a DTPA-kivonható kadmium visszaszorult az inkubációs idő növekedésével, átlagértéke 23, 22, 22, 21 és 20 mg/kg-nak adódott a 0., 3., 7., 14. és 28. napon. A visszamérhetőség a 0. inkubációs napon 60–84 % között változott, míg 28 napi érlelés után csupán 45 és 76 % között volt.

A DTPA-kivonható kadmium mennyisége szignifikánsan emelkedett a magasabb Cd-terheléssel, átlagértéknek 0, 5, 13, 26 és 65 mg/kg-ot kaptunk a 0, 10, 20, 40 és 80 mg/kg kezelési szinteken. A visszamérhetőség – hasonlóan a Cd x P érlelési kísérlethez – az emelkedő Cd-kezeléssel javult, átlaga 53, 64, 65 és 81 %-nak adódott.

Az istállótrágyázás hatása minden kezelésnél szignifikánsan megmutatkozott. Az egyre nagyobb adagok alkalmazásával átlagosan 22,8, 22,1, 21,5 és 20,7 mg/kg kivont Cd-mennyiséget mértünk. Tehát a Cd kivonhatósága visszaesett. Ezt bizonyítja az is, hogy a 0, 0,5, 1,0 és 2,0 %-os trágyázási szinten rendre 60–83, 55–82, 53–80, 47–79 intervallumba eső %-os visszamérhetőségi értékeket kaptunk. A 0. inkubációs napon a kivonható kadmium istállótrágya-

4. táblázat
DTPA-kivonható Cd (mg/kg) a Cd-terhelés és istállótrágyázás (#),
valamint az inkubációs idő függvényében

(1) Kezelés		(2) Inkubációs idő napokban					(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
Cd, mg/kg	# %	0	3	7	14	28		
0	0	0	0	0	0	0		0
10	0	7	6	6	6	5		6
20	0	15	14	14	13	13		14
40	0	29	28	27	27	26		27
80	0	69	68	67	66	62		67
0	0,5	0	0	0	0	0		0
10	0,5	6	6	5	5	5		6
20	0,5	14	14	14	12	12		13
40	0,5	28	28	27	26	24		26
80	0,5	68	66	66	64	62		65
0	1,0	0	0	0	0	0	6	0
10	1,0	6	6	5	5	4		5
20	1,0	13	13	12	12	11		12
40	1,0	27	27	26	2	22		25
80	1,0	66	66	65	63	61		64
0	2,0	0	0	0	0	0		0
10	2,0	5	5	5	4	4		5
20	2,0	13	12	11	11	11		12
40	2,0	26	25	24	23	22		24
80	2,0	65	65	64	62	59		63
a) SzD _{5%}				6				3
b) Átlag		23	23	22	21	20	1	

Megjegyzés: a kontrollon 0,05 mg/kg Cd-tartalmat mértünk

kezelésenkénti átlagértékeinek %-os csökkenése 2, 6 és 9, míg a 28. napon 3, 7 és 10 volt, tehát az istállótrágyázás hatása az érlelés során fokozatosan kifejezettebbé vált. Statisztikailag igazolható mind az inkubációs idő x istállótrágyázás, mind az inkubációs idő x istállótrágyázás x Cd-terhelés kölcsönös hatása a DTPA-kivonható kadmium mennyiségére.

Az ismertett eredmények alapján általánosan megállapítható, hogy a vizsgált, sótartalmánál fogva lúgos homoktalajon a – növények által felvehető frakciónak tekintett – DTPA-kivonható kadmium mennyisége a terhelés növelésével emelkedett. Ezzel együtt maga a kivonhatóság is javult, a nagyobb keze-

léseknél magasabb volt a kivont kadmium részaránya a kezelésben beadott teljes mennyiséghez képest. Ugyanakkor a kivont frakció aránya az inkubációs idő előrehaladtával minden kezeléskombinációban lecsökkent. Ez azt bizonyítja, hogy a kísérleti homoktalajban a gyors szorpció mellett a kadmium fokozatos, négy héten keresztül kimutatható megkötődése zajlott le.

Ehhez járult még hozzá az egyéb kezelés formájában adott foszfor, illetve istállótrágya hatása. Számos vizsgálattal megegyezően a kadmium és foszfor között jelentős szinergikus kölcsönhatást mutattunk ki kísérletünkben. A P-kezelés következtében igazolhatóan visszaesett a DTPA-kivonható kadmium mennyisége, s ugyanakkor az Olsen módszerével kivonható foszfor is lecsökkent a növekvő Cd-terhelés következtében. Az érlelés során a foszfor is mindinkább lekötődött, bár a kísérletben alkalmazott homoktalajon kevésbé, mint azt más talajokon kimutatták. Az istállótrágyázással a talajba bevitt szerves anyag mennyiségének emelése, az általános tapasztalatoknak megfelelően, a kivonható kadmium mennyiségének visszaesését hozta. Az eredmény tanúsága szerint a vizsgált nehézfém kölcsönhatása mind a foszforral, mind az istállótrágyával kifejezettebbé vált az inkubációs idő növekedésével.

Összefoglalás

28 napos inkubációs kísérletben vizsgáltuk a 8,6 pH-jú, kis szervesanyag-tartalmú és kationcsere kapacitású vályogos homoktalajon 0, 10, 20, 40 és 80 mg/kg-nyi, CdCl_2 formában adott Cd- és 0, 20 és 40 mg/kg-nyi, diammónium-foszfát formában adott P-terhelés hatását a DTPA-kivonható kadmium és az Olsen módszerével kivonható foszfor mennyiségére. Ugyanolyan Cd-terhelés és egyéb tényezők mellett tártuk fel a 0, 0,5, 1,0 és 2,0 légszáraz súly %-ban adott istállótrágya befolyását a DTPA-Cd mennyiségére egy hasonló érlelési kísérletben.

Általános törvényszerűségnek bizonyult, hogy minden kezelésnél a terhelés növelte, az inkubációs idő csökkentette mind a kadmium, mind a foszfor kivonhatóságát. A Cd-terheléssel ezen nehézfém visszamérhetősége átlagosan 54 %-ról 81 %-ra nőtt, míg a kivont foszfor mennyisége átlagosan 3, 10 és 18 mg/kg-nak adódott növekvő kezelés szintjein. A 28 napos érlelés során a DTPA-Cd 6–12 %-kal, az Olsen-P 12 %-kal esett vissza átlagosan a kontrollhoz képest. A kadmium és foszfor jelentősen és kölcsönösen erősítették egymás lekötődését a vizsgált homoktalajban: a kivont kadmium mennyisége tizedével, az Olsen-P-é csaknem negyedével csökkent le az antagonisták legnagyobb alkalmazásával a vele kezelt parcellákhoz képest. Hasonlóan, az istállótrágyázás jelentősen gátolta a kadmium kivonhatóságát. A tényezők kölcsönhatása az inkubációs idővel igazolhatóan kifejezettebbé vált.

A vizsgálat eredménye rámutat arra, hogy Cd-szennyezettség megítélésekor többek között a talajok P- és szervesanyag-ellátottságát, valamint a terhelés felépése után eltelt időt is figyelembe kell venni a növények számára felvehető nehézfémfrakció jellemzésénél.

Irodalom

- ANDERSON, A. A. & NILSSON, K. O., 1974. Influence of lime and soil pH on Cd availability to plants. *Ambio*. **3**. 198–200.
- BOCKHOLD, A. E. & VAN DER ZEE, S. E., 1992. A scaled sorption model validated at the column scale to predict cadmium contents in a spatially variable field of soil. *Soil Sci.* **154**. 105–112.
- BRAMS, E. & ANTHONY, W., 1988. Residual cadmium in a soil profile and accumulation in wheat grain. *Plant & Soil*. **109**. 3–8.
- CHANEY, R. L. & RYAN, J. A., 1992. Regulation residual management practices. *Water. Environ. Tech.* **4**. 36–41.
- CHRISTENSEN, T. H., 1984. Cadmium soil sorption at low concentrations. I. Effect of time, cadmium load, pH and calcium. *Water, Air and Water Pollution*. **24**. 105–114.
- GOYAL, N. K., 1984. Copper–Phosphorus Relationship in Maize Nutrition. M. Sc. Thesis. HAU. Hisar, India
- JAAKOLA, A., 1977. Effect of fertilizers, lime and cadmium added to soil on the cadmium content of spring wheat. *J. Sci. Agric. Soc. Finland*. **49**. 406–216.
- JACKSON, M. L., 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.
- JONES, K. C. & JOHNSTON, A. E., 1989. Cadmium in cereal grain and herbage from long-term experimental plots at Rothamsted, U.K. *Env. Pollut.* **57**. 199–216.
- KÁDÁR I., 1995. A talaj–növény–állat–ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. MTA TAKI. Budapest.
- KOENIG, R. A. & JOHNSON, C. R., 1942. Colorimetric determination of phosphorus in biological material. *Ind. Engng. Chem. (Analy.)* **14**. 155–156.
- KOSHINO, M., 1972. Effect of metal salt application on cadmium uptake by crops. Abstracts of Osaka Meeting. The Soc. of the Science of Soil and Manure, Japan **18**. 126.
- KRAMER, E. & KOENIG, W., 1983. Cadmium content in soils and plants in areas treated with sewage sludge. *Landwirtsch. Forschung Sondeheft*. **39**. 434–447.
- LINDLER, R. C., 1944. Rapid analytical methods for some of the inorganic constituents of plant tissue. *Pl. Physiol.* **19**. 76–86.
- LINDSAY, W. L. & NORVELL, W. A., 1978. Developement of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **42**. 421–428.
- LIVI-MINZI, R. & PETRUCELLI, G., 1984. The influence of phosphate fertilizers on Cd solubility in soil. *Water, Air and Soil Pollut.* **23**. 423–429.
- MAHAPATRA, I. C. & PATRICK, W. H., 1969. Inorganic phosphate transformation in waterlogged soils. *Soil Sci.* **107**. 281–288.
- MANDAL, L. N. & KHAN, S. K., 1972. Release of phosphorus from insoluble phosphatic materials in acidic lowland rice soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.* **28**. 19–25.
- MANN, S. S. & RITCHIE, G. S. P., 1993. The influence of pH on the forms of cadmium in four West Australian soils. *Aust. J. Soil. Res.* **31**. 255–270.
- MCGRATH, S. P. & CEGARRA, J., 1992. Chemical extractability of heavy metals during and after long-term applications of sewage sludge to soil. *J. Soil. Sci.* **43**. 313–321.

- MCBRIDE, M. B., 1995. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge. Are USEPA regulations protective? *J. Environ. Qual.* **24**. 5–18.
- MCLAREN, R. G. & RITCHIE, G. S. P., 1993. The long term fate of copper fertilizer applied to lateritic sandy soil in Western Australia. *Aust. J. Soil Res.* **93**. 39–50.
- MCLEAN, A. J., 1976. Cadmium in different plant species and its availability in soils as influenced by organic matter addition of lime, P, Cd and Zn. *Can. J. Soil Sci.* **56**. 129–138.
- NEAL, R. H. & SPOSITO, G., 1986. Effects of soluble organic matter and sewage sludge amendments on cadmium sorption by soils at low cadmium concentration. *Soil Sci.* **142**. 164–172.
- OLSEN, S. R. et al., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils Using Sodium Bicarbonate. USDA Cir. No. 939.
- PATEL, M. S. et al., 1992. Effect of P, moisture and O. M. on P availability and its fractions in a calcareous clay soil at different incubation periods. *J. Indian Soc. Soil Sci.* **40**. 705–710.
- PIPER, C. S., 1966. *Soils and Plant Analysis*. Hans Pub. Bombay.
- PURI, A. N., 1949. *Soils: Their Physics and Chemistry*. Reinhold Pub. Co. New York.
- SOON, Y. K., 1994. Changes in forms of soil zinc after 23 years of cropping following clearing of a boreal forest. *Can. J. Soil Sci.* **74**. 179–183.
- STREET, J. J., SABEY, B. R. & LINDSAY, W. L., 1978. Influence of pH, phosphorus, cadmium, sewage sludge and incubation time on the solubility and plant uptake of cadmium. *J. Environ. Qual.* **7**. 286–290.
- STRECK, T. & RICHTER, J., 1997. Heavy metal displacement in sandy soil at the field scale. 11. Modeling. *J. Environ. Qual.* **26**. 56–62.
- SUBIAH, B. V. & ASIJA, G. L., 1956. A rapid procedure for the estimation of available nitrogen in soils. *Curr. Sci.* **25**. 259–260.
- TAKIJIMA, Y. & KATSUMI, F., 1973. Cadmium concentration of soils and rice plants caused by zinc mining. I. Production of high cadmium rice on the paddy fields in lower reaches of mine station. *Soil Sci. Plant Nutr.* **19**. 29–38.
- WALKLEY, A. & BLACK, C. A., 1934. An examination of the methods for determination of organic matter and proposed modification on the chromic acid titration method. *Soil Sci.* **37**. 29–38.

Interaction of Cadmium with Phosphorus and Farmyard Manure in Incubation Experiments on Loamy Sandy Soil

B. S. PANWAR and B. MORVAI

CCS Haryana Agricultural University, Hisar (India) and Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

A 28-day incubation study was conducted using loamy sandy soil with pH(H₂O, 1:2) 8.6, low organic matter content and low cation exchange capacity to examine the interaction of Cd (0, 10, 20, 40 and 80 mg Cd/kg soil, as CdCl₂) with P (0, 20, 40 mg P/kg soil, as (NH₄)₂HPO₄) on the DTPA-extractable Cd and Olsen's extractable P. In another experiment with similar conditions farmyard manure (FYM: 0, 0.5, 1.0 and 2.0 % on a dry matter basis) was applied instead of P.

Generally, the extractability of Cd and P increased significantly with their graded levels and decreased significantly with successive time intervals of incubation in each treatment. The recovery of Cd changed from 54% to 81% at increasing treatment levels, while the average amount of extracted P was 3, 10 and 18 mg/kg soil in the different P treatments. DTPA-Cd was reduced by 6–12%, and Olsen-P by 12% over the control during the 28-day incubation. Cadmium and phosphorus induced the fixation of each other in the loamy sandy soil examined: in pots with the highest dose of the antagonistic element the extracted Cd decreased by 10% and the extracted P by 25% over pots with no treatment. FYM application also depressed the extractability of Cd. Each interaction became more enhanced with the incubation time.

Table 1. Chemical properties of the experimental soil and the FYM applied. (1) Parameter. a) Electrical conductivity, EC, dS/m; b) Organic C, %; c) Cation exchange capacity (CEC), cmol/kg; d) Mechanical composition: e) sand, %; f) silt, %; g) clay, %; h) DTPA-extractable elements. (2) Soil. (3) Farmyard manure. (4) Method.

Table 2. Effect of different levels of Cd and P on DTPA-extractable Cd (mg/kg) in soil at different time intervals. (1) Treatment, mg/kg. a) LSD_{5%}; b) Mean. (2) Incubation time, days. (3) LSD_{5%}. (4) Mean. *Remark:* 0.05 mg/kg Cd content was measured in the control.

Table 3. Effect of different levels of Cd and P on Olsen's P (mg/kg) in soil at different time intervals. (1)–(4): See Table 2.

Table 4. Effect of different levels of Cd and FYM (#) on DTPA-extractable Cd (mg/kg) in soil at different time intervals. (1) Treatment, mg/kg. a) LSD_{5%}; b) Mean. (2) Incubation time, days. (3) LSD_{5%}. (4) Mean.