

CRESCIMENTO DA CULTURA DA CENOURA APÓS APLICAÇÕES DE RESÍDUOS DE CURTUME E CARBONIFEROS NO SOLO

GROWTH OF CARROT CROP AFTER APPLICATION OF TANNERY WASTE AND COAL MINING IN SOIL

Maurizio Silveira QUADRO¹; Marino José TEDESCO²; Clesio GIANELLO²;
Amauri Antunes BARCELOS¹; Robson ANDREAZZA¹; Leandro BORTOLON³

1. Centro de Engenharias; Universidade Federal de Pelotas; Pelotas, RS, Brasil. robsonandrezza@yahoo.com.br; 2. Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, RS, Brasil; 3. Embrapa Pesca e Aquicultura; EMBRAPA; TO, Brazil.

RESUMO: Com a industrialização, a produção de resíduos tem aumentado durante os anos. Além disso, a disposição destes resíduos é uma posição discutida entre os órgãos ambientais. Em virtude disto, o objetivo foi estudar o efeito residual de adições sucessivas de resíduos de curtume e carboníferos sobre as propriedades químicas do solo e o acúmulo de metais pesados nas plantas de cenoura. Os tratamentos aplicados a campo foram T1 = Controle, somente solo; T2 = Adubação com NPK + calcário para atingir pH 6,0; T3 = Lodo de curtume em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T4 = Duas vezes a quantidade de lodo de curtume utilizada no tratamento 3 + PK; T5 = Resíduo carbonífero + NPK + calcário em quantidade adequada para atingir pH 6,0; T6 = Resíduo carbonífero + lodo de curtume em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T7 = Serragem cromada + NPK + calcário em quantidade adequada para atingir pH 6,0; T8 = Cr mineral + lodo de curtume em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento. A adição de cromo, tanto via mineral, quanto via resíduos não afetaram o crescimento da cenoura. Além disso, os teores encontrados na parte aérea, radicular, e córtex da raiz são considerados baixos, demonstrando um baixo potencial de contaminação destes resíduos.

PALAVRAS-CHAVES: Descarte de resíduos. *Daucus carota*. Cromo. Absorção de metais pesados.

INTRODUÇÃO

A disposição correta dos resíduos de curtume tem causado discordância entre as indústrias e os órgãos ambientais. O uso do solo para o descarte destes resíduos tem se mostrado, em outros estudos, uma alternativa viável devido à sua capacidade de degradar, complexar e inativar os componentes presentes nestes materiais (KRAY et al., 2008; GIANELLO et al., 2011; SEGATO et al., 2012). A presença de nutrientes e/ou a capacidade de neutralização da acidez de alguns resíduos têm mostrado benefícios ao solo e às plantas (FERREIRA et al., 2003; KRAY et al., 2008; SEGATO et al., 2012; LAUSCHNER et al., 2012); entretanto, a presença de metais pesados, entre outros fatores, pode tornar limitante à sua utilização.

De acordo com estudo realizado por Kray et al. (2008), o lodo de curtume pode ser utilizado para a correção do pH de solos ácidos e como fonte de nitrogênio para as plantas. Além disso, a frequência de aplicação e as doses utilizadas são limitadas pelo valor de neutralização da acidez, concentração de sais (principalmente de sódio) e quantidades de metais pesados presentes nos resíduos.

O processo de transformar pele crua ou salgada em couro é considerado altamente poluidor devido a utilização de um grande volume de água,

substâncias químicas e da geração de grande quantidade de efluentes líquidos e de resíduos sólidos (KRAY et al., 2008). A serragem cromada é obtida na etapa de rebaixamento de couro e representa 75% dos resíduos sólidos gerados. É um resíduo sólido altamente tóxico, pois está impregnado de sais de cromo, sendo classificada como Resíduo de Classe I, segundo a NBR-100004, (CLASS; MAIA, 1994), e sua aplicação deve levar em conta as diretrizes descritas na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Apesar dos inúmeros estudos existentes quanto ao comportamento do cromo, não há registros de estudos que apresentam a recuperação de todo o cromo contido no material descartado no solo. Kray et al. (2008), adicionando ao solo lodo de curtume e serragem cromada determinaram recuperações de cromo que variaram de 23 a 43%. Castilhos (1998), também estudando o efeito da aplicação de lodo de curtume ao solo, recuperou valores de 52, 67 e 88% do cromo adicionado ao solo, em três diferentes solos do Estado do Rio Grande do Sul, após 70 dias da aplicação. Ainda, o cromo pode ficar indisponível ligado ao solo, e as plantas podem precipitar, complexar e não absorver o cromo existente no solo, mesmo que altas concentrações sejam adicionadas ao mesmo. Assim, objetivou-se avaliar o efeito residual de adições

sucessivas de resíduos de curtume e carboníferos sobre as propriedades químicas do solo e o acúmulo de metais pesados nas plantas de cenoura.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi iniciado em 1996 um experimento de campo de longa duração na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS (EEA/UFRGS), no município de Eldorado do Sul (RS), região fisiográfica da Depressão Central, nas coordenadas geográficas 30°05'76'' S de latitude e 51°40'67'' W de longitude. O solo da área experimental é classificado como ARGISSOLO Vermelho distrófico típico (STRECK et al., 2002), com declividade do terreno menor que 5%. Na área experimental foram aplicados resíduos de curtume (lodo de estações de tratamento e serragem cromada) e de mineração de carvão (carbonífero) nas safras agrícolas de 1996/97 e 1999/2000. Os tratamentos aplicados a campo foram T1 = Controle, somente solo; T2 = Adubação com NPK + calcário

para atingir pH 6,0; T3 = Lodo de curtume em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T4 = Duas vezes a quantidade de lodo de curtume utilizada no tratamento 3 + PK; T5 = Resíduo carbonífero + NPK + calcário em quantidade adequada para atingir pH 6,0; T6 = Resíduo carbonífero + lodo de curtume em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T7 = Serragem cromada + NPK + calcário em quantidade adequada para atingir pH 6,0; T8 = Cr mineral + lodo de curtume em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK. A área experimental de onde foi coletado o solo estava em pousio desde a safra 1999/2000 até a data de implantação do experimento (11/2005). A quantidade de resíduos e materiais aplicados na área experimental é apresentada na Tabela 1. A adubação de NPK foi adicionada em cada tratamento de acordo com as recomendações estabelecidas pela COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (2004) para a cultura da cenoura.

Tabela 1. Tratamentos, quantidades de materiais e de cromo aplicados na 1ª aplicação (12/1996) e na 2ª aplicação (01/2000).

Tratamentos †	1ª Aplicação		2ª Aplicação		Cr total adicionado kg ha ⁻¹
	Resíduos t ha ⁻¹	Cr kg ha ⁻¹	Resíduos t ha ⁻¹	Cr kg ha ⁻¹	
T1	-	-	-	-	-
T2	3,4 ca*	-	6,3 ca	-	-
T3	21,25 LC	172 ⁽²⁾	22,4 LC	498 ⁽²⁾	670
T4	42,5 LC	343 ⁽²⁾	44,8 LC	994 ⁽²⁾	1336
T5	106,0 RC	-	56,0 RC 20,0 ca	-	-
T6	106,0 RC 21,25 LC	172 ⁽²⁾	56,0 RC 34,4 LC	764 ⁽²⁾	936
T7	29,4 SC 3,4 ca	617 ⁽²⁾	30,0 SC 8,6 ca	720 ⁽²⁾	1337
T8	21,24 LC	172 ⁽²⁾ 125 ⁽¹⁾	22,4 LC	498 ⁽²⁾ 500 ⁽³⁾	1295

† T1) Controle, somente solo; T2) Adubação com NPK + calcário para atingir pH 6,0 (ca); T3) Lodo de curtume (LC) em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T4) = Duas vezes a quantidade de LC utilizada no T3 + PK; T5) Resíduo carbonífero (RC) + NPK + ca; T6) RC + LC em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T7) Serragem cromada (SC) + NPK + ca; T8) Cr mineral + LC em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; *ca significa calcário necessário para atingir pH 6,0; LC significa lodo de curtume; RC significa resíduo carbonífero; SC significa serragem cromada;⁽¹⁾Na forma de Cr₂(SO₄)₃, ⁽²⁾Adicionado pelo resíduo. ⁽³⁾Adicionado na forma mineral.

Tabela 2. Características físico-químicas dos resíduos utilizados neste trabalho.

Parâmetro	Unidade	Lodo de curtume	Serragem cromada	Resíduo carbonífero
pH em água		6,7	4,5	7,0
Carbono orgânico	g kg ⁻¹	239,3	331,0	184,9
Nitrogênio total	g kg ⁻¹	36,5	172,9	2,5
Relação C/N		6,5	1,9	74,0

NH ₄ ⁺	mg L ⁻¹	4,0	ND ⁽¹⁾	ND
NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻	mg L ⁻¹	1,9	ND	ND
Fósforo total	g kg ⁻¹	1,1	0,3	0,1
Potássio total	g kg ⁻¹	0,1	0,1	3,7
Cálcio total	g kg ⁻¹	41	8,5	1,1
Magnésio total	g kg ⁻¹	7,8	0,75	1,2
Enxofre total	g kg ⁻¹	18	22	25
Cobre total	mg kg ⁻¹	8,27	30	15
Zinco total	mg kg ⁻¹	112	0	48
Sódio total	g kg ⁻¹	9,2	3,2	0,16
Cromo total	g kg ⁻¹	34	20	0,11
Cádmio total	mg kg ⁻¹	0,18	0,03	15,3
Níquel total	mg kg ⁻¹	5,47	8,6	24
Chumbo total	mg kg ⁻¹	11,2	1,39	8,72
Poder de neutralização	%	10%	ND	ND

⁽¹⁾ND significa não determinado forma.

A camada superficial do solo (0-20 cm) de cada tratamento, da área experimental foi coletado, com pá-de-corte, tamisado e acondicionados em vasos de PVC. Os vasos com capacidade de 10,5 L (cilindros de PVC com 20 cm de diâmetro e 33 cm de altura, com a parte inferior fechada por um disco de madeira revestida por resina epóxi) tendo um

orifício lateral para drenagem do excesso de água da chuva. As características físico-químicas dos resíduos e do solo foram realizadas de acordo com as metodologias descritas por TEDESCO et al. (1995). As características físico-químicas dos resíduos são apresentadas na Tabela 2, e do solo na Tabela 3.

Tabela 3. Características físico-químicas da camada superficial (zero a 20 cm) do solo do experimento de longa duração após a aplicação dos diferentes tratamentos.

Tratamentos ¹	pH (H ₂ O)	N Total	P disp.	K disp.	M.O.	Al troc.	Ca troc.	Mg troc.
	1:1	g kg ⁻¹	--- mg dm ⁻³	--	g kg ⁻¹	-----	cmol _c dm ⁻³	-----
T1	4,8	0,9	1,8	118	24,5	0,8	1,9	1,1
T2	6,4	1,0	3,9	125	25,3	0,0	4,8	2,3
T3	6,1	1,1	5,2	120	27,1	0,0	5,1	1,4
T4	6,6	1,2	7,8	130	27,6	0,0	6,4	1,7
T5	4,9	0,9	3,0	78	29,3	0,4	4,4	1,7
T6	4,7	1,4	6,2	77	32,1	0,7	4,0	0,9
T7	5,7	2,0	3,1	97	33,1	0,0	3,6	1,8
T8	5,9	1,2	5,9	154	29,3	0,0	4,8	1,1

¹T1) Controle, somente solo; T2) Adubação com NPK + calcário para atingir pH 6,0 (ca); T3) Lodo de curtume (LC) em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T4) = Duas vezes a quantidade de LC utilizada no T3 + PK; T5) Resíduo carbonífero (RC) + NPK + ca; T6) RC + LC em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T7) Serragem cromada (SC) + NPK + ca; T8) Cr mineral + LC em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK.

Após a caracterização do solo, foram acondicionados 9 kg de solo (seco ao ar), por vaso, com três repetições por tratamento. Foram mantidos os tratamentos especificados, sem reaplicação dos resíduos na área experimental não coberta. Posteriormente, foi aplicada adubação mineral baseado nas análises do solo e interpretação e as recomendações conforme a COMISSÃO... (2004) para a cultura da cenoura. A cultivar Brasília foi

semeada, sendo mantidas três plantas por vaso até o final do experimento. A irrigação foi realizada com água destilada para manter o solo com 75% da capacidade de campo.

As plantas foram colhidas aos 90 dias, separando-se a parte aérea das raízes. Estas foram lavadas com água destilada e quantificadas a massa úmida radicular, e após secagem em estufa a 65°C, a massa seca da parte aérea também foi determinada.

O córtex radicular (com aproximadamente 1 mm de espessura) foi removido, sendo seco em estufa a 65°C, juntamente com a parte interna e a parte aérea. Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg e Cr extraídos na parte aérea e parte interna das raízes, e os teores de Cr no córtex radicular das plantas, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento. A análise estatística dos dados foi feita com o software de análise estatística WINSTAT (Machado, 2001), utilizando-se a análise da variância (teste F) conforme recomendações de Silva (1997), e as diferenças significativas foram determinadas pelo teste de comparação múltiplas de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de massa

Tabela 4. Matéria úmida (MU) e matéria seca (MS) das raízes e da parte aérea das plantas de cenoura após 90 dias de crescimento nos diferentes tratamentos.

Tratamentos†	MU Raiz	MS Raiz	MS parte aérea
	g vaso ⁻¹		
T1**	0,0	0,0	0,0
T2	126,1 a*	17,2 a	12,8 a
T3	123,6 a	16,9 a	12,8 a
T4	118,1 a	18,7 a	12,2 a
T5	122,6 a	16,8 a	13,7 a
T6	90,2 a	12,4 a	9,5 a
T7	145,5 a	19,7 a	15,6 a
T8	116,0 a	14,8 a	13,6 a
CV (%)	20	17	18

† T1) Controle, somente solo; T2) Adubação com NPK + calcário para atingir pH 6,0 (ca); T3) Lodo de curtume (LC) em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T4) = Duas vezes a quantidade de LC utilizada no T3 + PK; T5) Resíduo carbonífero (RC) + NPK + ca; T6) RC + LC em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T7) Serragem cromada (SC) + NPK + ca; T8) Cr mineral + LC em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; *Médias com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. **Sem crescimento de plantas.

Teores de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg)

Após 90 dias de crescimento das plantas de cenoura não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para os teores de N, K e Ca na parte aérea (Tabela 5). Os teores médios de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea da cenoura foram: 16,9; 2,9; 20,2; 28,4 e 5,6 g kg⁻¹, respectivamente. Conforme a COMISSÃO... (2004), os teores de N e K são considerados baixos, podendo ter limitado o crescimento das plantas, contudo, foram semelhantes ao tratamento controle T2.

As aplicações de resíduos contendo cromo, no solo não reduziram a produção de massa úmida e seca radicular, e a massa seca da parte aérea das plantas (Tabela 4). O tratamento controle (T1) não apresentou produção devido ao baixo teor de fósforo no solo (Tabela 2). maior produção de massa foi obtida no tratamento com adição de serragem cromada. Entretanto, os rendimentos entre os tratamentos, foram semelhantes ao tratamento controle T2. Deste modo, não foram verificados efeitos nocivos de aplicações anteriores de resíduos de curtume, sobre a cultura da cenoura. Outros estudos com a aplicação de resíduos de curtume na cultura do rabanete não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos, devido a baixa translocação do metal na planta (Castilhos, 1998; Domaszak, 2000). Isto pode ser devido ao potencial de redução e complexação do cromo no solo, não ficando em formas tóxicas ou biodisponíveis as plantas.

O teor de fósforo na parte aérea da cenoura não diferiu estatisticamente do T7, entretanto o primeiro foi maior no tratamento controle positivo (T2), do que nos tratamentos com aplicações anteriores de lodo de curtume (T3 e T4). Os teores de Mg na parte aérea da cenoura foram maiores nos tratamentos com adição de calcário (T2; T5 e T7), o qual foi utilizado o calcário com teores de ±12% de MgO apresentando este elemento em sua composição. Isto pode ter ocorrido pelo baixo teor desse nutriente nos resíduos utilizados neste experimento.

Tabela 5. Teores de macronutrientes na parte aérea das plantas de cenoura após 90 dias de crescimento nos diferentes tratamentos.

Tratamentos†	N	P	K	Ca	Mg
-----g kg ⁻¹ -----					
T1**	-	-	-	-	-
T2	15,7 a*	4,3 a	18,6 a	28,5 a	7,9 a
T3	16,5 a	3,0 bc	24,5 a	31,4 a	4,8 c
T4	15,3 a	2,3 bc	22,3 a	32,1 a	4,2 c
T5	16,3 a	3,0 bc	17,5 a	26,1 a	7,1 ab
T6	17,1 a	1,9 c	16,2 a	23,8 a	4,5 c
T7	19,9 a	3,2 ab	21,3 a	25,6 a	6,5 b
T8	17,7 a	2,5 bc	20,9 a	31,0 a	4,3 c
CV (%)	16,9	2,9	20,2	28,4	5,6

†T1) Controle, somente solo; T2) Adubação com NPK + calcário para atingir pH 6,0 (ca); T3) Lodo de curtume (LC) em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T4) = Duas vezes a quantidade de LC utilizada no T3 + PK; T5) Resíduo carbonífero (RC) + NPK + ca; T6) RC + LC em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T7) Serragem cromada (SC) + NPK + ca; T8) Cr mineral + LC em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; *Médias com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Sem crescimento de plantas.

O teor de nitrogênio na raiz da cenoura foi maior no tratamento T8, mas não foi determinada diferença significativa entre este e os tratamentos T2 e T4 (Tabela 6). Os teores de K e Ca não diferiram

significativamente entre os tratamentos. Os teores de K e Ca na raiz da cenoura variaram de 14,4 a 17,7 e de 2,8 a 3,3 g kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 6. Teores de macronutrientes na raiz das plantas de cenoura após 90 dias de crescimento nos diferentes tratamentos.

Tratamentos†	N	P	K	Ca	Mg
-----g kg ⁻¹ -----					
T1**	-	-	-	-	-
T2	12,6 ab*	4,3 a	14,4 a	2,8 a	2,1 ab
T3	9,0 b	3,0 b	16,3 a	3,3 a	1,6 b
T4	12,9 ab	2,6 b	15,5 a	3,0 a	1,5 b
T5	11,4 b	3,4 ab	17,7 a	2,8 a	2,0 ab
T6	11,2 b	2,8 b	14,0 a	2,8 a	1,8 ab
T7	10,7 b	3,6 ab	15,2 a	2,8 a	2,3 a
T8	16,7 a	3,1 b	15,5 a	2,9 a	1,8 ab
CV (%)	12,1	3,2	15,5	2,9	1,9

† T1) Controle, somente solo; T2) Adubação com NPK + calcário para atingir pH 6,0 (ca); T3) Lodo de curtume (LC) em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T4) = Duas vezes a quantidade de LC utilizada no T3 + PK; T5) Resíduo carbonífero (RC) + NPK + ca; T6) RC + LC em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T7) Serragem cromada (SC) + NPK + ca; T8) Cr mineral + LC em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; *Médias com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Sem crescimento de plantas.

O teor de Ca na parte aérea da cenoura variou de 23,8 a 32,1 g kg⁻¹; e de 2,8 a 3,3 g kg⁻¹ na raiz (Tabelas 5 e 6). Conforme Sediya et al. (1998) o teor de Ca na parte aérea de plantas de cenoura colhidas aos 45 dias variou de 12,2 a 16,6 g kg⁻¹. Conforme o mesmo autor, os teores de Ca variaram entre 2,7 a 3,8 g kg⁻¹ aos 90 dias. O teor padrão de Ca em raízes de cenoura, conforme Watt; Merrill (1975) que é de 3,1 g kg⁻¹. RICCI et al. (2006) determinaram teores de Ca na parte aérea de

cenoura entre 19,6 a 31,1 g kg⁻¹ aos 100 dias. Os teores de P nas raízes foram maiores na tetemunha, demonstrando que os resíduos diminuíram os teores de P nas raízes. Para o Mg, os resíduos também afetaram a absorção. Embora a absorção tenha sido afetada, não representou diferenças significativas na produção de massa seca de raízes. Isto pode ser devido a imobilização temporária dos microorganismos do solo, pois quando é estimulado o crescimento, o P e N, principalmente, são

imobilizados nos constituintes celulares, deixando indisponíveis temporariamente para as plantas e solo. Efeitos assim são descritos e discutidos por outros autores (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Teores de cromo

Os teores de cromo nas plantas de cenoura são apresentados na Tabela 7. O tratamento com aplicações anteriores de serragem cromada (T7) apresentou maior teor de cromo na parte aérea das plantas do que os tratamentos com adição de calcário (T2 e T5). Os tratamentos com aplicações anteriores de lodo de curtume não apresentaram diferenças significativas entre si, com valores intermediários.

As aplicações anteriores de resíduos de curtume proporcionaram aumentos dos teores de cromo tanto na parte aérea como nas raízes das plantas. Os teores de cromo na raiz sem córtex (parte comestível), entretanto, são menores que na parte aérea e no córtex radicular (1 mm) (Tabela 7).

Os teores de cromo determinados, mesmo na raiz, nos tratamentos com aplicação dos resíduos,

situam-se na faixa de teores considerados normais (não tóxicos) para consumo (PAIS; JONES, 1997; KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1986). A concentração máxima de cromo aceitável em resíduos como o lodo de esgoto para aplicação na agricultura é de 1000 mg kg⁻¹ (CONAMA, 2006). Embora as concentrações de cromo nos resíduos sejam maiores que a permitida pela resolução, os teores de cromo adsorvidos na cenoura foi muito baixo, não demonstrando efeito de contaminação nas plantas de cenoura.

Desde a década de 1960, sabe-se que o cromo é um mineral essencial para os mamíferos (MERTZ, 1969). O mesmo participa como co-fator na atividade da insulina, no metabolismo dos carboidratos, reduzindo o colesterol e triglicerídeos. A deficiência desse elemento é importante na patogênese da arteriosclerose e de coronariopatias. A "Internacional Union of Nutritional Sciences" (1993) recomenda a ingestão diária de 0,05 a 0,2 mg de cromo por pessoa adulta (SILVA, 1989).

Tabela 7. Teor de cromo nas plantas de cenoura após 90 dias de crescimento nos diferentes tratamentos.

Tratamentos†	Parte Aérea	Raiz	Córtex
	----- mg kg ⁻¹ -----		
T1**	-	-	-
T2	0,25 b*	0,32 a	1,0 b
T3	0,51 ab	0,63 a	1,5 b
T4	1,05 ab	0,75 a	1,6 ab
T5	0,23 b	0,35 a	1,0 b
T6	1,15 ab	0,75 a	1,2 b
T7	1,61 a	0,58 a	1,7 ab
T8	1,44 ab	0,83 a	3,5 a
CV (%)	55	49	25

† T1) Controle, somente solo; T2) Adubação com NPK + calcário para atingir pH 6,0 (ca); T3) Lodo de curtume (LC) em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T4) = Duas vezes a quantidade de LC utilizada no T3 + PK; T5) Resíduo carbonífero (RC) + NPK + ca; T6) RC + LC em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; T7) Serragem cromada (SC) + NPK + ca; T8) Cr mineral + LC em quantidade adequada para atingir pH 6,0 + PK; *Médias com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Sem crescimento de plantas.

Se considerado o teor de cromo das raízes descascadas de cenoura do tratamento T2 (Tabela 7), uma pessoa adulta deveria consumir 2 kg dia⁻¹ de raízes cruas para obter o suprimento de 0,1 mg de Cr. No caso de consumir as cenouras do tratamento T3 (com aplicação de lodo de curtume nas taxas agronomicamente adequadas, no caso com adição cumulativa de 840 kg de Cr ha⁻¹), a necessidade seria de 1 kg dia⁻¹ de raízes cruas de cenoura

Shivas (1978) observou que 85% do cromo absorvido permanece na parte externa da raiz (com 1 mm de espessura) devido à reação com proteínas e outros colóides, formando compostos com alto peso

molecular, que possuem baixa permeabilidade em membranas.

CONCLUSÃO

A adição de resíduos de lodo de curtume, resíduo carbonífero e serragem cromada não afetam o crescimento de plantas de cenoura nas concentrações apresentadas neste trabalho. Além disso, não há indícios da redução de absorção de

nutrientes com o crescimento da cenoura com altas concentrações de cromo no solo. Embora as concentrações de cromo no solo serem altas, a concentração e acumulação de cromo na parte aérea

das plantas e na raiz são pequenas, não promovendo grandes problemas no consumo de cenoura.

ABSTRACT: With the industrialization, waste production has been increased over the years. Moreover, the disposition of these wastes is a position discussed among environmental agencies. So, the aim of this study was to evaluate the residual effect of successive additions of tannery waste and coal on the chemical properties of the soil and the accumulation of heavy metals in carrot plants. The treatments were applied to field: T1 = Control, only solo; T2 = fertilization with NPK + lime to reach pH 6.0; T3 = tannery sludge in adequate quantity to achieve pH 6.0 + PK; T4 = Twice the amount tannery sludge used in treatment 3 + PK; T5 = waste coal + NPK + lime in adequate quantity to achieve pH 6.0; T6 = waste coal + tannery sludge in adequate quantity to achieve pH 6.0 + PK; T7 = Sawdust = chrome + NPK + lime in adequate quantity to reach pH 6.0; T8 = Cr + mineral tannery sludge in adequate quantity to achieve pH 6.0 + PK. The experiment was conducted in a completely randomized design, with three replicates per treatment. The results demonstrate that carrot plants grew normally in the treatments with high chromium concentrations, either addition with residues or mineral. Furthermore, the levels found in the shoots, roots and roots cortex were low, indicating a low potential of these waste contamination.

KEYWORDS: Residue discharge. *Daucus carota*. Chromium. Heavy metals uptake.

REFERÊNCIAS

CASTILHOS, D. D. **Alterações químicas e biológicas devidas à adição de resíduos de curtume e de cromo hexavalente ao solo.** 1998. 160f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

CLAAS, I. C.; MAIA, R. A. M. **Manual básico de resíduos industriais de curtume.** Porto Alegre: SENAI/RS, 1994. 664 p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Porto Alegre: Evangraf. 2004. 394 p.

CONAMA. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 375, de 29 de Agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. 2002. **Diário Oficial da União**, n. 375, de 29 de Agosto de 2006.

DOMASZAK, S. C. **Efeito imediato e residual da aplicação de resíduos de curtume nas plantas em três solos.** 2000. 107f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O; TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume e carbonífero. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 755-763, 2003.

GIANELLO, C.; DOMASZAK, S. C.; BORTOLON, L.; KRAY, C. H.; MARTINS, V. Viabilidade do uso de resíduos da agroindústria coureiro-calçadista no solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 242-245, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011005000007>

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants.** 4.ed. Florida: CRC Press, 1986. 315 p.

KRAY, C. H. **Efeitos de duas aplicações de resíduo de curtume e carbonífero no solo e nas plantas.** 2001. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade de Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

Crescimento da cultura da cenoura...

QUADRO, M. S. et al.

KRAY, C. H.; TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; SILVA, K. J. Tannery and coal mining waste disposal on soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2877-2882, 2008.

LAUSCHNER, M. H.; TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BORTOLON, L.; ANDREAZZA, R.; KRAY, C. H.; BARBOSA, D. B. P. Avaliação da acidez dos resíduos da agroindústria fumageira após aplicação em diferentes solos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 18, p. 12-24, 2012.

MACHADO, A. A. **Sistema de análise estatística para Windows (WINSTAT)**. Pelotas : Universidade Federal de Pelotas, 2001.

MERTZ, W. Chromium occurrence and function in biological systems. **Physiological Reviews**, Methesda, v. 49, n. 2, p. 163-239, 1969.

MOREIRA, M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª Edição. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

PACHECO, J. W. F. **Curtimes**. São Paulo: CETESB, 2005. 76 p.

PAIS, I.; JONES, J. B. **The handbook of trace elements**. Boca Raton : St. Lucie Press, 1997. 323 p.

RICCI, M. S. F.; OLIVEIRA, F. F.; MIRANDA, S. C.; COSTA, J. R. Produção da cenoura e efeito na fertilidade do solo e nutrição decorrente da solarização do solo para controle da tiririca. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 607 -614, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052006000400011>

SHIVAS, S. A. J. The environmental effects of chromium in tannery effluents. **Journal of American Leather Chemistry Association**, Lubbock, v. 73, n. 71, p. 370-377, 1978.

SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M.; PEREIRA, P. R. G.; GARCIA, N. C. P.; LIMA, P. C. Produção e composição mineral de cenoura adubada com resíduos orgânicos. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 379-386, 1998. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051998000200019>

SEGATTO, M. P.; ANDREAZZA, R.; BORTOLON, L.; SANTOS, V. P.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O. Decomposição de resíduos industriais no solo. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 34, p. 49-62, 2012.

SILVA, S. **Agricultural use of leather working residues as means of energy saving and environmental protection**. Milão: UNIC, 1989. 60 p.

SILVA, J. G. C. **Análise estatística de experimentos**. Pelotas: UFPel, 1997. 263 p.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS: Departamento de Solos da UFRGS, 2002. 222 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico 5).

WATT, B. K.; MERRIL, A. L. **Handbook of the nutrition contents of foods**. New York : United States Department of Agriculture. Dover Publication, 1975. 190 p.