

MODOS DE ADUBAÇÃO, ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E RENDIMENTO DE MILHO EM DIFERENTES PREPAROS DE SOLO¹

DIRCEU KLEPKER², IBANOR ANGHINONI³

RESUMO- No segundo ano (1989) de um ensaio a campo, num solo podzólico vermelho-escuro, em Eldorado do Sul (RS), foram avaliados os efeitos de preparos do solo e modos de adubação na absorção de nutrientes e no rendimento de milho. Os tratamentos, com três repetições, consistiram de parcelas com os métodos de preparo convencional, em faixas e sem preparo, e subparcelas com os modos de adubação a lanço, na faixa e na linha. A adubação consistiu na aplicação de superfosfato triplo (80 kg de P_2O_5 /ha=35 kg de P/ha) e cloreto de potássio (40 kg de K_2O /ha=33 kg de K/ha). O N foi aplicado em cobertura, em três doses de 50 kg de N/ha, na forma de uréia. As linhas de semeadura foram estabelecidas no mesmo local daquelas do primeiro ano de cultivo. O teor e/ou a quantidade de fósforo no tecido de milho, nos diferentes estágios de crescimento, foram influenciados pelos modos de adubação e/ou métodos de preparo do solo, os quais, no entanto, não afetaram a absorção de potássio. O crescimento do milho, o rendimento e o conteúdo de fósforo nos grãos não foram afetados pelos modos de adubação e métodos de preparo do solo.

Palavras-chave: preparo do solo, modo de adubação, nutrientes, milho

FERTILIZER PLACEMENT, NUTRIENTS ABSORPTION AND CORN YIELD IN DIFFERENT SOIL TILLAGE SYSTEMS

ABSTRACT- Effects of fertilizer placement and soil tillage systems in nutrient uptake and corn yield were evaluated in the second year (1989) of a field experiment in a Rhodic Paleudult soil. The soil tillage systems, in the main plots, were conventional, strip, and no tillage; and fertilizer placements, in the plots, were broadcast, strip and row, with three repetitions. Fertilizers were applied as triple superphosphate (80 kg of P_2O_5 /ha = 35 kg P/ha) and potassium chloride (40 kg of K_2O /ha=33 kg de K/ha). Phosphorus content in the plant tissue at different corn growth stages was affected by fertilizer placement and/or soil tillage systems; however, potassium uptake was not affected. Corn growth and grain yield and nutrient content were not influenced by treatments of fertilizer placement or soil tillage.

Key words: soil tillage, fertilizer placement, nutrients, corn

INTRODUÇÃO

O sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos atualmente em uso, no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, provém de dados de pesquisas gerados em preparos convencionais de solo (COMISSÃO, 1995). Em função disto, devem ser efetuados estudos no sentido de avaliar a eficiência das recomendações atuais em sistemas de manejo envolvendo pouca ou nenhuma mobilização do solo.

A eficiência da adubação fosfatada depende, dentre outras variáveis, do nível de fertilidade do solo, da dose do adubo aplicado, do volume de solo fertilizado e da distribuição de raízes no perfil do solo. Diferentes distribuições de fósforo no perfil, resultantes dos modos de aplicação de superfosfato triplo, afetam a distribuição de raízes e o crescimento da parte aérea do milho (KLEPKER e ANGHINONI, 1993). Estes efeitos podem variar também com o estágio de crescimento da planta. Adubações em pequenos volumes de solo (5 a 10 %) tendem a favorecer a absorção de nutrientes nos estágios iniciais de crescimento da planta, quando a taxa

de absorção é maior (MENGEL e BARBER, 1974,a). Por outro lado, com o crescimento das plantas, ocorreria uma maior absorção se uma maior porção do sistema radicular fosse suprida com o nutriente. Nesse contexto, uma maior absorção de nutrientes na fase inicial de crescimento das plantas, decorrente da adubação de pequenos volumes de solo, poderá ser contrabalançada por uma maior absorção na fase posterior, decorrente da adubação em maiores volumes de solo (BARBER, 1984).

Em condições de campo, onde os métodos de preparo e modos de adubação determinam condições físicas, químicas e biológicas variadas, com ciclos alternados de umedecimento e secagem do solo, o crescimento das plantas será uma resposta a todos estes fatores, que interagem com a capacidade da planta em se aclimatar a condições específicas.

No presente trabalho, objetivou-se avaliar a influência de modos de aplicação de adubos fosfatado e potássico na absorção de nutrientes em diversos estágios da cultura e no rendimento de milho, em diferentes métodos de preparo do solo.

1. Parte da dissertação do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFRGS, Porto Alegre - RS/BRASIL.
2. Eng. Agr., M.Sc. - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Ciência do Solo, PPGA/UFRGS, Caixa Postal 776, 90001-970 Porto Alegre - RS/BRASIL.
3. Eng. Agr., Ph.D. - Prof. Adjunto, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, 90001-970 Porto Alegre - RS/BRASIL.
Bolsista do CNPq.
Recebido para publicação em 19/09/1995.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho refere-se aos dados coletados no segundo ano de um ensaio instalado em 1988, na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul-RS. O solo utilizado, franco-argiloso de origem granítica, classificado como podzólico vermelho-escuro (ESPIRITO SANTO, 1988), continha 26 % de argila, 3 % de matéria orgânica e, 2,5 e 132 mg/kg de solo, respectivamente, de fósforo e potássio (Mehlich-1), na camada de 0-15 cm, por ocasião da instalação dos tratamentos. As análises do solo foram efetuadas conforme metodologia descrita em TEDESCO et al. (1985). O solo, no local do ensaio, esteve na condição de pastagem nativa até maio de 1988, quando foi aplicado calcário dolomítico (3,4 t/ha - PRNT 100 %), o qual foi incorporado através de uma aração e duas gradagens. De julho a setembro daquele ano foi cultivada aveia forrageira (*Avena strigosa* S.). Os tratamentos de preparo do solo e modos de aplicação de superfosfato triplo e cloreto de potássio foram aplicados em outubro de 1988. No primeiro ano do ensaio, a adubação, baseada na análise do solo referente a camada de 0-15 cm, consistiu na aplicação de 80 kg de P_2O_5 /ha=35 kg de P/ha (superfosfato triplo), 60 kg de K_2O /ha=50 kg de K/ha (cloreto de potássio) e 70 kg de N/ha (uréia). Após a colheita do milho, foi cultivada novamente aveia forrageira (maio a agosto de 1989). Detalhes e resultados obtidos no primeiro ano do ensaio encontram-se em MODEL e ANGHINONI (1992).

No presente trabalho, o delineamento experimental foi blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos, arranjados em parcelas subdivididas, consistiram de três métodos de preparo do solo, nas parcelas, e três modos de aplicação de fósforo e potássio, nas subparcelas. Os métodos de preparo do solo, convencional, em faixas e sem preparo, iniciados logo após a dessecação da aveia (agosto/89), foram os mesmos do primeiro ano de cultivo, tendo sido efetuados imediatamente antes da aplicação de fósforo e potássio (lanço, faixa e linha).

O preparo convencional consistiu de uma aração (0-15 cm) e de uma gradagem. O preparo em faixas consistiu na mobilização de uma faixa do solo de 20 cm de largura, na linha de semeadura, até 15 cm de profundidade. No método sem preparo efetuou-se a abertura de um sulco com 5 cm de largura, até 10 cm de profundidade, para simular a linha de semeadura e facilitar a adubação. A adubação a lanço consistiu na apli-

cação de P e K em toda a superfície do solo na subparcela. No preparo convencional, a incorporação do adubo foi feita através de uma gradagem, enquanto que no preparo em faixas e sem preparo, o adubo permaneceu na superfície do solo. Na adubação em faixa, aplicou-se o adubo numa faixa de 20 cm de largura na linha de semeadura, o qual foi incorporado, com sacho, nos preparos convencional e em faixa. No método sem preparo, o adubo permaneceu na superfície do solo. No modo de adubação em linha, os adubos foram aplicados no sulco de semeadura, até 8-10 cm de profundidade.

A adubação, baseada na análise do solo no método de preparo convencional e modo de adubação a lanço, consistiu na aplicação de 80 kg de P_2O_5 /ha=35 kg de P/ha (superfosfato triplo) e 40 kg de K_2O /ha=33 kg de K/ha (cloreto de potássio). O nitrogênio foi aplicado em cobertura, em três doses de 50 kg N/ha, aos 25, 61 e 67 dias após a emergência do milho. Fizeram-se duas irrigações durante o cultivo, respectivamente após a primeira e a última aplicação de uréia em cobertura.

As linhas de semeadura do segundo ano foram estabelecidas no mesmo local daquelas do primeiro ano de cultivo. O espaçamento entre linhas foi de um metro, resultando, após o desbaste, numa população aproximada de 50 000 plantas/ha.

Foram efetuadas três amostragens de plantas, aos 35, 59 e 97 dias após a emergência do milho, colhendo-se respectivamente, dez, seis e quatro plantas por subparcela, com o intuito de avaliar a produção de matéria seca e absorção de fósforo e potássio. O rendimento de grãos de milho foi avaliado através da amostragem de 24 m²/subparcela, corrigindo-se a umidade para 13 %. As análises de P e K no tecido foram efetuadas conforme metodologia descrita em TEDESCO et al. (1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes distribuições de raízes, em plantas individuais no período de florescimento do milho, submetidas aos diferentes modos de adubação e métodos de preparo do solo, relatadas por KLEPKER e ANGHINONI (1993), não se refletiram no crescimento da parte aérea da população das plantas nas parcelas (Tabela 1), uma vez que a produção de matéria seca da parte aérea aos 35, 59 e 97 dias não foi afetada por esses tratamentos.

TABELA 1 – Rendimento de matéria seca de milho aos 35, 59 e 97 dias após a emergência, em função de métodos de preparo do solo e modos de aplicação de fósforo e potássio. EEA/UFRGS - segundo ano do ensaio

Dias após emergência	Preparo ⁽¹⁾ do solo	Modo de aplicação de P e K			Média
		Lanço	Faixa	Linha	
				Mg/ha	
35	PC	0,44	0,44	0,47	0,45
	PF	0,35	0,37	0,39	0,37
	SP	0,32	0,37	0,35	0,34
	Média	0,37	0,39	0,40	
59	PC	4,17	3,92	4,30	4,13
	PF	3,65	3,91	3,64	3,74
	SP	3,75	3,41	3,60	3,58
	Média	3,86	3,74	3,85	
97	PC	14,86	14,57	14,60	14,74
	PF	15,32	15,63	13,91	14,95
	SP	15,48	14,13	15,46	15,02
	Média	15,22	14,77	14,66	

- ns (P < 0,05)

- Ausência de letras significa inexistência de diferença estatística

⁽¹⁾- PC - preparo convencional

PF - preparo em faixas

SP - sem preparo do solo

Diferenças no teor de fósforo na parte aérea do milho aos 35 e 59 dias após a emergência para diferentes métodos de preparo do solo (Tabela 2) resultaram de algumas tendências no crescimento do milho (Tabela 1). Um crescimento inicial mais rápido foi observado no preparo convencional; isto pode ser atribuído, em parte, à maior mineralização do nitrogênio neste sistema. Sistemas menos mobilizadores de solo, como cultivo mínimo (preparo em faixa) e plantio direto, tendem a imobilizar nitrogênio na biomassa microbiana do solo, mesmo aquele proveniente da adubação (SALET, 1994). Esta imobilização do nitrogênio pela microbiota do solo tende a ser mais intensa na fase inicial de decomposição dos resíduos e no início da instalação dos sistemas de cultivo que não envolvem o revolvimento do solo. Embora os teores de fósforo no tecido tenham sido menores no preparo convencional (efeito de diluição), o maior crescimento da parte aérea tende a proporcionar uma maior quantidade do nutriente acumulada na

planta (Tabela 3). Aliado a isto, temperaturas mais baixas, principalmente no sistema plantio direto, podem reduzir o crescimento de raízes e de plantas de culturas implantadas no início da época de semeadura (BARBER et al., 1988). Por outro lado, durante o desenvolvimento das plantas, a maior umidade disponível e a menor amplitude térmica, observada em solos submetidos ao sistema plantio direto (BRAGAGNOLO e MIELNICZUK, 1990), tendem a favorecer a cultura.

O crescimento inicial maior no preparo convencional foi compensado nos estágios de crescimento posteriores nos sistemas com menor revolvimento do solo. A adubação nitrogenada em cobertura, aos 25, 61 e 67 dias após a emergência do milho, pode ter proporcionado um crescimento satisfatório em todos os sistemas. Isto resultou em produções de matéria seca semelhantes (Tabela 1) e menor diminuição da concentração de fósforo na parte aérea no preparo convencional em relação aos demais sistemas (Tabela 2).

TABELA 2 – Teor de fósforo no tecido de milho aos 35, 59 e 97 dias após a emergência, em função de métodos de preparo do solo e modos de aplicação de fósforo e potássio. EEA/UFRGS - segundo ano do ensaio

Dias após emergência	Preparo ⁽¹⁾ do solo	Modo de aplicação de P e K			Média
		Lanço	Faixa	Linha	
				%	
35	PC	0,33	0,31	0,31	0,32 b
	PF	0,32	0,34	0,33	0,33 ab
	SP	0,33	0,36	0,34	0,34 a
	Média	0,32	0,34	0,33	
59	PC	0,22	0,21	0,21	0,21 b
	PF	0,21	0,21	0,22	0,21 b
	SP	0,22	0,24	0,22	0,23 a
	Média	0,22	0,22	0,22	
97	PC	0,17	0,15	0,15	0,16
	PF	0,16	0,14	0,14	0,14
	SP	0,16	0,14	0,13	0,14
	Média	0,16 a	0,14 b	0,14 b	

- Valores seguidos por letras iguais, dentro de cada período, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
 - Ausência de letras significa inexistência de diferença estatística

⁽¹⁾ - PC - preparo convencional
 PF - preparo em faixas
 SP - sem preparo do solo

TABELA 3 – Quantidade de fósforo (P) acumulado pelo milho até 35, 59 e 97 dias após a emergência, em função de métodos de preparo do solo e modos de aplicação de fósforo e potássio. EEA/UFRGS - segundo ano do ensaio

Dias após emergência	Preparo ⁽¹⁾ do solo	Modo de aplicação de P e K			Média
		Lanço	Faixa	Linha	
				kg/ha	
35	PC	1,45	1,37	1,44	1,42
	PF	1,10	1,33	1,28	1,21
	SP	1,04	1,26	1,19	1,19
	Média	1,20	1,32	1,31	
59	PC	9,21	8,12	9,12	8,82
	PF	7,84	8,28	7,89	8,00
	SP	8,39	8,27	7,85	8,17
	Média	8,48	8,23	8,29	
97	PC	24,9	22,4	21,8	23,0
	PF	24,5	21,2	19,0	21,6
	SP	24,5	19,3	20,6	21,5
	Média	24,6 a	21,0 b	20,5 b	

- Valores seguidos por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
 - Ausência de letras significa inexistência de diferença estatística

⁽¹⁾ - PC - preparo convencional
 PF - preparo em faixas
 SP - sem preparo do solo

A absorção de fósforo foi afetada pelo modo de adubação (Tabelas 2 e 3). Tanto o teor de P no tecido (Tabela 2) como a quantidade de P acumulada até 97 dias após a emergência do milho (Tabela 3), foram maiores quando da adubação a lanço. Isto pode ser atribuído a uma melhor distribuição do fósforo e das raízes no perfil do solo, conforme observado no presente cultivo (KLEPKER e ANGHINONI, 1993). O suprimento de fósforo a uma porção do sistema radicular apenas, resultante da aplicação do adubo a pequenos volumes do solo, pode levar a uma menor eficiência de absorção e utilização do nutriente pela planta em função da organização do sistema vascular do milho, o qual apresenta rotas específicas entre as raízes e a parte aérea (ROBERTSON et al., 1966; STRYKER et al., 1974).

Vantagens da localização de pequenas doses de fosfato solúvel têm sido relatadas em solos com alta capacidade de retenção de fósforo (FOX e KANG, 1978), e demonstradas, em ensaios de curta duração, em vasos, quer através de resultados experimentais ou pela utilização de modelos mecanísticos de predição da absorção do nutriente (ANGHINONI e BARBER, 1980; ZHANG e BARBER, 1992). No campo, no entanto, quando a cultura do milho é submetida a um período mais longo de crescimento, as vantagens da adubação localizada, observadas em vasos, tendem a diminuir (ANGHINONI, 1992). Estas vantagens podem ainda se inverter, conforme constatado no presente trabalho (Tabelas 2 e 3). No campo, um fator importante para as plantas é a disponibilidade de água, pois a demanda evapotranspirativa do milho é alta. A alta densidade superficial (0-5 cm) de raízes no solo e as adubações

localizadas (KLEPKER e ANGHINONI, 1993), provocam um secamento rápido do solo nesta camada, restringindo o processo difusivo de fósforo no solo em períodos de alta demanda hídrica.

Diferentes localizações de potássio no solo, quer pelos modos de adubação quer pelos métodos de preparo do solo, não resultam, normalmente, em diferenças na sua absorção e no crescimento das plantas (BARBER, 1984). Isto também ocorreu no presente trabalho, tanto na absorção de potássio (Tabelas 4 e 5) como no rendimento de grãos (Tabela 6). A boa disponibilidade original de potássio no solo (132 mg K/kg), a sua grande mobilidade no solo, a sua boa redistribuição na planta e a sua reincorporação ao solo através da lavagem da parte aérea das plantas (KLEPKER e ANGHINONI, 1995) justificam tal comportamento. A única exceção constatada, o maior teor aos 35 dias após a emergência do milho no preparo em faixa, pode ser atribuído, conforme MENGEL e BARBER (1974,a), a uma maior densidade de raízes neste volume de solo nesta fase, aliado a alta taxa de absorção de nutrientes pelas plantas na fase inicial de crescimento (MENGEL e BARBER, 1974,b). Pode ocorrer uma menor absorção de potássio quando da adubação na linha em relação à em faixa, devido à alta pressão osmótica naquela fração de solo (KOLAIAN e OHLROGGE, 1959). Na prática, no entanto, a magnitude destes efeitos ocasionados pela alta concentração de solutos pode ser maior quando a semeadura e a adubação são concomitantes. No presente trabalho, houve um intervalo de 14 dias entre a adubação e a semeadura, período suficiente para que ocorresse a reação do adubo no solo.

TABELA 4 – Teor de potássio (K) no tecido de milho aos 35, 59 e 97 dias após a emergência, em função de métodos de preparo do solo e modos de aplicação de fósforo e potássio. EEA/UFRGS – segundo ano do ensaio

Dias após emergência	Preparo ⁽¹⁾ do solo	Modo de aplicação de P e K			Média
		Lanço	Faixa	Linha	
		%			
35	PC	5,0	5,1	4,7	4,9
	PF	4,5	5,1	4,7	4,8
	SP	4,5	4,9	4,7	4,7
	Média	4,7 b	5,0 a	4,7 b	
59	PC	3,6	4,0	3,9	3,8
	PF	4,2	3,9	4,2	4,1
	SP	4,0	4,0	4,2	4,0
	Média	3,9	3,9	4,1	
97	PC	1,15	1,34	1,18	1,22
	PF	1,35	1,29	1,33	1,32
	SP	1,10	1,37	1,23	1,23
	Média	1,20	1,34	1,25	

- Valores seguidos por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

- Ausência de letras significa inexistência de diferença estatística

⁽¹⁾- PC - preparo convencional
 PF - preparo em faixas
 SP - sem preparo do solo

TABELA 5 – Quantidade de potássio (K) acumulado pelo milho aos 35, 59 e 97 dias após a emergência, em função de métodos de preparo do solo e modos de aplicação de fósforo e potássio. EEA/UFRGS - segundo ano do ensaio

Dias após emergência	Preparo ⁽¹⁾ do solo	Modo de aplicação de P e K			Média
		Lanço	Faixa	Linha	
		kg/ha			
35	PC	22,1	22,1	22,2	22,2
	PF	15,7	18,6	18,6	17,6
	SP	14,3	17,9	16,4	16,2
	Média	17,4	19,5	19,1	
59	PC	151	156	167	158
	PF	155	152	151	153
	SP	148	135	149	144
	Média	151	148	156	
97	PC	168	196	173	179
	PF	206	202	184	197
	SP	172	194	187	184
	Média	182	197	182	

- ns (P < 0,05)

- Ausência de letras significa inexistência de diferença estatística

⁽¹⁾ - PC - preparo convencional

PF - preparo em faixas

SP - sem preparo do solo

O rendimento de grãos de milho não foi afetado pelos métodos de preparo do solo e pelos modos de adubação (Tabela 6). Os altos rendimentos, equivalentes entre os tratamentos, permitem afirmar que os modos de aplicação dos adubos em qualquer dos métodos de preparo do solo estudados suprimiram, de forma adequada,

a demanda nutricional da cultura do milho (Tabelas 2, 4 e 7). Quando a adubação fosfatada foi omitida e o restante dos macronutrientes e a acidez deste solo corrigidos, o rendimento do milho não superou a 3,0 t/ha (ANGHINONI e VOLKWEISS, 1982).

TABELA 6 – Rendimento de grãos de milho, em função de métodos de preparo do solo e modos de aplicação de fósforo e potássio. EEA/UFRGS - segundo ano do ensaio

Preparo do solo	Modo de aplicação de P e K			Média
	Lanço	Faixa	Linha	
	Mg/ha ⁽¹⁾			
Convencional	7,7	7,5	8,0	7,7
Preparo em faixas	7,9	8,4	7,9	8,1
Sem preparo	8,0	7,6	8,0	7,9
Média	7,9	7,8	8,0	

- ns (P < 0,05)

- Ausência de letras significa inexistência de diferença estatística

⁽¹⁾ 13 % de umidade

TABELA 7 – Teor e quantidade de fósforo nos grãos de milho, em função de métodos de preparo do solo e modos de aplicação de fósforo e potássio. EEA/UFRGS - segundo ano do ensaio

Preparo do solo	Modo de aplicação de P e K						Média	
	Lanço		Faixa		Linha			
	% P	kg/ha	% P	kg/ha	% P	kg/ha	% P	kg/ha
Convencional	0,34	26,6	0,32	24,0	0,34	27,2	0,33	25,9
Preparo em faixas	0,37	29,4	0,34	28,8	0,35	28,0	0,35	28,7
Sem preparo	0,36	28,3	0,37	27,8	0,30	24,2	0,34	26,8
Média	0,36	28,1	0,34	26,8	0,33	26,5		

- ns (P < 0,05)

- Ausência de letras significa inexistência de diferença estatística

A baixa capacidade de insolubilização de fósforo deste solo (SOUZA e VOLKWEISS, 1987), aliada a sua baixa fertilidade natural, sugerem que a mistura dos adubos fosfatados solúveis a um grande volume do solo seria mais eficiente do que a aplicação localizada (Tabelas 2 e 3). Com a crescente utilização de métodos de preparo com menor revolvimento do solo, as adubações se limitam a pequenos volumes de solo e, conseqüentemente, a absorção de nutrientes pelas raízes pode ser limitada pela baixa disponibilidade de água, o que tornaria tais sistemas de manejo mais suscetíveis a períodos de deficiência hídrica. Neste contexto, o preparo do solo e a adubação, ambos em faixa, além das vantagens argumentadas acima, proporcionam um melhor ambiente de desenvolvimento inicial das plantas, principalmente quando a semeadura é efetuada em períodos em que a temperatura do solo é baixa.

CONCLUSÕES

1. O método sem preparo do solo proporcionou um maior teor de fósforo no tecido de milho do que os métodos de preparo convencional e em faixas, nos estágios iniciais de crescimento do milho.

2. O modo de aplicação de superfosfato triplo a lanço proporcionou um maior teor e acúmulo de fósforo nas plantas, no estágio final de crescimento do milho, em relação às aplicações em faixa e na linha.

3. Tanto o teor como o acúmulo de potássio nos diferentes estágios de crescimento do milho, foram semelhantes para os diferentes modos de adubação e métodos de preparo do solo.

4. Apesar dos efeitos no teor e acúmulo de fósforo no milho, não foram detectados efeitos dos tratamentos de modos de adubação e de métodos de preparo do solo no crescimento do milho e no rendimento e acúmulo de fósforo nos grãos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ANGHINONI, I. Uso do fósforo pelo milho afetado pela fração do solo fertilizada com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.3, p.349-353, 1992.
- ANGHINONI, I.; BARBER, S.A. Predicting the most efficient phosphorus placement for corn. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.44, p.1016-1020, 1980.
- ANGHINONI, I.; VOLKWEISS, S.J. Utilização de fósforo pelo milho em função da dose e da fração de solo fertilizada com superfosfato triplo. In: RELATÓRIO DO DEPARTAMENTO DE SOLOS DA UFRGS; FINEP, 1981-1983. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1982. v.4, anexo 10.
- BARBER, S.A. *Soil-nutrient bioavailability: a mechanistic approach*. New York: John Wiley, 1984. 398p.
- BARBER, S.A.; MACKAY, A.D.; KUCHENBUCH, R.O.; BARRACLOUGH, P.B. Effects of soil temperature and water on maize root growth. *Plant and Soil*, The Hague, v.111, p.267-269, 1988.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, p.91-98, 1990.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. *Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 3. ed. Passo Fundo, SBCS - Núcleo Regional Sul / EMBRAPA/CNPT, 1995. 223 p.
- ESPIRITO SANTO, F.R.C. DO. *Distribuição de óxidos de ferro em uma catena de solos derivados de granito na região fisiográfica da Depressão Central no Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 1988. 140p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1988.
- FOX, R.L.; KANG, B.T. Influence of phosphorus fertilizer placement and fertilization rate on maize nutrition. *Soil Science*, Baltimore, v.125, n.1, p.34-40, 1978.

- KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Phosphate uptake and corn root distribution as affected by fertilizer placement and soil tillage. *Agronomy (Trends in Agricultural Sciences)*, Trivandrum, v.1, p.111-115, 1993.
- KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.3, p.395-401, 1995.
- KOLAIAN, J.H.; OHLROGGE, A.J. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands: IV. Accumulation of water around the bands. *Agronomy Journal*, Madison, v.51, p.106-108, 1959.
- MENGEL, D.B.; BARBER, S.A. Development and distribution of the corn root system under field conditions. *Agronomy Journal*, Madison, v.66, p.341-344, 1974, a.
- MENGEL, D.B.; BARBER, S.A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. *Agronomy Journal*, Madison, v.66, p.399-402, 1974, b.
- MODEL, N.S.; ANGHINONI, I. Resposta do milho a diferentes modos de aplicação de adubos e técnicas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, p.55-59, 1992.
- ROBERTSON, J.A.; KANG, B.T.; RAMIREZ-PAZ, F.; WERKHOVEN, C.H.E.; OHLROGGE, A.J. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands. VII. P³² uptake by brace roots of maize and its distribution within the leaves. *Agronomy Journal*, Madison, v.58, p.293-296, 1966.
- SALET, R. Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto. Porto Alegre, 1994. 110p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1994.
- SOUZA, D.M.G.; VOLKWEISS, S.J. Reações do superfosfato triplo em grânulos com solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, p.133-140, 1987.
- STRYKER, R.B.; GILLIAM, J.W.; JACKSON, W.A. Nonuniform transport of phosphorus from single roots to the leaves of *Zea mays*. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.30, p.231-239, 1974.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1985. 188p. (Boletim Técnico de Solos, 5)
- ZHANG, J.; BARBER, S.A. Maize root distribution between phosphorus fertilized and unfertilized soil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.56, n.5, p.819-822, 1992.