

Viabilidade agrônômica de modos de aplicação de fontes de cálcio na correção da acidez do solo

Alan Junior Staudt Cassol¹ e Luiz Antônio Zanão Júnior²

Resumo: Devido à falta de informações sobre a aplicação de calcário granulado no solo, o presente trabalho tem por objetivo comparar a eficiência do calcário convencional, com doses de dois calcários granulados, aplicados na linha de semeadura e à lanço, no cultivo do milho. O experimento foi instalado em um solo muito argiloso, sob sistema plantio direto. Foram avaliados seis tratamentos: 1 - calcário convencional (calcítico, PRNT 86,8 %); 2 - calcário granulado 1 (fertilizante mineral misto, 52 % CaO, 4 % SiO); 3 - calcário granulado 2 (fertilizante mineral misto, 48 % CaO, 1,5 % MgO e 2 % Si); sendo os 3 tratamentos aplicados á lanço (4700 kg ha⁻¹) dois meses antes da semeadura; 4 - calcário granulado 1; 5 - calcário granulado 2; ambos aplicados no sulco (300 kg ha⁻¹) no dia da semeadura; 6 – sem aplicação de calcário (testemunha). Foram avaliados a produtividade do milho e através de análise de solo de 0-10 cm, foram avaliados o pH e teores de Ca, Mg, Al e saturação por bases. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. A eficiência do calcário convencional é superior à dos calcários granulados na melhoria dos atributos químicos do solo. Quando aplicados em doses baixas, na linha de semeadura, os calcários granulados não conseguiram elevar o pH, a saturação por bases e o teores de Ca no solo. A produtividade do milho foi maior com a aplicação do calcário convencional.

Palavras-chave: sistema plantio direto; reação do solo; calcário granulado.

Agronomic viability of modes of application of calcium sources in the correction of soil acidity

Abstract: Due to lack of information about granular limestone application on the soil, the objective of this study was compare efficiency of the convencional limestone whith two granular limestone doses applied in row and spread by hand in corn production. The experiment was installed in a very clayey soil, under a no - tillage system. Have been analyzed six treatments: 1 – limestone convencional (calcite, PRNT 86,8 %); 2 – granular limestone 1 (mixed mineral fertilizer, 52 % CaO, 4 % SiO); 3 – granular limestone 2 (mixed mineral fertilizer, 48 % CaO, 1,5 % MgO and 2 % Si); spread by hand (4700 kg ha⁻¹) two month before planting; 4 – granular limestone 1; 5 – granular limestone 2; both in row (300 kg ha⁻¹) applied on the same day of planting; 6 – without limestone (test). Have been analyzed corn production through soil analyzed in the 0-10 cm, have been measured pH, Ca, Mg, Al and base saturation. The data were submitted to analysis of variance and averages compared to Tukey's test at 5% significance. The efficiency of the conventional limestone was better that the granular limestones in the improvement of the chemical attributes of the soil. When applied in low doses in row, the granular limestone failed to raise pH, base saturation and Ca levels of soil. Corn productivit was better with the application of conventional limestone.

Key words: No-tillage system; Soil reaction; Granular limestone.

¹Acadêmico do Curso de Agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz. E-mail alancassol@hotmail.com

² Engenheiro Agrônomo. Doutor em Solos e Nutrição de Plantas (UFV). Professor do Centro Universitário Assis Gurgacz. E-mail: lazan10@hotmail.com

Introdução

O sistema plantio direto (SPD) é uma das mais adequadas tecnologias na agricultura e é definido como um sistema de produção composto por três básicos fundamentos: o não-revolvimento do solo, a cobertura permanente e a rotação de culturas (PECHE FILHO, 2005). Este sistema apresenta diversas vantagens no contexto geral da agricultura, além dos benefícios físicos com a redução dos riscos de erosão. Pode proporcionar aumento no teor de matéria orgânica da camada superficial, aumentando a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo e reduzindo os efeitos fitotóxicos de Al (alumínio) pela sua complexação com substâncias húmicas da matéria orgânica. Além disso, estimula a atividade biológica, reduz o tempo necessário para plantio e reduz custos fixos da lavoura (MEURER, 2007).

De acordo com Anghinoni *et al.* (2007) a forma que o solo é manejado no SPD, provoca alterações em seu perfil em relação a outros métodos de cultivo. Estas alterações estão ligadas à dinâmica da acidez e da disponibilidade dos nutrientes, consequentemente influenciando no manejo de fertilidade do solo. Com a adoção do sistema plantio direto surgiram dúvidas relacionadas com a prática da correção da acidez em camadas mais profundas. Com a aplicação do calcário em superfície e sem a devida incorporação ao solo surgem dúvidas da eficiência de tal correção uma vez que os calcários agrícolas apresentam baixa solubilidade (FLORES *et al.*, 2008).

Para Caires e Joris (2016), a prática de correção do solo com calcário é ainda a mais eficiente para reduzir ou eliminar os efeitos tóxicos de Al, Mn e aumentar a disponibilidade de nutrientes como N, P, Ca, Mg, S e Mo, contribuindo para a eficiência do uso dos fertilizantes. Mas o que implica na eficiência da prática de calagem não é somente a baixa solubilidade dos corretivos ou pelo SPD, e sim, muitas vezes, pela má correção. Frequentemente são utilizadas quantidades insuficientes de calcário para promover uma adequada correção da acidez. Segundo Souza *et al.* (2007) não é somente a quantidade insuficiente que implica na baixa eficiência da correção. O excesso de calagem acaba por ser também um fator limitante, sendo tão prejudicial quanto à própria acidez elevada e muito mais difícil de corrigi-la. O que reforça que deve-se sempre definir a quantidade de calcário a ser aplicada baseando-se na análise do solo.

De acordo com Gonçalves *et al.* (2011) devido a esta baixa solubilidade dos calcários agrícolas, a granulometria desses materiais é também considerada um ponto limitante e fundamental para melhorar os resultados no manejo de correção de acidez do solo. A melhor dissolução e reatividade dependem muito do grau de contato com o solo. Para isso é de suma

importância levar em conta o tamanho das partículas, uma vez que quanto mais fino o corretivo, mais rápido e eficiente será sua reação.

Segundo Caires e Joris (2016), a calagem é um investimento que o produtor sempre busca visando um melhor retorno econômico, trazendo benefícios tanto para o solo quanto em produtividade. Um dos grandes problemas deste sistema de correção é a logística, devido às altas quantidades utilizadas.

Atualmente estão disponíveis no mercado produtos granulados ou peletizados, à base de carbonatos, silicatos ou óxidos de Ca e Mg, associados ou não ao sulfato de cálcio (gesso agrícola), que são registrados como fertilizantes mistos, mas que são utilizados como uma forma alternativa para correção de acidez do solo. São aplicados tanto à lanço quanto no sulco de semeadura, para disponibilizar Ca, Mg ou S, dependendo da composição química do produto. Apresentam preço mais elevado que os calcários tradicionais em pó, devido aos processos industriais de peletização ou granulação. As empresas apresentam estes produtos como sendo mais eficazes nas correções, recomendando doses menores em comparação aos calcários.

Higgins *et al.* (2012) verificaram não haver diferença na velocidade de reação quando comparada a aplicação de calcário convencional e calcário granulado. No entanto, verificaram não serem economicamente viáveis as aplicações anuais de pequenas quantidades em um período de três anos, uma vez que geralmente a aplicação do calcário convencional apresenta um efeito residual de no mínimo três anos.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo comparar a eficiência do calcário convencional, com doses de dois fertilizantes minerais mistos (calcários granulados), aplicados na linha de semeadura e à lanço.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do IAPAR, Unidade de Santa Tereza do Oeste - PR. As coordenadas geográficas do local são 25° 5' 44,61'' S e 53° 35' 33,31'' W, com altitude de 800 m.

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é Cfa, subtropical úmido, com temperaturas médias anuais variando entre 20 e 21 °C e precipitações totais entre 1800 e 2000 mm, bem distribuídos durante o ano e com verões quentes (IAPAR, 2000).

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura muito argilosa, fase floresta subtropical perenifólia e relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006).

Em outubro de 2016 foi realizada a coleta de amostras do solo na profundidade de 0-20

cm da área onde o experimento foi instalado, para quantificar os atributos químicos de solo antes da aplicação dos tratamentos. Os resultados das análises químicas estão apresentados na Tabela 1. A área está sob sistema de plantio direto e a cultura anterior era soja.

Tabela 1. Análise química do solo utilizado na profundidade de 0-20 cm.

Prof cm	pH (CaCl ₂)	C g dm ⁻³	K ----- cmol _c dm ⁻³	Ca	Mg cmol _c dm ⁻³	Al -----	H+Al	V ---%	m ---	P mg dm ⁻³
0-20	4,60	28,05	0,49	4,06	1,88	0,15	8,36	44	2	14

Extrator: P e K (HCl 0,05 mol/L + H₂SO₄ mol L⁻¹); Al, Ca, Mg = (KCl 1 mol L⁻¹)

Foram avaliados seis tratamentos, sendo: 1 - calcário convencional (calcítico, PRNT 86,8 %) aplicado à lanço (4700 kg ha⁻¹); 2 - calcário granulado 1 (fertilizante mineral misto, 52 % CaO, 4 % SiO), aplicado à lanço (4700 kg ha⁻¹); 3 - calcário granulado 2 (fertilizante mineral misto, 48 % de CaO, 1,5 % de MgO e 2 % de Si), aplicado à lanço (4700 kg ha⁻¹); 4 - calcário granulado 1, aplicado no sulco de semeadura, (300 kg ha⁻¹); 5 - calcário granulado 2, aplicado no sulco de semeadura (300 kg ha⁻¹) e 6 - sem aplicação de calcário (testemunha).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída de dez linhas de semeadura com comprimento de 6 m e espaçamento entre linhas de 0,45 m.

A aplicação dos tratamentos à lanço foi realizada manualmente em suas respectivas parcelas (tratamentos 1, 2 e 3), no dia 22 de dezembro de 2016. Após dois meses dessa aplicação foi realizada a implantação do experimento.

No mês de fevereiro de 2017, houve a dessecação da área com herbicida glifosato, na dose de 4,06 L ha⁻¹ e óleo mineral 0,4 % v v⁻¹. A semeadura mecanizada foi realizada no dia 17 de fevereiro de 2017, em sistema de semeadura direta, utilizando o híbrido P30F53VYHR. Foi realizada a aplicação de 300 kg ha⁻¹ dos calcários granulados (tratamentos 4 e 5) nesse dia, antes da aplicação dos fertilizantes. Na adubação do plantio foram aplicados 400 kg ha⁻¹ do formulado 10-15-15, no sulco de semeadura. Quando as plantas apresentavam seis folhas completamente desenvolvidas foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de N utilizando ureia como fonte. O estande de plantas foi de 77.000 plantas ha⁻¹.

Durante o ciclo da cultura, quando necessário, foram realizadas aplicações de defensivos para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas.

No dia 1 de agosto de 2017 (158DAE) realizou-se a colheita manual das parcelas, que foram trilhadas em um batedor acoplado a um trator. Na colheita, a produtividade de grão foi

determinada na área útil de cada parcela, transformados em kg ha^{-1} , para 13 % (base úmida).

Os atributos químicos do solo foram avaliados após a colheita do milho. Onde se realizou coletas de amostras de solo em todas as parcelas experimentais, nas profundidades de 0-10 cm. Para a coleta das amostras de solo utilizou-se um trado holandês. Foram coletadas cinco sub-amostras nas linhas e entrelinhas de cada parcela, para formar uma amostra composta. Foram determinados os teores de pH, Ca, Mg, Al e calculadas a saturação por bases, conforme Pavan *et al.* (1992).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade, com o auxílio do programa Assistat 7.7 beta.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 podemos verificar a eficiência dos fertilizantes contendo altos teores de cálcio ou calcários granulados, comparada com a do calcário convencional em relação aos atributos químicos do solo. São avaliadas a capacidade de elevar o pH e a saturação por bases, neutralização do alumínio e elevação dos teores de Ca e Mg trocáveis do solo.

Verifica-se que a aplicação de calcário calcítico convencional na dosagem de 4700 kg ha^{-1} elevou significativamente o pH do solo, de 4,6 para 5,1, demonstrando maior eficiência quando comparado às demais fontes de Ca. Também foi o mais eficiente na elevação dos teores de Ca e Mg e no aumento da saturação por bases, que atingiu 60 % (Tabela 2).

Os dois calcários granulados aplicados à lanço, na dose de 4700 kg ha^{-1} , mesma dose do calcário convencional, apresentaram resultados semelhantes, porém inferiores ao calcário convencional no aumento do pH do solo, dos teores de Ca e da saturação por bases do solo. Os mesmos apresentaram desempenho semelhante ao do calcário convencional apenas na neutralização do Al tóxico do solo (Tabela 2).

O tratamento que não recebeu aplicação de calcário apresentou baixo valor de pH, menores valores de Ca e menor saturação por bases (36 %) na CTC do solo. A aplicação dos diferentes calcários granulados no sulco de semeadura, na dose de 300 kg ha^{-1} , não foram eficientes em elevar o pH do solo e os teores de Ca e saturação por bases do solo, uma vez que estes atributos químicos alcançados nesses tratamento foram semelhantes ao tratamento testemunha (sem aplicação de calcário) (Tabela 2).

Os teores de Mg no solo foram maiores com a aplicação de calcário convencional calcítico, que possui 4,5 % de MgO e menores nos outros tratamentos, que não diferiram entre si (Tabela 2). O calcário granulado 1 não possui Mg na sua formulação e o calcário granulado 2 possui 1,5 % de MgO, mas não foi suficiente para elevar os teores de Mg do solo, mesmo na

dose de 4700 kg ha⁻¹ aplicada à lanço (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos químicos do solo, na profundidade de 0-10 cm, em função de modos de aplicação de fontes de cálcio na correção da acidez do solo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	Al -----	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg -----	V %
Calcário granulado 1 aplicado à lanço	4,8 b	0,04 c	6,22 b	1,59 b	53 b
Calcário granulado 1 aplicado no sulco	4,6 c	0,20 b	5,24 c	1,67 b	43 c
Calcário granulado 2 aplicado à lanço	4,9 b	0,05 c	5,82 b	1,86 b	52 b
Calcário granulado 2 aplicado no sulco	4,6 c	0,19 b	4,61 c	1,92 b	40 c
Calcário convencional - lanço	5,1 a	0,00 c	6,94 a	2,20 a	60 a
Sem aplicação de calcário - testemunha	4,5 c	0,44 a	4,09 c	1,55 b	36 c
CV%	3,5	12,3	9,5	18,5	10,1

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si a 5 % pelo teste de Tukey.

Segundo Raij *et al.* (1985) a aplicação de calcário gera vários benefícios quando realizada em solos ácidos, com baixos teores de cálcio e magnésio e ou com presença de alumínio tóxico aos vegetais. De acordo com a Tabela 1, o solo em que foi conduzido o experimento, devido às suas características químicas, necessita de calagem, para que seja explorado de maneira eficiente e se obtenha maiores produtividades quando cultivado com culturas exigentes como o milho, que requer uma saturação por bases em torno de 60 %. Para que ocorra uma ideal disponibilidade dos macronutrientes para as plantas, é desejável níveis de pH em CaCl₂ entre 4,9 e 5,5 sendo que valores abaixo ou acima desse intervalo podem interferir significativamente na disponibilidade dos nutrientes e influenciar a produtividade. Conforme a Tabela 1, o pH 4,6 e a saturação por bases na CTC é de 44 %, indicando limitação à obtenção de altas produtividades na área em questão.

O desenvolvimento adequado de culturas como o milho, está diretamente ligado à correção da acidez, que por muitas vezes é feita através da adição ao solo de óxidos ou carbonatos de cálcio e magnésio, conforme Rheinheimer *et al.* (2000). O efeito positivo da calagem em aumentar a produtividade e melhorar a absorção de nutrientes pelo milho foi comprovado por Emani *et al.* (1998), que em três anos de experimento observaram incremento de produtividade e melhoria dos atributos químicos do solo.

A maior produtividade de grãos do milho (7019,7 kg ha⁻¹) foi obtida através do uso do calcário convencional, e a menor foi no tratamento cuja aplicação de corretivo não foi realizada (6198,2 kg ha⁻¹). Os outros tratamentos apresentaram produtividades intermediárias a essas e não diferiram entre si, com média de 6575,03 7 kg ha⁻¹ de grãos de milho (Tabela 3).

Tabela 3. Produtividade do milho segunda safra em função de modos de aplicação de fontes de cálcio na correção da acidez do solo.

Tratamentos	Produtividade de grãos
	----- kg ha ⁻¹ -----
Calcário granulado 1 aplicado à lanço	6684,5 b
Calcário granulado 1 aplicado no sulco	6653,6 b
Calcário granulado 2 aplicado à lanço	6520,2 b
Calcário granulado 2 aplicado no sulco	6441,8 b
Calcário convencional aplicado à lanço	7019,7 a
Sem aplicação de calcário - testemunha	6198,2 c
CV%	3,5

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si a 5 % pelo teste de Tukey.

A produtividade de grãos indica a real eficiência dos corretivos em relação às características do solo, que podem culminar no aumento de eficiência da planta em produzir mais, embora muitos outros fatores também possam interferir nesta variável. A aplicação de calcário convencional proporcionou a maior produtividade de grãos de milho em relação aos demais tratamentos, provavelmente sendo reflexo das melhores características químicas do solo obtidas nesse tratamento. As demais fontes de Ca interferiram significativamente para incremento da produtividade de grãos em relação a testemunha, porém os dois produtos comerciais utilizados em dois tipos de manejo de aplicação não se diferenciaram significativamente entre si.

Conclusão

A eficiência do calcário convencional é superior à dos calcários granulados na melhoria dos atributos químicos do solo.

Quando aplicados em doses baixas, na linha de semeadura, os calcários granulados não conseguiram elevar o pH, a saturação por bases e o teores de Ca no solo.

A produtividade do milho foi maior com a aplicação do calcário convencional.

Referências

ANGHINONI, I. **Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., H.V., BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. NEVES, J.C.L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.873-928.

CAIRES, E.F., JORIS, H.A.W. Uso de corretivos granulados na agricultura. **Informações Agronômicas**, n. 154, 2016. p.17-21.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 2006.

ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L.; OLIVEIRA, L.C. Increase of grain and green matter of corn by liming. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 275-280, 1998.

FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. D. F. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2385-2396, 2008.

GONÇALVES, J. R. P.; MOREIRA, A.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; BOAS, R. L. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 369-375, 2011.

HIGGINS, S.; MORRISON, S.; WATSON, C. J. Effect of annual applications of pelletized dolomitic lime on soil chemical properties and grass productivity. **Soil Use and Management**, v. 28, p. 62-69, 2012.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas Climáticas do Paraná**. Versão 1.0. 2000. CD-ROM.

MEURER, E.J. **Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., H.V., BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. NEVES, J.C.L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.65-90.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M. ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina, IAPAR, 1992. 40p. (Circular, 76).

PECHE FILHO, P. Mecanização do Sistema Plantio Direto. **O Agrônomo**, Campinas, v.57, p.17-18, 2005.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E,J,S.; KAMINSKI, J.; XAVIER, F.M. Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.263-268, 2000.

RAIJ, B.V.; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, A.P.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELINAZZI Jr., R.; DECHEN, A.R. & TRANI, P.E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas : Instituto Agrônomo, 1985. 107p.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. **Acidez do solo e sua correção**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.205-274.