

USO DE CAL HIDRATADA AGRÍCOLA EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS DE PRODUÇÃO DE MILHO NO NOROESTE PAULISTA

BORGES, Wander Luis Barbosa¹; **HIPÓLITO**, Jorge Luiz²; **SOUZA**, Isabela Malaquias Dalto de³; **ANDREOTTI**, Marcelo⁴; **GOMES**, Edvaldo Novelli⁵; **STRADA**, Wilson Luiz⁵

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.2994

RESUMO: Há pouca informação sobre a utilização da cal hidratada agrícola em sistemas sustentáveis de produção agropecuária, principalmente no cultivo de milho em sistema de semeadura direta e agropastoril. O presente trabalho foi realizado com o objetivo avaliar o efeito do uso de cal hidratada agrícola sobre a cultura do milho cultivado nos sistemas de semeadura direta e agropastoril na região Noroeste Paulista. Os parâmetros avaliados na cultura do milho foram: altura de inserção da primeira espiga, altura de plantas, estande final ha⁻¹, número de espigas ha⁻¹, porcentagem de espigas mal formadas, massa de cem grãos e produtividade de grãos ha⁻¹. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os dados foram submetidos ao teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). Constatou-se a aplicação de cal hidratada agrícola em superfície dois dias antecedendo a semeadura do milho não influenciou sua produtividade de grãos sob os sistemas de semeadura direta e agropastoril no Noroeste Paulista

Palavras-chave: *Zea mays* L. Sistema de semeadura direta. Sistema agropastoril.

AGRICULTURAL HYDRATED LIME USE IN SUSTAINABLE MAIZE PRODUCTION SYSTEMS IN THE NORTHWEST REGION OF SÃO PAULO STATE, BRAZIL

SUMMARY: There is little information on the use of agricultural hydrated lime in sustainable agricultural production systems, mainly in the cultivation of maize in no-tillage and agropastoral systems. The present work was carried out with the objective of evaluating the effect of hydrated agricultural lime application on maize cultivation in no-tillage and agropastoral systems, in the Northwest region of São Paulo State, Brazil. The parameters evaluated in the maize crop were: height of insertion of the first cob, height of plants, final stand ha⁻¹, number of cobs ha⁻¹, percentage of cobs malformed, mass of one hundred grains and grain productivity ha⁻¹. The experimental design was a randomized block design with four replicates. The data were submitted to the F test and the means were compared by the Tukey test (p <0.05). It was verified that the application of hydrated agricultural lime on the surface two days prior to corn sowing did not influence the maize grain yield under no-tillage and agropastoral systems in the Northwest region of São Paulo State

Keywords: *Zea mays* L. No-tillage. Agropastoral system.

INTRODUÇÃO

A cal virgem é obtida, industrialmente, pela calcinação ou queima completa da rocha calcária, em fornos adequados, a altas temperaturas. Neste processo são formados os óxidos, de cálcio (CaO) e de magnésio (MgO), e quando estes reagem com a água são produzidos os respectivos hidróxidos (PROCAFÉ, 2018).

¹ Pesquisador Científico, Dr. - IAC - CAP de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, Votuporanga, SP;

² Assistente Agropecuário - CATI - DSMM/NPS, Araçatuba, SP;

³ Doutoranda, MSc. - UNESP - Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, SP;

⁴ Professor Adjunto, Dr. - UNESP - Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, SP.

⁵ Técnico de apoio - IAC - CAP de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, Votuporanga, SP.

A cal tem um efeito benéfico no solo de neutralizar os ácidos prejudiciais e aumentar a humificação da matéria orgânica, tornando o solo mais fértil. Tanto o carbonato de cálcio como a cal virgem são usados como intensificadores da qualidade do solo (EULA, 2018).

A cal hidratada agrícola ou cal extinta é obtida industrialmente pela hidratação da cal virgem (PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2004). Seus constituintes são o hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 e o hidróxido de magnésio Mg(OH)_2 e se apresenta na forma de pó fino (ALCARDE, 2005). Como se emprega, normalmente, 20% de água na hidratação, os teores de CaO e MgO decrescem nessa mesma proporção, em relação à cal virgem, assim os teores de CaO e MgO nesse produto se situam em cerca de 48% e 24%, respectivamente (PROCAFÉ, 2018).

O carbonato de cálcio, a cal virgem e a cal hidratada podem ser usados para ajustar o pH dos solos e proporcionar melhores condições de crescimento radicular e, assim, melhorar o rendimento das culturas (EULA, 2018).

Há pouca informação sobre a utilização da cal hidratada agrícola em sistemas sustentáveis de produção agropecuária, principalmente no cultivo de milho em sistema de semeadura direta e agropastoril, portanto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de cal hidratada agrícola sobre a cultura do milho cultivado nos sistemas de semeadura direta e agropastoril na região Noroeste Paulista.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi instalado no mês de maio de 2009 no Centro Avançado de Pesquisa de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, do Instituto Agrônomo (IAC), da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA/SAA, localizado no município de Votuporanga-SP, (20°20'S, 49°58'W e 510m de altitude), em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico (EMBRAPA, 2013).

O clima é o tropical com invernos secos (Aw na classificação de Köppen) com temperatura média anual de 24 °C, tendo a média das máximas de 31,2 °C e a média das mínimas de 17,4 °C, enquanto que a precipitação pluvial média anual é de 1328,6 mm.

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados com quatro repetições, utilizando-se quatro tratamentos: T1 - aplicação de cal hidratada agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 70% da capacidade de troca de cátions (CTC) na camada de 0-0,20 m; T2 - aplicação de cal hidratada agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 52,5% da CTC na camada de 0-0,20 m; T3 - aplicação de cal hidratada agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 35% da CTC na camada de 0-0,20 m; T4 - tratamento padrão (sem aplicação de cal hidratada agrícola).

Foram utilizados dois sistemas sustentáveis de produção de milho: semeadura direta (SSD) e agropastoril (SAP). Cada parcela foi composta por quatro linhas de milho (espaçamento de 0,80 m) e 5 m de comprimento, totalizando 16 m².

A caracterização química (RAIJ et al., 2001), física (DANIELSON et al., 1986), granulométrica (DAY, 1965) e estrutural (KEMPER; CHEPIL, 1965), nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, e as culturas e quantidade de nutrientes utilizadas, durante o estudo, estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3 do artigo “Calagem e gessagem em sistemas sustentáveis de produção de milho no Noroeste Paulista”, apresentado nesta edição especial da Revista Nucleus, sendo os dois experimentos desenvolvidos no mesmo local e no mesmo período.

Foi realizada nova coleta de solo no dia 30/10/2017 para análise química de solo e determinação da sua fertilidade (RAIJ et al., 2001), nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, e os resultados estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Valores referentes à análise de amostra de solo, em diferentes sistemas de produção, na camada de 0-0,20 m, 2017.

Sistemas de produção	P mg dm ⁻³	S-SO ₄ g dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH	K -----mmolc dm ⁻³ -----	Ca	Mg	H+Al -----	Al	V %
SSD ⁽¹⁾	34	3	15	4,3	2,8	10	6	31	4	38
SAP ⁽²⁾	22	4	13	4,5	2,1	7	7	25	2	39

⁽¹⁾ Sistema de semeadura direta; ⁽²⁾ Sistema agropastoril.

Tabela 2. Valores referentes à análise de amostra de solo, em diferentes sistemas de produção, na camada de 0,20-0,40 m, 2017.

Sistemas de produção	P mg dm ⁻³	S-SO ₄ g dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH	K -----mmolc dm ⁻³ -----	Ca	Mg	H+Al -----	Al	V %
SSD ⁽¹⁾	9	4	13	4,1	2,7	8	4	28	5	34
SAP ⁽²⁾	15	5	11	4,1	2,5	5	4	28	6	29

⁽¹⁾ Sistema de semeadura direta; ⁽²⁾ Sistema agropastoril.

No dia 03/11/2017 realizou-se uma amostragem de quantidade de palhada presente na área. Foram retiradas duas amostras de 0,5 x 0,5 m por parcela, as quais foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa de ventilação forçada, regulada a 65-70°C por 72 horas. A quantidade de matéria seca presente na área foi de 7920 e 7070 kg ha⁻¹ para os sistemas de semeadura direta e agropastoril, respectivamente.

Foi realizada uma dessecação pré-plantio no dia 07/11/2017, utilizando-se glifosato 720 g kg⁻¹, na dose de 2,0 kg ha⁻¹ do produto comercial (p.c.) + carfentrazona-etílica 400 g kg⁻¹ na dose de 0,05 kg ha⁻¹ do p.c. + óleo mineral, na dose de 1 L ha⁻¹ do p.c.

A cal hidratada agrícola foi aplicada manualmente sobre a superfície do solo, no dia 22/11/2017.

A semeadura do milho foi realizada mecanicamente no sistema de semeadura direta sobre a palhada da *Crotalaria juncea* no dia 24/11/2017, utilizando a cultivar Dow AgroSciences 2B587 PowerCore™ no espaçamento de 0,8 m e população de 72500 plantas ha⁻¹, com adubação de base na dose de 315 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16.

As sementes foram tratadas industrialmente com fludioxonil 25 g L⁻¹ + metalaxil - m 20 g L⁻¹ + tiabendazol 150 g L⁻¹, na dose de 0,15 L do p.c. 100 kg de semente⁻¹.

Após a semeadura, foi realizada uma dessecação pós-plantio no dia 24/11/2017, utilizando-se paraquat 200 g L⁻¹, na dose de 2,0 L ha⁻¹ do p.c. + adjuvante, na dosagem de 0,06 L ha⁻¹ do p.c.

No dia 11/12/2018 foi realizada a primeira adubação de cobertura, utilizando-se o adubo formulado 20-00-20, na dose de 270 kg ha⁻¹ e, a aplicação do herbicida pós-emergente atrazina 500 g L⁻¹, na dose de 3,0 L ha⁻¹ do p.c. + óleo mineral, na dose de 1 L ha⁻¹ do p.c.

A semeadura da *U. brizantha* cv. Marandu foi realizada dia 14/12/2017, utilizando-se 10 kg ha⁻¹ de sementes da forrageira, com valor cultural de 50%, misturada com o adubo super fosfato simples, na dose de 60 kg ha⁻¹, sendo semeadas duas linhas na entrelinha da cultura do milho.

No dia 18/12/2017 foi realizada a segunda adubação de cobertura, utilizando-se sulfato de amônio, da dose de 250 kg ha⁻¹.

Os parâmetros avaliados na cultura do milho foram a altura de inserção da primeira espiga, altura de plantas, estande final ha⁻¹, número de espigas ha⁻¹, porcentagem de espigas malformadas, massa de cem

grãos e produtividade de grãos.

As avaliações foram realizadas no momento da colheita da cultura do milho, realizada no dia 27/03/2018. A massa de cem grãos e a produtividade de grãos foi obtida padronizando-se a umidade dos grãos para 13% (base úmida).

A amostragem da altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas foi realizada em cinco plantas de cada parcela, e a amostragem do estande final ha^{-1} , massa de cem grãos e produtividade de grãos foi realizada em 3 m das duas linhas centrais de cada parcela.

As espigas foram debulhadas em debulhadora mecânica. Após a debulha os grãos foram pesados e mensurada sua umidade para o cálculo da produtividade de grãos. Em seguida separou-se cem grãos para cálculo da massa de cem grãos.

Os dados foram submetidos ao teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), com o uso do programa computacional Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2016).

Os dados mensais de evapotranspiração potencial, precipitação pluvial e temperatura média e, o balanço hídrico semanal de Votuporanga, SP, no período de 27/11/2017 a 01/04/2018, encontram-se na Figura 1 e Tabela 6 do artigo “Sistemas sustentáveis de produção de milho no Noroeste Paulista”, apresentado nesta edição especial da Revista Nucleus, sendo os dois experimentos desenvolvidos no mesmo local e no mesmo período.

RESULTADO E DISCUSSÃO

As características agrônômicas da cultura do milho em sistema de semeadura direta estão demonstradas na Tabela 3. Constata-se que os tratamentos diferiram entre si ($p < 0,05$) somente em relação à altura de plantas, sendo que o tratamento 2 (aplicação de cal hidratada agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupasse 52,5% da CTC na camada de 0-0,20 m) apresentou menor altura de plantas.

O déficit hídrico no período de 15/01/2018 a 25/02/2018 proporcionou alta incidência de espigas malformadas, o que refletiu na baixa produtividade de grãos. De acordo com Santana, Landau e Sans (2018), por ocasião da floração, temperaturas médias superiores a 26°C aceleram o desenvolvimento dessa fase, e inferiores a $15,5^{\circ}\text{C}$ retardam e, cada grau acima da temperatura média de $21,1^{\circ}\text{C}$, nos primeiros sessenta dias após a semeadura, pode acelerar o florescimento em dois a três dias, e temperaturas noturnas superiores 24°C , proporcionam um aumento da respiração, ocasionando uma diminuição da taxa de redistribuição de fotoassimilados e conseqüente redução da produtividade.

Tabela 3. Características agrônômicas da cultura do milho em sistema de semeadura direta, Votuporanga, SP, 2018.

Tratamentos	Altura de inserção ⁽⁶⁾ (m)	Altura de plantas	Estande final ha^{-1}
T1 ⁽¹⁾	1,01 ^(ns)	2,00 a ⁽⁷⁾	68750
T2 ⁽²⁾	0,96	1,84 b	67708
T3 ⁽³⁾	1,00	2,00 a	67188
Padrão	1,05	2,04 a	67188
DMS ⁽⁴⁾	0,10	0,14	9706,44
CV ⁽⁵⁾ (%)	4,50	3,31	6,49

⁽¹⁾ T1: 70% da CTC (0-0,20 m); T2: 52,5% da CTC (0-0,20 m); T3: 35% da CTC (0-0,20 m); ⁽⁴⁾ DMS: Diferença mínima significativa; ⁽⁵⁾ CV: Coeficiente de variação; ⁽⁶⁾ Altura de inserção: altura de inserção da primeira espiga; ^(ns): não-significativo; ⁽⁷⁾ significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Características agronômicas da cultura do milho em sistema de semeadura direta, Votuporanga, SP, 2018.

Tratamentos	Número de espigas ha ⁻¹	Porcentagem de espigas ⁽⁶⁾	Massa de cem	Produtividade de
			grãos	grãos
			(g)	(kg ha ⁻¹)
T1 ⁽¹⁾	64063 ^(ns)	26,44	32,78	6416
T2 ⁽²⁾	51389	41,97	32,77	4172
T3 ⁽³⁾	64063	25,73	34,54	6754
Padrão	61458	10,41	34,66	7410
DMS ⁽⁴⁾	14533	32,66	6,34	3604,15
CV ⁽⁵⁾ (%)	10,92	56,55	8,52	26,35

⁽¹⁾ T1: 70% da CTC (0-0,20 m); T2: 52,5% da CTC (0-0,20 m); T3: 35% da CTC (0-0,20 m); ⁽⁴⁾ DMS: Diferença mínima significativa; ⁽⁵⁾ CV: Coeficiente de variação; ⁽⁶⁾ Porcentagem de espigas: porcentagem de espigas malformadas; ^(ns): não-significativo.

As características agronômicas da cultura do milho em sistema agropastoril estão demonstradas na Tabela 4. Consta-se que os tratamentos não diferiram entre si ($p < 0,05$) em relação às características agronômicas avaliadas.

Tabela 4. Características agronômicas da cultura do milho em sistema agropastoril, Votuporanga, SP, 2018.

Tratamentos	Altura de inserção ⁽⁶⁾	Altura de plantas	Estande final ha ⁻¹
	(m)		
T1 ⁽¹⁾	0,97 ^(ns)	1,98	69271
T2 ⁽²⁾	1,00	1,96	65104
T3 ⁽³⁾	1,04	1,98	66667
Padrão	0,98	1,94	71354
DMS ⁽⁴⁾	0,16	0,38	6431,66
CV ⁽⁵⁾ (%)	7,38	8,83	4,27

⁽¹⁾ T1: 70% da CTC (0-0,20 m); T2: 52,5% da CTC (0-0,20 m); T3: 35% da CTC (0-0,20 m); ⁽⁴⁾ DMS: Diferença mínima significativa; ⁽⁵⁾ CV: Coeficiente de variação; ⁽⁶⁾ Altura de inserção: altura de inserção da primeira espiga; ^(ns): não-significativo; ⁽⁷⁾ significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Características agronômicas da cultura do milho em sistema agropastoril, Votuporanga, SP, 2018.

Tratamentos	Número de espigas ha ⁻¹	Porcentagem de espigas ⁽⁶⁾	Massa de cem	Produtividade de
			grãos	grãos
			(g)	(kg ha ⁻¹)
T1 ⁽¹⁾	65104 ^(ns)	12,94	34,05	7886
T2 ⁽²⁾	59896	19,10	32,93	6693
T3 ⁽³⁾	64063	8,95	34,36	8313
Padrão	65104	10,13	35,06	8362
DMS ⁽⁴⁾	8335,68	16,31	4,54	3225,27
CV ⁽⁵⁾ (%)	5,94	57,75	6,02	18,68

⁽¹⁾ T1: 70% da CTC (0-0,20 m); T2: 52,5% da CTC (0-0,20 m); T3: 35% da CTC (0-0,20 m); ⁽⁴⁾ DMS: Diferença mínima significativa; ⁽⁵⁾ CV: Coeficiente de variação; ⁽⁶⁾ Porcentagem de espigas: porcentagem de espigas malformadas; ^(ns): não-significativo.

Enfatiza-se que, neste experimento, o efeito da cal hidratada agrícola não foi observado provavelmente por não ter havido tempo suficiente para a cal reagir no solo, uma vez que a aplicação da cal ocorreu somente dois dias antes da semeadura do milho.

CONCLUSÃO

A aplicação de cal hidratada agrícola em superfície quatorze dias antecedendo a semeadura do milho não influenciou sua produtividade de grãos sob os sistemas de semeadura direta e agropastoril no Noroeste Paulista.

AGRADECIMENTOS

A todos os funcionários do Centro Avançado de Pesquisa de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, do Instituto Agrônomo - IAC, pelo apoio na instalação e condução do experimento.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos:** características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA, 2005. 24 p. (Boletim Técnico, 6). Disponível em:

http://www.anda.org.br/multimidia/boletim_06.pdf

DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 1. Physical and mineralogical methods. SSSA Book Ser. 5.1. Madison: Soil Science Society of America, 1986. p. 443-461.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLAKE, C. A. et al. (Eds.). **Methods of soil analysis:** physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 545-567. (Part 1)

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.

EULA - EUROPEAN LIME ASSOCIATION AISBL-. **Lime applications:** agriculture, forestry and fish farming. 2018. Disponível em: <https://www.eula.eu/agriculture-forestry-and-fish-farming>

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates: In: BLAKE, C.A. et al. . (Eds.). **Methods of soil analysis:** physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison: American Society of Agronomy; 1965. p. 499-510. (Part I)

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O. **Características de corretivos agrícolas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 28 p. (Documentos, 37). Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61985/1/Doc37ACP2004.pdf>

PROCAFÉ. **Cal virgem e cal hidratada agrícola:** corretivos ideais para cafezais adultos. 2018.

Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/cafe/211141-procafe-cal-virgem-e-cal-hidratada-agricola-corretivos-ideais-para-cafezais-adultos.html#.Wvwq1YgvxPY>

RAIJ, B. van. et al. . (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Agrônomo; 2001.

SANTANA, D. P.; LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. Clima e solo. In: **Cultivo do milho**. Sistemas de Produção, 1. Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em:

https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3821&p_r_p_-996514994_topicoId=3718

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

Disponível em: <http://www.academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/5E8596460818>

