

Cloreto

Nº 11

EDIÇÃO EM PORTUGUÊS

O cloreto (Cl) é comumente encontrado na natureza. Desde os mares e solos e até no ar, ele está em toda parte. É um ânion monovalente e tem uma única carga negativa. As plantas absorvem o elemento cloro (Cl) nessa forma aniônica. Em condições normais, o Cl é um gás instável amarelo-esverdeado. Diferentemente do Cl⁻, o Cl livre raramente ocorre na natureza.

O Cl foi reconhecido como um nutriente de planta em meados da década de 1950. Entretanto, seu valor como fertilizante suplementar não foi compreendido até a década de 1970, quando trabalhos no noroeste dos Estados Unidos e em outros locais mostraram que algumas culturas podem, de fato, responder a aplicações de fertilizantes contendo Cl. Desde aquela época, vários estudos já foram conduzidos para investigar a resposta da cultura à adição de Cl e determinar as melhores práticas de manejo para a adubação com ele.

Cloreto nas plantas

O Cl cumpre funções muito importantes nas plantas, como:

- Fotossíntese e ativação enzimática – algumas das enzimas ativadas por Cl estão envolvidas na utilização do amido, que afeta a germinação e a transferência de energia.
- Transporte de outros nutrientes – o Cl auxilia no transporte de nutrientes como potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺), pois age como um contra-íon para manter o equilíbrio elétrico.
- Movimento da água nas células – o Cl auxilia tanto o movimento quanto a retenção da água nas células, desta forma impactando a hidratação e o turgor.
- Atividade estomática – tanto o K quanto o Cl estão envolvidos no movimento das células-guarda, que controlam a abertura e o fechamento dos estômatos.
- Desenvolvimento acelerado da planta – para a produção de cereais, a aplicação da quantidade adequada de Cl resultará em formação de espigas e emergência mais precoces do que quando há deficiência deste ânion. Em trigo de inverno, foi observado adiantamento de 5 a 7 dias na maturação dos grãos.
- Redução do acamamento – fortalece os caules, auxiliando na redução do acamamento no final da safra.

Entre os impactos mais notáveis do Cl está seu papel na redução dos efeitos de inúmeras doenças de plantas, que pode estar relacionado com sua função na regulação osmótica. Em trigo, verificou-se que o Cl inibe mal-do-pé, mancha-amarela-da-folha, ferrugem estriada, ferrugem da folha e septoriose, enquanto em milho e sorgo granífero, inibe podridão do colmo.

Cloreto nos solos

Quase todo o Cl do solo está na solução do solo. O Cl, assim como o nitrato (NO₃⁻), é móvel nos solos e se move livremente com a água do solo. Assim, sob certas condições, pode ser prontamente lixiviado da zona radicular. Há várias fontes potenciais de Cl nos sistemas de produção das culturas, incluindo chuvas, aerossóis marinhos, emissões vulcânicas, água de irrigação e fertilizantes. Algumas águas de irrigação contêm quantidades substanciais de Cl, geralmente suficientes para satisfazer ou exceder as necessidades da cultura. A deposição atmosférica pode ser particularmente alta em áreas costeiras. Entretanto, regiões longe da costa, como o Cerrado da região central do Brasil, têm deposição atmosférica de Cl muito mais baixa, tornando maior a probabilidade de resposta a fertilizantes contendo este ânion. Em áreas onde há histórico de aplicação de fertilizantes contendo Cl (como muriato de potássio, também conhecido como MOP ou cloreto de potássio - KCl) não é provável que este seja limitante para as culturas.

Adubação com cloreto

Existem vários fertilizantes que são fontes de Cl, mas o mais comum e prontamente disponível é o cloreto de potássio (KCl) (**Tabela 1**). Todas as fontes têm desempenho semelhante, não havendo uma que seja superior quando se considera apenas o Cl. Como o Cl é solúvel e se move prontamente com a água do solo, o local de sua aplicação no solo não é tão importante quanto

Tabela 1. Fertilizantes contendo cloreto.

Fertilizante	Fórmula química	Cl (%)
Cloreto de potássio	KCl	47
Cloreto de magnésio	MgCl ₂	74 (seco); 22 (líquido)
Cloreto de amônio	NH ₄ Cl	66
Cloreto de cálcio	CaCl ₂	65



INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

AV. INDEPENDÊNCIA, 350, SALA 142, BAIRRO ALTO, 13419-160
PIRACICABA, SP, BRASIL
TELEFONE: (19) 3433-3254 | WEBSITE: <http://brasil.ipni.net>
TWITTER: @IPNIBRASIL; FACEBOOK: <https://www.facebook.com/IPNIBrasil>



FOTO IPNI/LAMOND.

À esquerda, **deficiência de cloreto** observada como mancha fisiológica nas folhas de trigo de inverno. À direita, plantas de trigo que receberam aplicação de fertilizante contendo Cl.

Fonte: Mengel e outros (2009, p. 20, tradução nossa).

para os nutrientes imóveis, como o fósforo (P). O Cl⁻ aplicado na superfície do solo se move para a zona radicular com as chuvas.

Sintomas de deficiência de cloreto

Os sintomas de deficiência de Cl⁻ foram observados e caracterizados em várias culturas e podem variar, mas os dois mais comuns são clorose em folhas mais jovens e marcha generalizada. Também podem ocorrer necrose de algumas partes da planta, bronzeamento das folhas, redução do crescimento de raízes e folhas e aumento da suscetibilidade a várias doenças como resultado da deficiência de Cl⁻.

No início da década de 1990, a síndrome da mancha fisiológica da folha foi primeiramente observada em certas variedades de trigo de inverno em Montana (Estados Unidos). Esses sintomas são similares em aparência aos de mancha-amarela-da-folha e septoriose, mas não estão associados com patógenos. Algumas pesquisas mostraram que essas manchas são resultado da deficiência de Cl⁻.

Resposta das culturas a cloreto

Várias pesquisas sobre a nutrição de culturas com Cl⁻ foram conduzidas nas Grandes Planícies nos Estados Unidos, a maioria delas com trigo de inverno, mas algumas com outras culturas também. Na **Tabela 2**, são mostradas a produtividade de grãos e as concentrações de Cl⁻ em tecidos em múltiplos locais e anos para trigo de inverno de sequeiro, milho e sorgo graminífero que receberam Cl⁻.

Em uma meta-análise sobre resposta de trigo de inverno à aplicação de Cl⁻, com dados coletados de 1990 a 2006 em 53 localidades no Kansas (Estados Unidos), concluiu-se que a aplicação de fertilizante contendo Cl⁻ gerou aumento médio de produtividade de aproximadamente 8%, e que a aplicação de doses maiores do que cerca de 22,4 kg/ha Cl⁻ raramente resultaria em aumentos adicionais de produtividade (RUIZ DIAZ et al., 2012).

Algumas circunstâncias que favorecem as respostas a fertilizantes contendo Cl⁻ são baixos níveis no solo e/ou nos tecidos das plantas, altos níveis foliares e/ou pressão de doença fúngica nas raízes, cultivar responsiva e locais onde a adubação com KCl é mínima em áreas não costeiras.

Sensibilidade a cloreto

As plantas que crescem em solos afetados por sal ou irrigados com água contendo alto teor de Cl⁻ podem ser negativamente impactadas por adubação com Cl⁻ adicional. Danos às folhas também podem ocorrer como resultado de excesso de Cl⁻ depositado na folhagem durante a irrigação. Deve-se proceder a cuidadoso manejo de fertilizantes e água para controlar o Cl⁻ nessas situações. Algumas

culturas são sabidamente sensíveis a teores elevados de Cl⁻ (tabaco, batata, vários frutos e hortaliças, algumas árvores e algumas variedades de soja), embora esta sensibilidade varie dependendo das condições em que crescem.



WINETITLES.COM



CDFA.CA.GOV



SALINITYMANAGEMENT.ORG



CORNELLEDU

Algumas plantas são sensíveis a altas concentrações de Cl⁻. Os sintomas de excesso de Cl⁻ geralmente aparecem primeiramente nas pontas e bordas de folhas mais velhas (no sentido horário, começando no alto à esquerda: uva, amêndoa, nozes e morango).

Referências

MENDEL, D.; LAMOND, R.; MARTIN, V.; DUNCAN, S.; WHITNEY, D.; GORDON, B. Chloride fertilization and soil testing – update for major crops in Kansas. *Better Crops with Plant Food*, Atlanta, v. 93, no. 4, p. 20–22, 2009. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/4BCE19F34D5F7FC38525798006F35AC/\\$FILE/Better%20Crops%202009-4%20p20.pdf](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/4BCE19F34D5F7FC38525798006F35AC/$FILE/Better%20Crops%202009-4%20p20.pdf)>. Acesso em: 28 set. 2016.

RUIZ DIAZ, D. A.; MENGEL, D. B.; LAMOND, R. E.; DUNCAN, S. R.; WHITNEY, D. A.; MAXWELL, T. M. Meta-analysis of winter wheat response to chloride fertilization in Kansas. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 43, no. 18, p. 2437–2447, 2012. doi: 10.1080/00103624.2012.708077

Leitura adicional

ENGEL, R.E.; FIXEN, P.E. Suppression of physiological leaf spot in winter wheat by chloride fertilization. *Better Crops with Plant Food*, Atlanta, v. 78, no. 3, p. 20–22, 1994. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/250C4693BFEF768D85257D31005ED255/\\$FILE/BC-1994-3%20p20.pdf](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/250C4693BFEF768D85257D31005ED255/$FILE/BC-1994-3%20p20.pdf)>. Acesso em: 28 set. 2016.

HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON, W.L.; BEATON, J. D. *Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management*. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2005.

LAMOND, R. E.; LEIKAM, D. F. *Chloride in Kansas: plant, soil and fertilizer considerations*. Manhattan: Kansas State University Agriculture Experiment Station and Extension Service, 2002. (Bulletin MF-2570).

Tabela 2. Produtividade e teor foliar em função da aplicação de Cl⁻ em trigo, milho e sorgo graminífero em Kansas (Estados Unidos).

Cultura	Produtividade de grãos (kg/ha)			Cl ⁻ nas folhas (%)		Experimentos (nº)
	Controle	Com aplicação de 22,4 kg/ha Cl ⁻	Ganho em relação ao controle	Controle	Com aplicação de 22,4 kg/ha Cl ⁻	
Trigo de inverno	54,2	58,8	4,6	0,33	0,48	34
Milho	117,0	122,0	5,0	0,19	0,30	11
Sorgo graminífero	110,4	121,3	10,9	0,11	0,27	20

Os tecidos das plantas foram coletados no estádio de enchimento de grãos para o trigo e o sorgo graminífero e no pendoamento para o milho. Ref. #11 #17022
Fonte: Baseada em Mengel e outros (2009, p. 21, tradução nossa).