

RELAÇÕES ENTRE REGULADORES DE CRESCIMENTO, NUTRIÇÃO MINERAL, POTENCIAL OSMÓTICO E INCIDÊNCIA DA PODRIDÃO ESTILAR EM TOMATEIROS¹

PAULO R.C. CASTRO²

RESUMO. - Foram estudados em condições de casa de vegetação, os efeitos da aplicação de cloreto de (2-cloroetil) trimetilamônio (CCC), ácido succínico-2, 2-dimetilhidrazida (SADH), ácido giberélico (GA) e ácido indolacético (IAA) em tomateiros no estágio de 4 folhas, na ocorrência da podridão estilar provocada por sulfato de amônio. Plantas tratadas com GA 100 ppm apresentaram alta incidência da anomalia fisiológica, sendo que as aplicações da SADH 4000 ppm, CCC 2000 ppm e IAA 100 ppm reduziram a ocorrência de podridão estilar dos frutos. Plantas com frutos apresentando a anomalia mostraram teores mais baixos de cálcio nos frutos e folhas.

Termos para indexação: sulfato de amônio, teores de cálcio, equilíbrio hídrico, crescimento.

INTRODUÇÃO

Tem sido observado que aplicações de nitrogênio na forma amoniacal durante a frutificação do tomateiro promovem uma diminuição dos teores de cálcio nos tecidos da planta até níveis de deficiência. Esta condição, usualmente, causa podridão estilar nos frutos de tomateiro (WILCOX et al. 1973). Sulfato de amônio promove a ocorrência da podridão estilar por provocar acidificação do solo, rápida lavagem do cálcio remanescente e redução na absorção deste elemento. O estímulo no crescimento pelo sulfato de amônio causa o aparecimento de uma região de carreamento preferencial de cálcio, reduzindo sua disponibilidade aos frutos (SHEAR 1975).

Tomateiros tratados com cloreto de (2-cloroetil) trimetilamônio (CCC) apresentaram menor crescimento, e transpiração reduzida, levando a uma redução na ocorrência de rachadura dos frutos. Aplicações de ácido 3-indolacético (IAA), áci-

do giberélico (GA) e ácido (2-cloroetil) fosfônico (CEPA) 200 ppm promoveram aumento nos teores de nitrogênio e cálcio nas hastes do tomateiro. Níveis mais elevados de nitrogênio foram determinados nas hastes de plantas tratadas com SADH e 6-furfurilaminopurina (FAP) 500 ppm.

Plantas tratadas com GA e SADH mostraram potencial osmótico foliar mais baixo (negativo) com relação ao controle, sob condições de estresse hídrico no solo.

Tomateiros tratados com CCC apresentaram níveis mais elevados de nitrogênio, cálcio e magnésio nas hastes. A aplicação de ácido naftalenacético também causou diminuição na incidência de rachadura dos frutos em cultivares suscetíveis a esta anomalia fisiológica (BATAL et al. 1972). Aplicações de CCC nas concentrações de 2000 e 5000 ppm promoveram uma redução na ocorrência de podridão estilar (CASTRO 1973).

Plantas tratadas com CCC mostraram teores mais elevados de N, P, Ca e Mg e níveis inferiores de K em relação ao controle; sendo que o SADH promoveu redução no teor de Ca mas não afetou o nível de Mg no tomateiro (KNAVEL 1969). Teores mais elevados de P foram encontrados na região inferior de tomateiros tratados com CCC (CASTRO 1976). Plantas tratadas com GA não apresentaram alterações na absorção e mobilização de Ca e S em relação ao controle; sendo que considerou-se porém a possibilidade de GA diminuir a absorção e translocação dos nutrientes (CHEN 1964).

¹ Aceito para publicação em 21 de junho de 1978.

Resumo apresentado no "Annual Meeting of the American Society of Plant Physiologists", Madison, Wisconsin, 16 a 20 de agosto, 1977.

² Professor Assistente Doutor do Departamento de Botânica da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Cx. Postal 9, 13.400, Piracicaba, São Paulo.

LUTTGE et al (1968) notaram que o tratamento de plântulas de ervilha com GA afetou as taxas de absorção de K pelas raízes e o transporte desse elemento para as hastes. Tratamento de tomateiros com IAA não produziu qualquer efeito apreciável na translocação de Ca marcado isotopicamente (TAYLOR et al. 1961).

Observou-se que a perda de água pelas folhas de plantas tratadas com CCC foi apreciavelmente reduzida, sendo que a força de retenção hídrica mostrou-se 2 atm mais alta. Após cessar a irrigação notou-se que plantas anteriormente tratadas com CCC apresentaram alto conteúdo de água nas folhas e baixo déficit de saturação; sendo que o potencial osmótico do fluido celular apresentou-se elevado (KHARAMYAN 1967). Verificou-se redução na transpiração de tomateiro promovida pela aplicação de SADH e CCC (CASTRO & BALLESTERO 1977). Notou-se que a aplicação de GA estimula a taxa transpiratória das plantas (LIVNE & VAADIA 1965). Observou-se ainda que o IAA na dosagem de 3 mM pode induzir o fechamento estomático (JOHANSEN 1954).

O objetivo do presente trabalho foi de verificar os efeitos de reguladores de crescimento na nutrição mineral e potencial osmótico foliar do tomateiro e estabelecer suas relações com a incidência de podridão estilar nos frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados com plantas envasadas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.), em condições de estufa.

Para estudo da incidência de podridão estilar, aplicaram-se, na forma de pulverização, CCC 2000 ppm, SADH 4000 ppm, GA 100 ppm e IAA 100 ppm, além do tratamento-controle. Nesta ocasião, as plantas de tomateiro apresentavam 4 folhas definitivas. Sulfato de amônio foi aplicado em cobertura, na dosagem de 2 g/l de solo, 7 vezes, em intervalos semanais. Por ocasião da colheita dos frutos, determinou-se a porcentagem de incidência da podridão estilar. Verificou-se o teor de Ca nos frutos normais e nos que apresentavam a anomalia fisiológica, sendo que as folhas de plantas normais

e das que mostravam a anomalia nos frutos foram, também, analisadas.

No estudo da nutrição mineral, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 7 tratamentos e 4 repetições, sendo a comparação das médias realizada pelo teste Tukey, calculando-se a diferença mínima significativa ao nível de 5% de probabilidade. Aplicaram-se CCC 2000 ppm, SADH 4000 ppm, GA 100 ppm, IAA 100 ppm, ácido (2-cloroetil) fosfônico (CEPA) 200 ppm e 6-furfurilaminopurina (FAP) na concentração de 500 ppm. A pulverização das plantas foi efetuada até que as folhas estivessem completamente molhadas. Os tomateiros coletados foram divididos em folhas e hastes para secagem a 70°C até peso constante. Posteriormente encaminharam-se as amostras para análise química, após moagem e peneiramento em moinho de malha 20. O nitrogênio foi determinado pelo método semi-micro KJELDAHL descrito em MALAVOLTA (1957), e o fósforo, pelo método colorimétrico do vanado-molibdato de amônio (LOTT et al. 1956).

O potássio, o cálcio e o magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (PERKIN & ELMER 1966) e o enxofre foi dosado por gravimetria (CHAPMAN & PRATT (1961).

Na determinação do potencial osmótico foliar, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 5 repetições, sendo a comparação das médias realizada pelo teste Tukey, calculando-se a diferença mínima significativamente ao nível de 5% de probabilidade. Aplicaram-se CCC 2000 ppm, SADH 3000 ppm e GA 100 ppm, além do tratamento controle. O potencial osmótico foliar do tomateiro foi determinado em osmômetro "Osmette", no período de 4 dias, com intervalos de 24 horas. As amostras, coletadas ao meio dia, constaram de 4 folhas retiradas ao acaso, em cada uma das plantas, nas 5 repetições. As folhas foram imersas em nitrogênio líquido por 2 minutos, antes da prensagem, por 13 segundos, a 10.000 atm. para obtenção do extrato foliar. A primeira amostragem de folhas foi coletada com o solo em condições de capacidade de campo, sendo as demais obtidas com teores gradativamente mais reduzidos de água disponível no solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se uma variação na porcentagem de frutos de tomateiro apresentando podridão estilar sob aplicação de sulfato de amônio. A incidência de podridão estilar mostrou-se da ordem de 10,0% no controle, 2,6% nas plantas tratadas com CCC (Fig.1) 1,0% com SADH, 20,7% com GA e finalmente 4,2% com IAA. Isto revela que tratamentos com SADH, CCC e IAA promoveram menor incidência de podridão estilar em relação aos tratamentos GA e controle. Aplicação de GA aumentou a incidência da anomalia fisiológica em relação ao controle.

MAYNARD et al. (1957) verificaram que a concentração de Ca em frutos com podridão estilar era de 0,04%, sendo de 0,06% em frutos normais. DECHEN et al. (1973) observaram níveis de 0,15 a 0,24% de Ca em frutos normais de tomateiro. No presente ensaio encontramos valores intermediários, pois frutos com podridão estilar continham 0,06% de Ca e frutos sadios apresentavam 0,10% do elemento. Segundo DECHEN et al. (1973) a cultivar 'Kada' encontra-se bem suprida de Ca quando a primeira folha apresentar de 3,11 a 3,25% do elemento. Verificamos que folhas de plantas sadias mostraram 3,18% de Ca sendo que

folhas de plantas que apresentavam frutos com podridão estilar continham 3,08% do elemento, mostrando-se de acordo com os limites estabelecidos pelo autor citado.

Tratamento com CCC causou um aumento nos teores de N, Ca e Mg nas hastes do tomateiro; sendo que aplicação de SADH promoveu aumento no nível de N nas hastes em relação ao controle (Fig. 2). KNAVEL (1969) também verificou que plantas tratadas com CCC continham mais N, Ca e Mg do que as controle. Tomateiros tratados com SADH apresentaram teores mais elevados de N, P e K em relação ao controle (KNAVEL 1969), CASTRO (1976) observou que tomateiros pulverizados com CCC apresentaram, teores mais altos de P na parte inferior da planta.

Tratamento com GA não alterou a concentração de macronutrientes na haste do tomateiro. Plantas tratadas com CEPA apresentaram níveis mais altos de N e Ca em relação ao controle (Fig. 2). WIENEKE et al. (1971) observaram que o GA reduziu a absorção de cálcio-45. LINCK & SUDIA (1960) notaram que plantas tratadas com GA absorveram mais fósforo-32 do que as controle. LUTTGE et al. (1968) verificaram que o GA afeta a absorção e translocação de potássio.

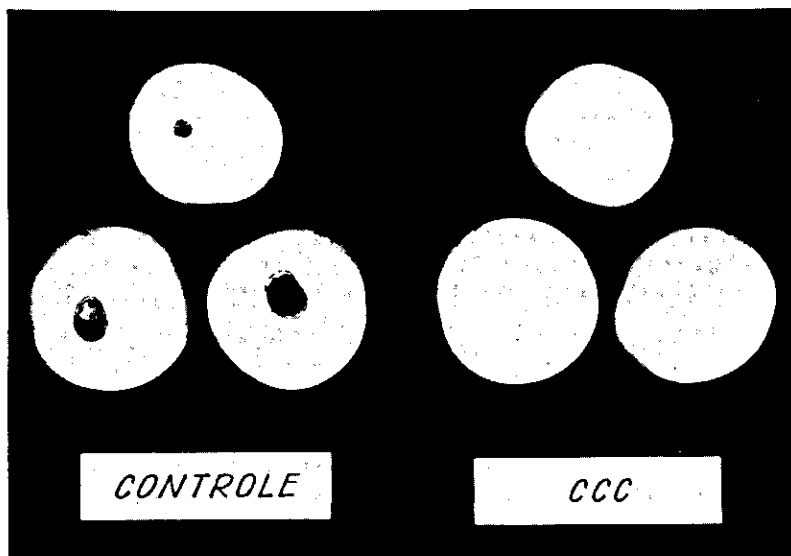


FIG. 1. Frutos de tomateiro controle apresentando incidência de podridão estilar e frutos sadios de plantas tratadas com retardador de crescimento (CCC).

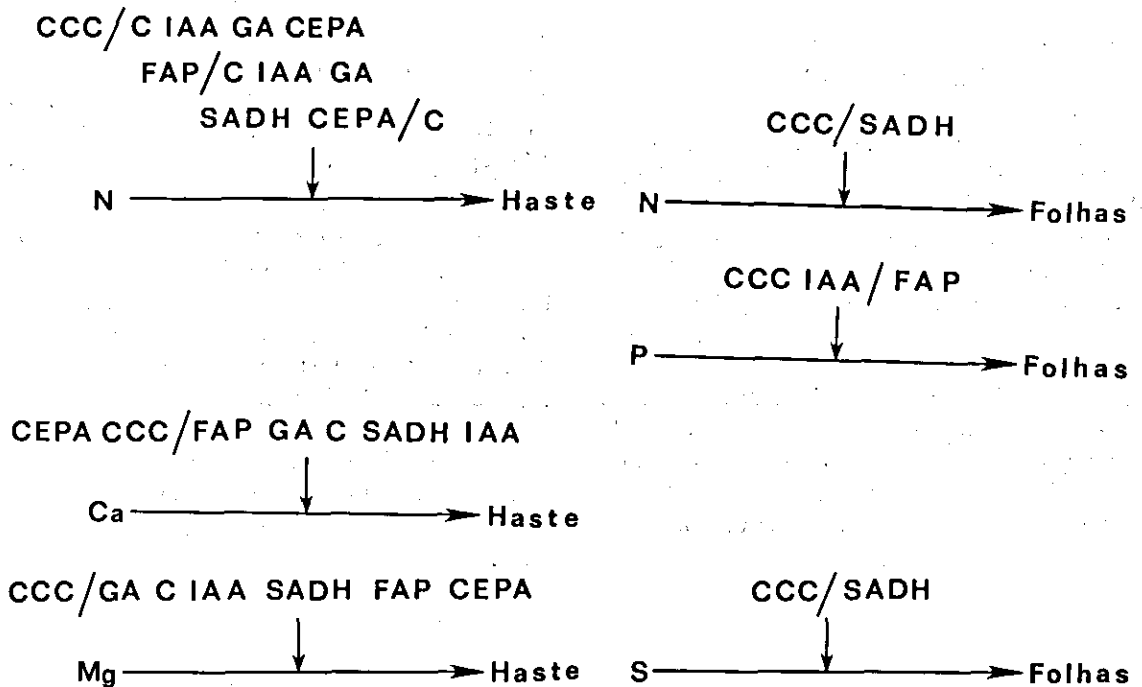


FIG. 2. Esquema mostrando a translocação de N, Ca e Mg para as hastes de tomateiro e de N, P e S para as folhas; sendo que a apresentação dos reguladores de crescimento mostra a significância estatística dos colocados à esquerda da barra em relação aos da direita.

Plantas tratadas com IAA não apresentaram alterações nos níveis de macronutrientes na haste. Tomateiros pulverizados com FAP mostraram um aumento no teor de N na haste (Fig. 2). TAYLOR et al. (1961) não observaram efeito evidente do IAA na translocação de cálcio-45.

Os reguladores de crescimento aplicados não alteraram os níveis de macronutrientes nas folhas de tomateiro em relação ao controle (Fig. 2).

Tomateiros tratados com CCC, SADH e GA não apresentaram diferenças significativas no potencial

osmótico foliar em relação ao controle sob condições de água disponível no solo. Sob estresse hídrico, plantas tratadas com GA e SADH mostraram potencial osmótico foliar mais baixo (negativo) em relação ao controle e tomateiros tratados com CCC (Tabela 1). CASTRO (1976) observou um aumento no potencial osmótico foliar de tomateiros tratados com IAA sob condições de déficit hídrico no solo. LIVNE & VAADIA (1965) verificaram que o GA estimulou a taxa transpiratória. O aumento na transpiração pode causar incremento no

TABELA 1. Médias do potencial osmótico foliar do tomateiro, em atm, de amostras coletadas ao meio dia durante o período de 4 dias (resultados de cinco repetições).

Tratamento	1º	2º	3º	4º
Controle	-7.65a ^c	-8.17a	-8.18a	-8.28a
CCC 2000 ppm	-7.56a	-7.99a	-8.23a	-8.33a
SADH 3000 ppm	-7.62a	-8.52a	-8.64ab	-9.67b
GA 100 ppm	-7.93a	-8.98a	-9.62b	-9.69b

^c Comparação de médias nas colunas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

teor relativo de carboidratos no vegetal. LEE et al. (1974) notaram que o SADH pode promover aumentos na concentração de sacarose em plantas. Estes fatos podem levar à redução no potencial osmótico foliar observada em tomateiro. TAL & IMBER (1971) verificaram que auxinas, como IAA, podem aumentar a resistência da folha e diminuir a resistência das raízes do fluxo hídrico. Isto aumenta a turgescência vegetal e o potencial osmótico.

Verificou-se que a remoção das folhas de maieira reduziu a incidência de uma anomalia relacionada com deficiência de cálcio nos frutos (FAUST & SHEAR 1972). Isso pode sugerir que a remoção das folhas, reduzindo a transpiração, pode aumentar o movimento de Ca aos frutos; pois GERARD & HIPP (1968) notaram que alta transpiração reduz, e baixa transpiração aumenta, a translocação de Ca para os frutos do tomateiro. Mostrou-se que redução na umidade do solo aumenta a concentração de Ca nas folhas e reduz nos frutos (GOODE & IHGRAM 1971). Pode-se considerar que a baixa umidade no solo impede a absorção ativa que promove uma tendência de movimento de Ca aos frutos; pois PALZKILL et al. (1976) observaram que o acúmulo de cálcio-45 nas folhas internas de couve aumentou mais de oito vezes quando as folhas externas estavam sob condições de baixa transpiração e alta absorção ativa, comparativamente com condições que maximizavam a transpiração e reduziam a absorção ativa.

Estes fatos poderiam explicar a alta incidência de podridão estilar em condições tropicais e a comum ocorrência de anomalia quando, após um período de chuvas, sobrevém um período de sol. Durante as chuvas teríamos transpiração reduzida ou

ausente, alta umidade no solo, absorção ativa e translocação de cálcio para frutos. Ao sol teríamos alta transpiração, redução da água disponível no solo, absorção passiva e deficiência de cálcio nos frutos.

A maior incidência de podridão estilar em frutos de tomateiros tratados com GA deve-se ao maior crescimento e menor potencial osmótico foliar (Tabela 1), cálcio e água no sistema vascular, maior transpiração foliar (LIVNE & VAADIA 1965) e menor conteúdo de cálcio nos frutos. Plantas tratadas com CCC apresentaram menor incidência de podridão estilar devido a alta absorção de cálcio (Fig. 2), menor crescimento, a presença de alto potencial osmótico foliar (Tabela 1), cálcio e água no sistema vascular, baixa transpiração foliar (CASTRO & BALLESTERO 1977) e alto conteúdo de cálcio nos frutos.

Tratamento com SADH reduziu a incidência de podridão estilar porque reduziu o crescimento do tomateiro, apesar do fato de reduzir o potencial osmótico foliar (Tabela 1). Além disso o SADH diminuiu a transpiração foliar (CASTRO & BALLESTERO 1977) e aumentou o teor de cálcio nos frutos. Aplicação de IAA reduziu a incidência de podridão estilar porque manteve um alto potencial osmótico foliar (CASTRO 1976), apesar do fato de aumentar o crescimento. O IAA também reduziu a transpiração foliar (JOHANSEN 1954) e aumentou o conteúdo de cálcio nos frutos.

CONCLUSÕES

Do exposto nas condições em que foram realizados os experimentos, pode-se concluir que:

1. Tratamento com GA aumenta a incidência de

podridão estilar em frutos de tomateiro, sendo que SADH, CCC e IAA reduzem a ocorrência de anomalia fisiológica.

2. Tomateiros com podridão estilar apresentam teores mais baixos de cálcio nos frutos e nas folhas

3. Aplicação de CCC aumenta os níveis de nitrogênio, cálcio e magnésio nas hastes de tomateiros. Níveis mais altos de nitrogênio e cálcio são encontrados nas hastes de plantas tratadas com CEPA; sendo que teores mais elevados de nitrogênio e cálcio são determinados nas hastes de tomateiros pulverizados com SADH ou FAP.

4. Tomateiros tratados com GA ou SADH mostram potencial osmótico foliar mais baixo em relação ao controle, sob condições de estresse hídrico no solo.

REFERÊNCIAS

- BATAL, K.M.; WEIGLE, J.L. & LERSTEN, N.R. Exogenous growth-regulator effect on tomato fruit cracking and pericarp morphology. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 97:529-31, 1972.
- CASTRO, P.R.C. Efeito de CCC na podridão estilar de tomateiro do grupo Santa Cruz, *Ci. e Cult.*, 25:319, 1973. Suplemento.
- _____. Efeitos de reguladores de crescimento em tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Piracicaba, Universidade de São Paulo, 1976. 148 p. Tese.
- _____. BALLESTERO, S.D. Efeitos de reguladores de crescimento na transpiração do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. 'Miguel Pereira'). *R. Agric.*, 52:147-52, 1977.
- CHAPMAN, H.D. & PRATT, P.F. *Methods of analysis for soils, plants and waters*. California, Div. Agr. Sci., 1961.
- CHEN, C.C. The absorption and mobility of root and foliar applied calcium, sulfur, zinc and iron by tomato seedlings as influenced by gibberellin treatments. *Bot. Bull. Acad. Sinica.*, (5):17-25, 1964.
- DECHEN, A.R.; OLIVEIRA, G.D. & HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças. XXIII. Influência do cálcio no desenvolvimento do tomateiro, variedade Santa Cruz, linhagem Kada e Samano. *An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz.*, 30:305-15, 1973.
- FAUST, M. & SHEAR, C.B. The effect of calcium on respiration of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 97:437-39, 1972.
- GERARD, C.J. & HIPP, B.W. Blossom-end rot of 'Chico' and 'Chico Grande' tomatoes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, (93):521-31, 1968.
- GOODE, J.E. & INGRAM, J. The effect of irrigation on the growth, cropping and nutrition of Cox's orange pippin apple trees. *J. Hort. Sci.*, 46:195-208, 1971.
- JOHANSEN, S. Effect of indole-acetic acid on stomata and photosynthesis. *Physiol. Plant.*, 7:531, 1954.
- KHARANYAN, N.N. Effect of 2-chloroethyltrimethylammonium chlorid (CCC) on some characteristics of the water conditions in plants. *Fiziologiya Rastenii.*, 14:548-51, 1967.
- KNAVEL, D.E. Influence of growth retardants on growth, nutrient content and yield of tomato plants grown at various fertility levels. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 94:32-5, 1969.
- LEE, K.C.; CAMPBELL, R.W. & PAULSEN, G.M. Effects of drought stress and succinic acid-2, 2-dimethylhydrazide treatment on water relations and photosynthesis in pea seedlings. *Crop Science*, 14:279-82, 1974.
- LINCK, A.J. & SUDIA, T.W. The effect of gibberellic acid on the absorption and translocation of phosphorus-32 by bean plants. *Amer. J. Bot.*, 47:101-5, 1960.
- LIVNE, A. & VAADIA, Y. Stimulation of transpiration rate in barley by kinetin and gibberellic acid. *Physiol. Plant.*, 18:658-64, 1965.
- LOTT, W.L.; NERY, J.P.; GALO, J.R. & MEDCALF, J.C. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. *Bol. Inst. Agr., Campinas*, 79, 1956.
- LUTTGE, U.; BAUER, K. & KOHLER, D. Frünwirkungen von Gibberellinsäure auf Membrantransporte in jungen Erbsenpflanzen. *Biochim. Biophys. Acta.*, 150:452-9, 1968.
- MALAVOLTA, E. *Práticas de química orgânica e biológica*. Piracicaba, ESALQ, 1957.
- MAYNARD, D.N.; BARHAM, W.S. & MCCOMBS, C.L. The effect of calcium nutrition of tomatoes as related to the incidence and severity of blossom-end-rot. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 69:318-22, 1957.
- PALZKILL, D.A.; TIBBITTS, T.W. & WILLIAMS, P.H. Enhancement of calcium transport to inner leaves of cabbage for prevention of tripburn. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 101:645-8, 1976.
- PERKIN & ELMER. *Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry*. Connecticut, The Perkin & Elmer Corp., 1960.
- TAL, M. & IMBER, D. Abnormal stomatal behavior and hormonal imbalance in Flacca, a wilted mutant of tomato. III. Hormonal effects on the water status in the plant. *Plant Physiol.*, 47:849-50, 1971.
- TAYLOR, G.A.; MOORE, J.N. & DRINKWATER, W.O. Influence of 2,3,5-triiodobenzoic acid, indole-3-acetic acid and method of sample collection on translocation of foliar applied radiocalcium. *Plant Physiol.*, 36:360, 1961.
- WIENEKE, J.; BIDDULPH, O. & WOODBRIDGE, C.G.

Influence of growth regulating substances on absorption of calcium in pea and bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 96:721-4, 1971.

WILCOX, G.E.; HOFF, J.E. & JONES, C.M. Ammonium

reduction of calcium and magnesium content of tomato and sweet corn leaf tissue and influence on incidence of blossom-end-rot of tomato fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 98:86-9, 1973.

ABSTRACT.- RELATIONSHIPS BETWEEN GROWTH REGULATORS, MINERAL NUTRITION, OSMOTIC POTENTIAL AND INCIDENCE OF BLOSSOM-END ROT IN TOMATOES.

Growth regulators were applied to tomato plants and their effects on mineral nutrition, osmotic potential, and incidence of blossom-end rot (BER) were studied. Gibberellic (GA) promoted high incidence of BER in tomato fruits when a high level of ammonium sulphate was used. Under the same conditions, treatment with succinic acid-2, 2-dimethylhydrazide (SADH), indole-3-acetic acid (IAA), or (2-chloroethyl) trimethylammonium chloride (CCC) caused lower incidence of BER. Higher levels of nitrogen, calcium, and magnesium occurred in the stems of plants sprayed with CCC. Treatments with 6-furfurylamino purine (FAP), SADH and (2-chloroethyl) phosphonic acid (CEPA) presented and increase in nitrogen level in the stem. CEPA also increased calcium content in stems. These growth regulators did not alter the levels of macronutrients in leaves of tomatoes in relation to control. Plants treated with GA and SADH had a lower (more negative) leaf osmotic potential under water deficit in the soil.

Index terms: ammonium sulphate, calcium levels, water status, growth.