

Efeito de doses de potássio na severidade da murcha-de-curtobacterium em cultivares de feijoeiro comum

Gustavo de Faria Theodoro¹, Antonio Carlos Maringoni^{2,3}

¹Epagri/Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar, CP 791, 89801-970, Chapecó, SC; ²Faculdade de Ciências Agrônômicas, Unesp, Departamento de Produção Vegetal, Setor de Defesa Fitossanitária, CP 237, 18603-970, Botucatu, SP.; ³Bolsista CNPq.

Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas/Unesp (2004).

Autor para correspondência: Gustavo de Faria Theodoro. <theodoro@epagri.rct-sc.br>

Data de chegada: 02/10/2004. Aceito para publicação em 26/04/2005.

1125

ABSTRACT

Theodoro, G.F.; Maringoni, A.C. Effect of potassium levels in the severity of bacterial wilt in common bean cultivars. *Summa Phytopathologica*, v.32, n. 2, p.139-146, 2006.

The objective of this work was to evaluate the effect of potassium (K) levels in the bacterial wilt severity in three bean cultivars (IAC Carioca Pyatã, IPR 88 - Uirapuru and SCS 202 - Guarã), under greenhouse conditions. The treatments were 135.0, 112.5, 90.0, 67.5 and 45.0 kg.ha⁻¹ of K₂O, using potassium chloride. The evaluations were performed at 5, 10, 15, 20 and 25 days after the inoculation and it was

estimated the area under the bacterial wilt progress curve (AUBWPC). Neither the AUBWPC nor the K content in the aerial part of the IAC Carioca Pyatã and IPR 88 - Uirapuru cultivars were affected by the K₂O levels. As K₂O levels increased, the dry mass weight also increased, but only in the non-inoculated plants of the SCS 202 - Guarã cultivar.

Additional keywords: *Phaseolus vulgaris*, *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, mineral nutrition, potassium chloride, bacteria.

RESUMO

Theodoro, G.F.; Maringoni, A.C. Efeito de doses de potássio na severidade da murcha-de-curtobacterium em cultivares de feijoeiro comum. *Summa Phytopathologica*, v.32, n. 2, p.139-146, 2006.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de potássio (K) na severidade da murcha-de-curtobacterium em três cultivares de feijoeiro (IAC Carioca Pyatã, IPR 88 - Uirapuru e SCS 202 - Guarã), em condições de casa-de-vegetação. Os tratamentos foram 135,0; 112,5; 90,0; 67,5 e 45,0 kg.ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio. As avaliações ocorreram aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após a inoculação e foi

estimada a área abaixo da curva de progresso da murcha-de-curtobacterium (AACPMC). Não foi verificada influência das doses de K₂O na AACPMC e na quantidade de K na parte aérea de plantas das cultivares IAC Carioca Pyatã e IPR 88 - Uirapuru. Conforme o aumento das doses de K₂O, somente houve incremento na massa da matéria seca das plantas não inoculadas da cultivar SCS 202 - Guarã.

Palavras-chave adicionais: *Phaseolus vulgaris*, *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, nutrição mineral, cloreto de potássio, bactéria.

Atualmente, a murcha-de-curtobacterium, causada por *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (Hedges) Collins & Jones, é encontrada em alguns estados brasileiros causando danos em lavouras de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). A pouca disponibilidade de métodos eficientes para o controle da murcha-de-curtobacterium restringe o seu manejo ao uso de sementes sadias, variedades resistentes e rotação de cultura. Todavia, em determinadas regiões do Brasil, como no Estado de Santa Catarina, não existem cultivares comerciais recomendadas com resistência à murcha-de-curtobacterium (24).

Conforme Marschner (12), a resistência de plantas a determinados patógenos engloba reações controladas geneticamente e são influenciadas por fatores ambientais. Desta forma, o estado nutricional das plantas é considerado como um destes fatores e pode ser manipulado visando a otimização do controle de doenças. Todos os nutrientes minerais essenciais são importantes em relação à incidência ou severidade de doenças de plantas.

Segundo Malavolta & Crocomo (9), o potássio (K) participa diretamente ou indiretamente de diversos processos bioquímicos

cos envolvidos com o metabolismo de carboidratos, como a fotossíntese e a respiração, atuando como ativador de um grande número de enzimas encontradas na célula vegetal. Além disso, acredita-se que o K esteja envolvido em mecanismos de abertura e fechamento estomatal e que, ao apresentarem deficiência deste nutriente, os vegetais passam a absorver mais ativamente nitrogênio (N), magnésio (Mg) e cálcio (Ca), com acúmulo de compostos nitrogenados livres. Huber & Army (6) relataram que o K possui grande relação com a redução da ocorrência e da severidade de doenças em plantas, agindo na redução do potencial de inóculo e elevando o acúmulo de fitoalexinas e fenóis ao redor dos sítios de infecção. Existem diversos trabalhos que confirmam esta observação (3, 7, 14, 20), mas são escassas as informações que demonstram a interação entre doses de fertilizantes potássicos e a severidade de doenças de etiologia bacteriana que incorrem no feijoeiro.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de potássio na severidade da murcha-de-curtobacterium, no acúmulo de matéria seca e na concentração de nitrogênio, fósforo (P), potássio, cálcio e magnésio na parte aérea de três cultivares de feijoeiro comum.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram empregadas as cultivares IAC Carioca Pyatã, resistente à murcha-de-curtobacterium, a IPR 88 – Uirapuru, suscetível à murcha-de-curtobacterium e a SCS 202-Guará, suscetível e com algum nível de resistência horizontal à *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (24). Conduziram-se três ensaios simultâneos para cada cultivar, em sacos plásticos de propagação de mudas frutíferas com oito litros de solo e em condições de casa-de-vegetação. No primeiro, retirou-se a parte aérea das plantas aos 10 dias após a semeadura (DAS), que foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, e aferido o peso da matéria seca. Posteriormente, foram coletadas amostras compostas por 15 plantas de feijoeiro, distribuídas em cinco vasos, e enviadas para ser realizada análise química. No segundo ensaio, as plantas foram picadas no epicótilo aos 10 DAS, por meio de uma alça reta embebida com água destilada esterilizada, representando o tratamento testemunha e conduzidas por mais 25 dias. Neste momento, realizou-se a avaliação da severidade da murcha-de-curtobacterium e a parte aérea das plantas foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, pesada e destinada para análise química. Já no terceiro ensaio, as plantas foram inoculadas com o isolado FJ 36, de *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, aos DAS, por meio de duas picadas no epicótilo com uma alça reta previamente umedecida em colônias bacterianas, cultivadas por 96h a 28°C, em placa de Petri contendo meio de cultura nutriente-sacarose-ágar ou N.S.A. (extrato de carne – 3,0 g, peptona – 5,0 g, ágar – 15,0 g, sacarose – 5,0 g, água destilada q.s.p. – 1000 mL), conforme a metodologia empregada por Maringoni (13). A avaliação dos sintomas ocorreu aos 5, 10, 15, 20 e 25 DAI, empregando-se a escala descritiva adaptada por Maringoni (13). As reações de resistência e de suscetibilidade foram consideradas para notas médias de severidade até 2,0 e superiores a 2,1, respectivamente. A partir dos valores de severidade obtidos, foi estimada a área abaixo da curva de progresso da murcha-de-curtobacterium em cada genótipo, de acordo com a fórmula: $AACPMC = \sum \{[(Y_1 + Y_2) / 2] * \Delta t\}$, onde Y_1 e Y_2 corresponderam aos valores de severida-

de para avaliações sucessivas dentro do mesmo bloco e Δt , o intervalo de tempo entre elas. Assim como no segundo ensaio, após 25 DAI, as plantas foram secadas, pesadas e encaminhadas para análise química.

O solo foi obtido de barranco, em área não cultivada, com as seguintes características: argila (%) = 62; pH (água 1:1) = 5,5; índice SMP = 6,4; P (mg.L⁻¹) = 2,2; K (mg.L⁻¹) = 31; M.O. (%) = 0,9; Al (cmolc.L⁻¹) = 0,0; Ca (cmolc.L⁻¹) = 2,1 e Mg (cmolc.L⁻¹) = 1,3. A análise textural mostrou a presença de 62,4% de argila, 34,2% de silte e 3% de areia fina. A calagem e as adubações empregadas neste trabalho foram realizadas a partir das recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (4). A adubação básica foi utilizada no momento anterior à distribuição do solo nos sacos plásticos, empregando-se o proporcional a 75 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo. Toda a quantidade de N foi aplicado em cobertura no momento das adubações com K₂O, empregando-se 100 kg de N.ha⁻¹ na forma de uréia, metade aos 10 DAS e o restante aos 17 DAS. Os tratamentos foram: + 50% da dose recomendada de K₂O (135,0 kg.ha⁻¹); + 25% da dose recomendada de K₂O (112,5 kg.ha⁻¹); dose recomendada de K₂O (90,0 kg.ha⁻¹); - 25% da dose recomendada de K₂O (67,5 kg.ha⁻¹) e - 50% da dose recomendada de K₂O (45,0 kg.ha⁻¹), na forma de cloreto de potássio e aplicados na superfície do solo. Embora Rosolem (17) tenha afirmado que não tem sido observada influência da disponibilidade de água na resposta do feijoeiro à adubação com K, procurou-se manter o teor de umidade no solo próximo a capacidade de campo durante toda a condução do ensaio, por meio de irrigações periódicas. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso com cinco repetições, sendo que cada parcela foi representada por um vaso contendo três plantas de feijoeiro.

As sementes, pré-germinadas, foram transplantadas para os sacos plásticos, com o solo corrigido e adubado. Os tratamentos com adubação potássica foram parcelados e aplicados em duas vezes, aos 10 e aos 17 DAS, diretamente na superfície do solo úmido, seguido de rega.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, à análise de regressão polinomial. As análises químicas da parte aérea foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Tedesco et al. (23), porém, modificada (24).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado que, aos 10 DAS, não houve diferença significativa na massa seca da parte aérea das plântulas das cultivares IPR 88 - Uirapuru, IAC Carioca Pyatã e SCS 202 – Guará em função das doses de K₂O (Tabela 1). Os valores obtidos indicaram que as plântulas da cultivar SCS 202 – Guará mostraram maior desenvolvimento da parte aérea do que as demais, pois a média dos tratamentos mostrou que a matéria seca acumulada foi de 53,8% e 32,3% acima daquelas apresentadas pela 'IPR 88 - Uirapuru' e 'IAC Carioca Pyatã', respectivamente. Estes dados concordaram com os observados por Theodoro (24), quando avaliou a influência de doses de N na severidade da murcha-de-curtobacterium nestas cultivares. Verificou-se que, aos 10 DAS, não houve incremento na quantidade de K nos tecidos vegetais em função de doses de K₂O e que, aparentemente, não houve diferença na quantidade de K na parte aérea das plântu-

las até o momento da adubação. Não foi realizada análise de variância nem de regressão para detectar qualquer influência do substrato na quantidade de K, antes das adubações em cobertura, porque foi utilizada uma amostra composta pela parte aérea de 15 plântulas, distribuídas uniformemente em cinco vasos com 8 L de solo, para que fosse obtido o peso necessário para se proceder as análises químicas.

Notou-se manifestação de sintomas nas plantas submetidas a todos os tratamentos e que as condições ambientais favoreceram o progresso da murcha-de-curtobacterium no tempo (Tabela 2), ocorrendo picos de temperatura em torno de 40°C durante o período de condução deste ensaio. Houve correlações negativas e significativas entre as doses de K₂O e a AACPMC em todas as cultivares avaliadas, demonstrando ter havido uma certa tendência em reduzir a severidade da doença de acordo com o aumento das doses de K₂O (Tabela 3). Todavia, as menores AACPMC que ocorreram na maioria dos tratamentos foram causadas pela menor severidade da doença no início do período de condução dos ensaios. Apesar desta tendência, o teste F de Snedecor demonstrou que não houve diferença significativa entre estas variáveis (Tabela 2). No quinto dia após a inoculação com o isolado FJ 36, as plantas haviam recebido apenas a metade da dose de N e K₂O de cada tratamento. Nesta ocasião, evidenciou-se que somente as plantas da cultivar IPR 88 - Uirapuru, que haviam sido submetidas a 135 e 90 kg.ha⁻¹ de K₂O, estiveram com a nota média de severidade de 0,87 e 1,53, respectivamente. No caso da cultivar SCS 202 - Guará, todas as plantas foram resistentes a *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* na primeira avaliação dos sintomas da doença. Porém, aos 10 DAI, somente as plantas desta cultivar que receberam 25% de K₂O a mais do que o indicado pela análise de solo foram resistentes à murcha-de-curtobacterium. As plantas da 'IPR 88 - Uirapuru', que tiveram as menores notas médias de severidade na primeira avaliação dos sintomas, mostraram-se suscetíveis a *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* no décimo dia após a inoculação e nas avaliações seguintes. Todas as plantas da cultivar IAC Carioca Pyatã apresentaram mosaico foliar logo aos 15 DAI, permanecendo resistentes independentemente da dosagem de potássio utilizada e durante toda a condução do experimento.

Os efeitos de fatores ambientais, como a nutrição mineral, na severidade de doenças de plantas são pequenos em cultivares com elevada resistência ou suscetibilidade, mas bastante grandes naquelas moderadamente suscetíveis ou parcialmente resistentes (25). Os resultados observados neste ensaio concordaram em parte com esta observação, uma vez que se adotou a cultivar IAC Carioca Pyatã como resistente e as cultivares IPR 88 - Uirapuru e SOS 202 - Guará como suscetíveis.

Outra explicação para a falta de significância entre as doses de K₂O e a severidade da murcha-de-curtobacterium pode ser atribuída ao fato de que as plantas foram inoculadas no mesmo dia em que receberam a primeira aplicação de K em cobertura e sete dias antes da segunda, havendo pouco tempo para que as cultivares pudessem absorver e metabolizar este nutriente de maneira eficiente e, assim, permitir ou não que exercesse influência na expressão dos sintomas da doença até a última avaliação dos sintomas, aos 35 DAS. Apesar de haver a recomendação do parcelamento da adubação com K no sulco de plantio e em cobertura até os 20 dias após a emergência, para doses acima dos 50 kg.ha⁻¹ de K₂O, o K é exigido pela cultura do feijão

Tabela 1. Matéria seca da parte aérea (g) de plantas de feijoeiro das cultivares IPR 88 - Uirapuru, IAC Carioca Pyatã e SCS 202 - Guará, aos 10 dias após a semeadura.

Doses de K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	IAC Carioca Pyatã (g)*	IPR 88 - Uirapuru (g)*	SCS 202 - Guará (g)*
45,0	0,46 n.s.	0,29 n.s.	0,57 n.s.
67,5	0,42	0,32	0,64
90,0	0,45	0,31	0,71
112,5	0,47	0,30	0,65
135,0	0,42	0,31	0,66
C.V. (%)	10,47	11,7	12,63

* Amostra composta por 15 plantas de feijoeiro, distribuídas em cinco vasos com 8 L de solo.
ns = teste F não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 2. Severidade e AACPMC nas cultivares IAC Carioca Pyatã, IPR 88 - Uirapuru e SCS 202 - Guará, em função de diferentes doses de K₂O.

Doses de K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	Severidade					Reação ²	AACPMC ³
	5 DAI ¹	10 DAI	15 DAI	20 DAI	25 DAI		
	IAC Carioca Pyatã						
45,0	0,00 ⁴	0,87	1,00	1,00	1,00	R	16,83 n.s.
67,5	0,00	0,67	1,00	1,00	1,00	R	15,83
90,0	0,00	0,73	1,00	1,00	0,87	R	15,84
112,5	0,00	0,47	1,00	1,00	0,93	R	14,67
135,0	0,00	0,53	1,00	1,00	1,00	R	15,17
CV (%)							6,84
IPR 88 - Uirapuru							
45,0	2,80	8,33	8,87	9,00	9,00	S	160,49 n.s.
67,5	2,33	7,20	8,20	9,00	9,00	S	150,31
90,0	1,53	7,13	8,87	9,00	9,00	S	151,33
112,5	2,07	7,20	8,47	9,00	9,00	S	150,99
135,0	0,87	6,07	8,20	8,87	9,00	S	140,34
CV (%)							9,28
SCS 202 - Guará							
45,0	1,20	4,00	7,60	8,60	8,60	S	125,49 n.s.
67,5	1,20	5,07	7,40	8,47	8,13	S	128,00
90,0	0,53	2,80	6,60	8,47	8,20	S	111,16
112,5	0,00	1,47	4,73	7,27	6,20	S	82,83
135,0	0,00	3,20	7,13	7,93	7,67	S	110,50
CV (%)							21,84

¹Dias após a inoculação; ²Aos 25 DAI; R = Resistente; S = Suscetível; ³Área abaixo da curva da murcha-de-curtobacterium; ⁴Média de cinco repetições; ns = Teste F não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Correlações lineares (Pearson) entre a área abaixo da curva de progresso da murcha-de-curtobacterium (AACPMC) e as doses de K_2O , em três cultivares de feijoeiro comum.

	AACPMC		
	IAC Carioca Pyatã	IPR 88 - Uirapuru	SCS 202 - Guará
Doses de K_2O (kg.ha ⁻¹)	- 0,4992*	- 0,4512*	- 0,4003*

*Teste F significativo a 5% de probabilidade

eiro em quantidades elevadas e quase a sua totalidade é absorvido até os 40 ou 50 dias após a emergência das plantas (17). Diante do exposto, provavelmente não houve o tempo necessário para que as plantas utilizassem o K até a manifestação dos sintomas iniciais da doença, que progrediu rapidamente e causou sérios danos às plantas das cultivares IPR 88 - Uirapuru e SCS 202 Guará, devido à agressividade do isolado empregado e às condições ambientais favoráveis. A doença manifestou-se com alta severidade nestas cultivares justamente no período compreendido entre as adubações de cobertura (Tabela 2). Entretanto, Rickard & Walker (15) inocularam plantas de feijão da cultivar Higrade, mantidas em soluções nutritivas, com *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, quando estas apresentaram-se com a terceira folha trifoliolada. Mesmo assim, não foi possível verificar influência de altas e de baixas concentrações de K no desenvolvimento da murcha-de-curtobacterium, principalmente quando a inoculação foi realizada por meio de ferimentos no nó cotiledonar das plantas. Estes autores sugeriram que a severidade de *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* foi mais influenciada pelas substâncias elaboradas no hospedeiro do que pelos minerais inorgânicos fornecidos pelas soluções nutritivas. Com os resultados obtidos neste trabalho, assume-se que a adubação com K exerceu pouca ou nenhuma influência no progresso da murcha-de-curtobacterium do feijoeiro havendo, possivelmente, maior importância da resistência genética, do local de penetração de *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* no tecido do hospedeiro e de condições ambientais favoráveis.

Apesar do K ser frequentemente associado à redução da incidência e severidade de doenças de plantas, este efeito não pode ser generalizado, pois pode variar em função da sua disponibilidade no solo e interação com outros nutrientes, das condições ambientais, da suscetibilidade da planta e do patógeno envolvido (6). Salgado et al. (18) concluíram que não houve relação entre a quantidade de K nas folhas e as dimensões de manchas causadas por *Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum* em folhas superiores, medianas e inferiores de algodoeiros cultivados em solução nutritiva. Em Honduras, uma das recomendações de controle de *Stenocarpella maydis* e *Fusarium moniliforme* na cultura do milho era evitar doses elevadas de N, com níveis baixos de K. Porém, ao contrário do que se esperava, Rio (16) não constatou influência de diferentes doses de K_2O na incidência da podridão de espigas na variedade Guayape Blanco 102. A ação de formulações e doses de fertilizantes foram investigados sobre doenças na cultura da soja, na região norte de Alabama, E.U.A. e não foi verificada

influência do único fertilizante potássico empregado, o ‘muriato de potássio’ (60% de K_2O), na incidência de *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* em folhas da cultivar Bragg (14). Biazon (1) não constatou diferenças na severidade do cretamento bacteriano comum do feijoeiro em folhas da cultivar IAC Carioca, independentemente das doses de KCl e K_2SO_4 utilizadas. A ineficiência do K em reduzir a severidade de doenças, em determinados patossistemas, também pode ocorrer quando se exclui a interferência do solo e se emprega fertilização foliar. Buscando o controle de *Alternaria solani* e *A. macrospora* em folhas de batata e algodão, respectivamente, Blachinski et al. (2) somente constataram redução na severidade das doenças quando houve a pulverização foliar de KNO_3 em mistura com fungicidas sistêmicos. Outro aspecto é que, segundo Marschner (12), o efeito do K na redução de doenças ocorre em plantas com deficiência deste nutriente, podendo não ser notado em plantas suficientemente nutridas com K, mesmo com o aumento da adubação. Avaliando o efeito de doses crescentes de N e K_2O sobre a antracnose do morangueiro, causada por *Colletotrichum acutatum*, Tanaka et al. (22) constataram que o potássio não afetou significativamente a severidade de sintomas, sugerindo que o teor médio de K nativo no solo não proporcionou a devida resposta das plantas ou que o potássio foi incapaz de influenciar a severidade da doença.

Houve redução na massa seca da parte aérea de todas as plantas inoculadas com *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, aos 35 DAS, conforme apresentado na Tabela 4. As maiores reduções ocorreram na cultivar IPR 88 - Uirapuru, havendo uma perda média de 83,90% nas plantas submetidas a 112,5 kg.ha⁻¹ de K_2O . As menores reduções foram observadas nas plantas da cultivar IAC Carioca Pyatã, com apenas 13,37% quando submetidas à maior dose de K_2O (135,0 kg.ha⁻¹), mostrando-se resistente independentemente do tratamento empregado. O mesmo foi relatado por Maringoni (11), que observou que as cultivares de feijão resistentes à murcha-de-curtobacterium, após serem inoculadas, apresentaram um melhor desenvolvimento da parte aérea do que as cultivares suscetíveis. Porém, apesar de ter havido uma maior redução da matéria seca das plantas desta cultivar na menor dose de K_2O , a interação entre os tratamentos e a massa da matéria seca das plantas não foi significativa. O mesmo comportamento foi observado para a maioria das cultivares, com ou sem inoculação. Todavia, nas plantas da SCS 202 - Guará que não foram inoculadas, a análise de variância foi significativa e houve um aumento da matéria seca em função das doses crescentes de K_2O , com o ajuste de um modelo linear aos dados observados (Figura 1). Todas as plantas das cultivares IPR 88 - Uirapuru e SCS 202 - Guará apresentaram elevadas notas de severidade da doença e AACPMC, aos 25 DAI, o que provavelmente ocasionou uma menor absorção de água e nutrientes com o decorrer do tempo e implicou na redução do desenvolvimento da parte aérea das mesmas. Schuster et al. (19) descreveram que a curva de crescimento de plantas das cultivares de feijoeiro Tepary Buff e Great Northern 1140 não inoculadas foi gradualmente crescente, sem a interrupção observada no desenvolvimento daquelas inoculadas com *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. Estes autores relataram uma correlação negativa entre a massa verde de plantas inoculadas e a população bacteriana em cultivares de feijão.

A quantidade dos nutrientes avaliados na parte aérea das plantas de feijoeiro foi variável, havendo uma tendência em

Tabela 4. Massa da matéria seca (g) das cultivares IPR 88 - Uirapuru, IAC Carioca Pyatã e SCS 202 - Guará em função de doses de K₂O, aos 35 dias após a semeadura.

Doses de K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	IPR 88 - Uirapuru ¹			IAC Carioca Pyatã ¹			SCS 202 - Guará ¹		
	T ²	I ³	Redução (%)	T	I	Redução (%)	T ¹	I ²	Redução (%)
45,0	4,85 n.s.	0,83 n.s.	82,89	5,60 n.s.	3,06 n.s.	45,36	2,13 *	1,29 n.s.	39,44
67,5	4,26	0,90	78,87	4,59	3,43	25,27	3,24	1,23	62,04
90,0	4,49	0,84	81,29	4,43	3,55	19,86	3,41	1,38	59,53
112,5	4,72	0,76	83,90	4,60	3,38	26,52	4,48	1,60	64,29
135,0	3,97	0,84	78,84	3,89	3,37	13,37	4,31	1,49	65,43
C.V.(%)	17,35	20,50		23,59	17,84		24,34	19,36	

¹Média de cinco repetições; ²Testemunha; ³Inoculado; *Teste F significativo a 5% de probabilidade; ns: teste F não significativo a 5% de probabilidade.

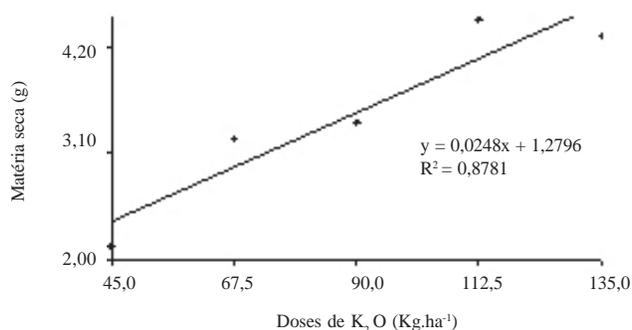


Figura 1. Matéria seca em plantas de feijão não inoculadas, cv. SCS 202 - Guará, em função de doses de K₂O, aos 25 DAI.

decrecer a quantidade de N, P, K, Ca e Mg nas plantas inoculadas das cultivares IPR 88 - Uirapuru e SCS 202 - Guará em relação àquelas feridas com agulha entomológica embebida em água destilada esterilizada (Tabelas 5 e 6; Figuras 2 a 6). Porém, notou-se que somente houve redução na quantidade do N na cultivar IAC Carioca Pyatã, discordando dos resultados de Maringoni (10) que, além do N, verificou redução na quantidade de P, K, Ca, Mg e S em plantas desta cultivar infectadas por *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. Esta discordância provavelmente possa ser atribuída a diferenças na agressividade dos isolados utilizados, nas características climáticas e edáficas e no fornecimento de nutrientes e fontes de adubos.

Não houve efeito das doses de K₂O na quantidade de N, P e K na parte aérea das plantas da cultivar IAC Carioca Pyatã, feridas com alça reta embebida em água destilada esterilizada (Tabela 5). As análises de variância da quantidade de Ca e Mg nesta cultivar foram significativas, havendo o ajuste das equações lineares e cúbicas, respectivamente (Figuras 3 e 4). Nas plantas da cultivar IPR 88 - Uirapuru não inoculadas, somente a quantidade de Mg foi influenciada significativamente pelas doses de K₂O, ajustando-se à função cúbica $y = 0,0001 x^3 - 0,0388 x^2 + 4,0678 x - 109,14$ (Tabela 5; Figura 4). No entanto, de todas as plantas inoculadas e não inoculadas, aquelas da cultivar SCS 202 - Guará foram as únicas que se apresentaram com a quantidade de K influenciada pelos tratamentos (Tabelas 5 e

Tabela 5. Quantidade de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas cultivares IPR 88 - Uirapuru, IAC Carioca Pyatã e SCS 202 - Guará, em função de doses de K₂O, aos 35 dias após a semeadura.

Doses de K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	Quantidade de nutrientes (mg.planta ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
IAC Carioca Pyatã					
45,0	252,6 n.s.	9,4 n.s.	78,9 n.s.	102,5**	32,8*
67,5	208,4	6,7	60,7	75,4	24,2
90,0	205,0	6,6	60,0	72,7	24,0
112,5	225,1	7,8	69,6	73,7	24,7
135,0	194,3 ¹	5,21	56,5	61,4	20,2
CV (%)	15,64	33,43	30,74	21,56	18,55
IPR 88 - Uirapuru					
45,0	207,1 n.s.	9,5 n.s.	92,1 n.s.	101,1 n.s.	5,6*
67,5	191,8	8,4	86,0	87,1	27,7
90,0	201,7	8,3	95,5	85,1	26,0
112,5	172,1	9,7	103,7	93,4	29,6
135,0	175,1	8,66	77,8	91,4	25,8
CV (%)	19,34	17,81	21,96	19,25	19,07
SCS 202 - Guará					
45,0	159,6 n.s.	6,3**	45,9**	38,2*	15,7**
67,5	187,6	9,3	71,1	57,2	22,8
90,0	192,9	11,5	76,6	65,5	24,9
112,5	240,8	12,4	102,6	90,6	32,2
135,0	231,2	13,1	100,2	80,7	30,3
CV (%)	22,31	29,51	30,32	31,36	28,94

¹Média de cinco repetições; * Teste F significativo a 1% de probabilidade; ** Teste F significativo a 5% de probabilidade; ns: Teste F não significativo a 5% de probabilidade.

6). Nas plantas não inoculadas, houve o ajuste de uma equação linear aos resultados (Figura 2), enquanto que naquelas que

Tabela 6. Quantidade de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas cultivares IPR 88 - Uirapuru, IAC Carioca Pyatã e SCS 202 – Guará, em função de doses de K₂O, aos 25 dias após a inoculação com *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*.

Doses de K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	Quantidade de nutrientes (mg.planta ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
IAC Carioca Pyatã					
45,0	157,7 n.s.	8,9 n.s.	59,2 n.s.	77,3 n.s.	22,4 n.s.
67,5	171,5	9,4	70,3	77,7	23,1
90,0	167,0	8,9	67,7	83,5	24,9
112,5	174,7	9,4	71,9	75,1	22,8
135,0	169,6 ¹	9,1	72,5	76,4	22,5
CV (%)	15,44	21,90	19,46	18,73	20,07
IPR 88 - Uirapuru					
45,0	46,5 n.s.	3,2 n.s.	12,9 n.s.	17,4 n.s.	5,6 n.s.
67,5	42,4	3,4	15,3	21,0	6,3
90,0	43,1	3,0	12,8	19,7	5,8
112,5	42,8	2,9	12,8	16,6	5,2
135,0	53,2	3,3	14,2	17,9	5,6
CV (%)	20,22	17,14	21,13	25,08	20,41
SCS 202 – Guará					
45,0	76,7 n.s.	4,4*	20,3*	30,6 n.s.	10,6 n.s.
67,5	64,4	3,5	19,2	28,2	9,5
90,0	74,3	4,1	21,4	33,9	11,7
112,5	84,4	4,8	30,7	37,5	12,8
135,0	86,7	5,4	26,6	34,2	11,2
CV (%)	17,72	18,32	23,47	24,37	21,41

¹Média de cinco repetições; * teste F significativo a 5% de probabilidade; ns: teste F não significativo a 5% de probabilidade

receberam inóculo de *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, a equação quadrática foi a que apresentou o melhor coeficiente de determinação (Figura 6). O mesmo foi verificado para o nutriente P, que sofreu influência dos tratamentos somente naqueles ensaios conduzidos com plantas da cultivar SCS 202 – Guará (Tabelas 5 e 6). O ajuste da função linear (Figura 2) e quadrática (Figura 5) aos dados indicou que houve incremento no acúmulo de P na parte aérea das plantas de feijão em função de doses crescentes de K. Esta interação pode ser explicada pelas observações de Akapa, citado por Dibb & Thompson Jr. (5), que relataram a existência de um local, com a função de absorver especificamente o nutriente P em raízes de feijão caupi, que foi ativado pela aplicação de K. A quantidade de Ca na parte aérea dos feijoeiros se comportou de forma diferente nas plantas não inoculadas da cultivar IAC Carioca Pyatã e SCS 202 – Guará (Figura 3). Com o aumento das doses de K₂O, houve a tendência em reduzir a quantidade de Ca na cultivar SCS 202 – Guará e de aumentar linearmente o Ca nos tecidos da ‘IAC Carioca Pyatã’. O mesmo comportamento foi observado para o Mg, que aumentou linearmente em função do aumento das doses de K₂O na cultivar SCS 202 – Guará e decresceu na cultivar IAC Carioca Pyatã. Nos tecidos da ‘IPR 88 - Uirapuru’, notou-se ter ocorrido um aumento da quantidade de Mg até a dosagem de 90,0 kg.ha⁻¹ de K₂O, com posterior decréscimo e estabilização em torno dos 135 kg.ha⁻¹. As plantas procuram manter um equilíbrio iônico ou de eletroneutralidade, que difere com a espécie e até mesmo a variedade, implicando em um efeito competitivo entre os cátions Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺. O K interage com quase todos os macronutrientes essenciais, secundários e micronutrientes, podendo aumentar ou reduzir a absorção e a utilização de nutrientes pelas plantas (5). Loué, citado por Munson (13), conduziu experimentos com milho em vários locais do território francês e, mediante análises foliares, observou que a quantidade de Ca e Mg diminuiu conforme o aumento das doses de K. De acordo com Biazon (1), plantas de feijoeiro IAC Carioca e IAPAR 31, não inoculadas com *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* e adubadas com as diferentes fontes e concentrações de K, apresentaram tendência de redução na quantidade de Mg nas folhas. Avaliando o efeito da adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro, Lima et al. (8) verificaram que, além

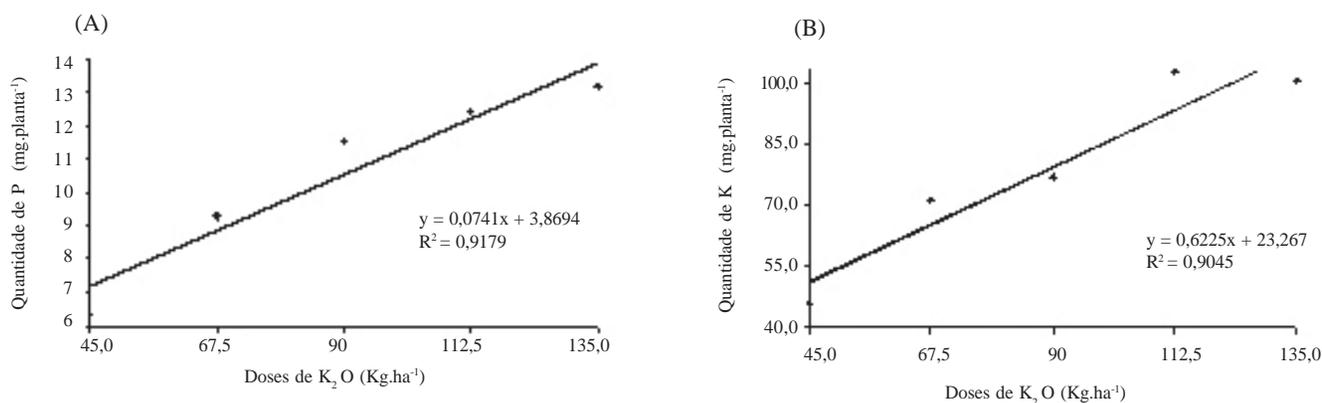


Figura 2 – Quantidade de fósforo (A) e potássio (B) plantas de feijão não inoculadas, cv. SCS 202 – Guará, em função de doses de K₂O, aos 35 dias após a semeadura.

da adubação fosfatada de plantio, a adubação em cobertura com K influenciou positivamente a concentração de P na parte aérea.

A absorção de N não sofreu influência das doses crescentes de K nas cultivares empregadas, concordando com Lima et al. (8), que atribuiu à mineralização da matéria orgânica os resultados obtidos. Contudo, como o solo empregado neste trabalho apresentou-se um baixo teor de matéria orgânica, de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (4), infere-se que a quantidade correspondente a 100 kg.ha⁻¹ de N aplicado nos vasos foi suficiente para suprir a demanda de todas das plantas das três cultivares, independentemente da dose de K. Outra possibilidade que pode ter ocorrido de forma concomitante, foi o auxílio no suprimento de N por meio da nodulação e fixação de N atmosférico por bactérias nitrificantes, uma vez que o solo utilizado não foi esterilizado e pode ter abrigado estes microrganismos até estabelecerem relação simbiótica com as raízes das plantas.

Teoricamente, o baixo nível de K presente no solo empregado neste experimento garantiria um alto potencial de resposta das três cultivares ao K₂O fornecido por meio dos tratamentos. Porém, observou-se que somente na cultivar SCS 202 – Guará, a quantidade de K da parte aérea das plantas respondeu significativamente às doses empregadas (Figuras 2 e 6). Estes resultados concordam com outros trabalhos que demonstram que a quantidade de K na parte aérea do feijoeiro pode não sofrer influência de doses de K₂O. Em condições de casa-de-vegetação, Lima et al. (8) avaliaram o efeito de 0, 60 e 120 kg.ha⁻¹ de K₂O em plantas de feijoeiro cv. Pérola, conduzidos em vasos com 15 L de capacidade e observaram que estas doses não interferiram significativamente na parte aérea das plantas de feijão. Inferiu-se que o feijoeiro é uma planta com elevada capacidade em adquirir o nutriente K e que, a exemplo do que ocorre com a cultura da soja, consiga absorver quantidades significativas de K não trocáveis no solo, havendo concordância com as observações feitas por Rosolem (17). Silveira & Damasceno (21) também não notaram efeito de adubações com 0, 40, 80 e 120 kg.ha⁻¹ de K₂O na quantidade de K da parte aérea de feijoeiros da cv. Carioca, em campo. Assim, percebeu-se que os resultados oriundos da avaliação da quantidade de K na parte aérea das plantas de feijão do presente trabalho concordaram com outros, indicando que a cultivar SCS 202 – Guará não se comportou como as demais cultivares avaliadas com relação à marcha de absorção de nutrientes e/ou não absorve tão eficientemente o K não trocável do solo. Entretanto, Rosolem (17) relatou que, quando o solo apresenta de 50 a 60 mg.L⁻¹ de K, normalmente não se obtém resposta do feijoeiro à adubação potássica, podendo-se obter resposta negativa ao nutriente dependendo da produtividade e do modo de aplicação do adubo. No presente trabalho, mesmo com o teor inicial de K no solo de 31 mg.L⁻¹, foi possível notar que somente a cultivar SCS 202 – Guará respondeu positivamente à adubação empregada, indicando que as cultivares IPR 88 - Uirapuru e IAC Carioca Pyatã demonstraram eficiência na absorção de K em condições de baixa disponibilidade no solo.

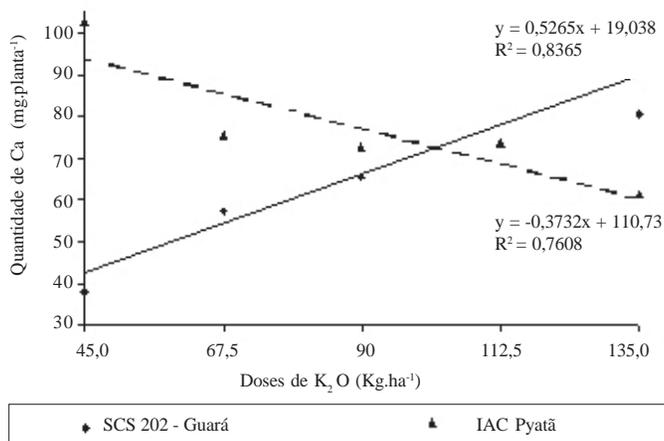


Figura 3. Quantidade de Ca em plantas de feijão não inoculadas, cv. IAC Carioca Pyatã e SCS 202 - Guará, em função de doses de K₂O, aos 35 dias após a semeadura.

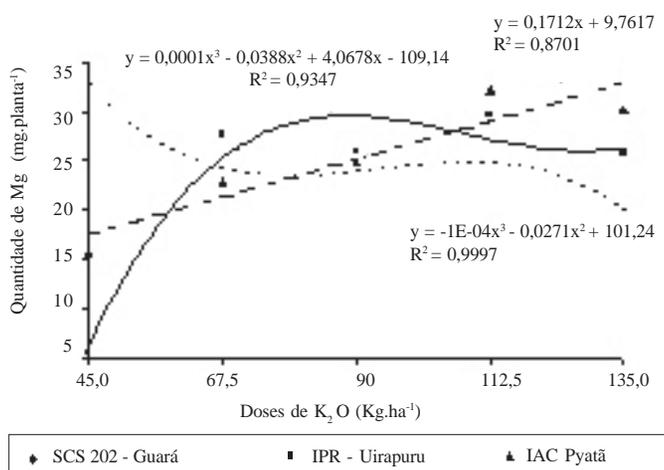


Figura 4. Quantidade de Mg em plantas de feijão não inoculadas, cv. IAC Carioca Pyatã, IPR 88 - Uirapuru e SCS 202 - Guará, em função de doses de K₂O, aos 35 dias após a semeadura.

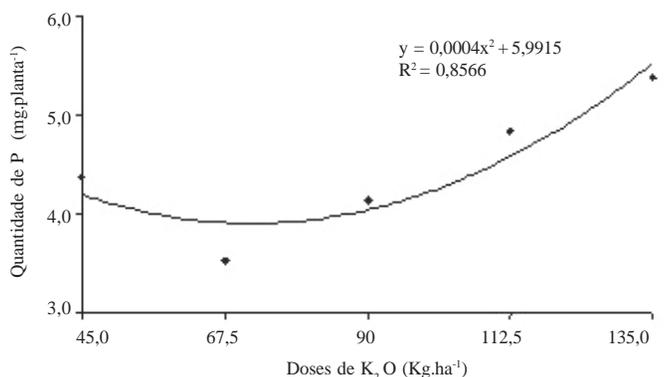


Figura 5. Quantidade de P em plantas de feijão, SCS 202 - Guará, inoculadas com *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, em função de doses de K₂O, aos 35 dias após a semeadura.

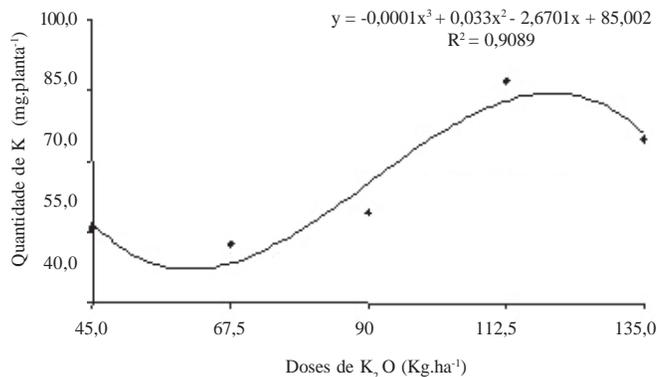


Figura 6. Quantidade de K em plantas de feijão, SCS 202 - Guará, inoculadas com *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, em função de doses de K₂O, aos 35 dias após a semeadura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Biazon, V.L. **Crestamento bacteriano comum do feijoeiro:** efeito da adubação nitrogenada e potássica e aspectos bioquímicos relacionados à doença. 2003. 172f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Blachinski, D.; Shtienberg, D.; Dinoor, A.; Kafkafi, U.; Sujkowski, L.S.; Zitter, T.A.; FRY, W.E. Influence of foliar application of nitrogen and potassium on *Alternaria* diseases in potato, tomato and cotton. **Phytoparasitica**, Rehovot, v.24, n.4, p.281-292, 1996.
- Chase, A.R. Effect of nitrogen and potassium fertilizer rates on severity of xanthomonas blight of *Syngonium podophyllum*. **Plant Disease**, St. Paul, v.73, n.12, p.972-975, 1989.
- Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1994. 224 p.
- Dibb, D.W.; Thompson JR.; W.R. Interaction of potassium with other nutrients. In: Munson, R.D. (Ed.) **Potassium in agriculture**. Madison: ASA, CSSA, SSA, 1985. p.515-533.
- Huber, D.M.; Arny, D.C. Interactions of potassium with plant disease. In: MUNSON, R.D. (Ed.) **Potassium in agriculture**. Madison: ASA, CSSA, SSA, 1985. p.467-488.
- Ito, M.F.; Tanaka, M.A.S.; Mascarenhas, H.A.A.; Tanaka, R.T.; Dudienas, C.; Gallo, P.B. Efeito residual da calagem e da adubação potássica sobre a queima foliar (*Cercospora kikuchii*) da soja. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.19, n.1, p.21-23, 1993.
- Lima, E.V.; Aragão, C.A.; Morais, O.M.; Tanaka, R.; Grassi Filho, H. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.125-129, 2001.
- Malavolta, E.; Crocomo, O.J. O potássio e a planta. In: Yamada, T.; Igue, K.; Muzilli, O.; Usherwood, N.R. (Ed.) **O potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, 1982. p.95-162.
- Maringoni, A.C. Alterações nos teores de macronutrientes em plantas de feijoeiro infectadas por *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.1, p.217-222, 2003.
- Maringoni, A.C. Comportamento de cultivares de feijoeiro comum à murcha-de-curtobacterium. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v.27, n.2, p.157-162, 2002.
- Marschner, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed., London: Academic Press, 1995. 889p.
- Munson, R.D. Interaction of potassium and other ions. In: Kilmer, V.J.; Younts, S.E.; Brady, N.C. (Ed.) **The role of potassium in agriculture**. Madison:ASA, CSSA, SSSA, 1968. p.321-353.
- Pacumbaba, R.P.; Brown, G.F.; Pacumbaba Jr., R.O. Effect of fertilizers and rates of application on incidence of soybean diseases in Northern Alabama. **Plant Disease**, St. Paul, v.81, n.12, p.1459-1460, 1997.
- Rickard, S.F.; Walker, J.C. Mode of inoculation and host nutrition in relation to bacterial wilt of bean. **Phytopathology**, St. Paul, v.55, p.174-178, 1965.
- Rio, L.E. Efecto de la fertilizacion potasica en la incidencia del maíz muerto. **Ceiba**, v.31, n.1, p.33-36, 1990.
- Rosolem, C.A. Calagem e adubação mineral. In: Araujo, R.S.; Rava, C.A.; Stone, L.F.; Zimmermann, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.353-390.
- Salgado, C.L.; Balmer, E.; Barbin, D. Correlação entre os teores dos elementos minerais e a suscetibilidade do algodoeiro à *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum* (E.F.S.M.) Dowson. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v.10, p.234-241, 1984.
- Schuster, M.L.; Coyne, D.P.; Singh, K. Population trends and movement of *Corynebacterium flaccumfaciens* var. *aurantiacum* in tolerant and susceptible beans. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v.48, n.10, p.823-827, oct 1964.
- Sij, J.W.; Turner, F.T.; Whitney, N.G. Suppression of antracnose and phomopsis seed rot on soybean with potassium fertilizer and benomyl. **Agronomy Journal**, Madison, v.77, p.639-642, 1985.
- Silveira, P.M.; Damasceno, M.A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.11, p.1269-1276, 1993.
- Tanaka, M.A.S.; Passos, F.A.; Feitosa, C.T.; Tanaka, R.T. Efeito da adubação mineral e orgânica do morangueiro sobre a antracnose do rizoma, causada por *Colletotrichum fragariae*. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.236-241, 2002.
- Tedesco, M.J.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed., Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, n.5).
- Theodoro, G.F. **Murcha-de-curtobacterium do feijoeiro:** ocorrência em Santa Catarina, comportamento de genótipos e efeito de nitrogênio e potássio. 2004. 105f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Zambolim, L.; Ventura, J.A. Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral das plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.1, p.275-318, 1993.