

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**INFLUÊNCIA DE DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO NA SEVERIDADE
À PODRIDÃO NEGRA E NA PRODUTIVIDADE DE BRÓCOLIS TIPO
INFLORESCÊNCIA ÚNICA**

SANTINO SEABRA JÚNIOR

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia/Horticultura.

**BOTUCATU – SP
Dezembro – 2005**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**INFLUÊNCIA DE DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO NA SEVERIDADE
À PODRIDÃO NEGRA E NA PRODUTIVIDADE DE BRÓCOLIS TIPO
INFLORESCÊNCIA ÚNICA**

SANTINO SEABRA JÚNIOR

Orientador: Prof^a. Dr^a. Romy Goto

Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Maringoni

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia/Horticultura.

**BOTUCATU – SP
Dezembro - 2005**

Dedico

A DEUS,

Por me dar força e ajudar-me a superar os obstáculos.

“Não temas porque estou contigo, não lances olhares desesperados, porque sou teu DEUS”.

(Bíblia Sagrada. Livro de Isaías, cap 41: v.10)

OFEREÇO

-Aos meus pais, Santino Seabra e Luísa Maria da Conceição Seabra, pelo apoio durante toda minha vida.

-Às irmãs e aos sobrinhos pelo apoio, carinho e incentivo durante os momentos decisivos.

- Aos grandes amigos, que não mediram esforços ao me apoiarem nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

- Aos dirigentes da Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, Câmpus de Botucatu e do Departamento de Produção Vegetal, setor de Horticultura, por me proporcionarem a oportunidade de realizar este curso.
- À minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Romy Goto, por sua orientação, dedicação e seus ensinamentos, apoio e amizade durante todo o curso de Doutorado.
- Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Maringoni, por me co-orientar neste trabalho.
- Ao professor Dr. Roberto Lyra Villas Bôas, pelo apoio, atenção e ensinamentos durante a realização deste trabalho.
- À pesquisadora Dra. Janaina Ribeiro Costa, pela realização das análises estatísticas.
- À Capes pela bolsa concedida, durante parte do curso, e à FAPESP pelo financiamento do projeto de pesquisa.
- Aos dirigentes da Universidade do Estado de Mato Grosso e ao Departamento de Agronomia de Cáceres/MT, e em especial ao Coordenador do curso, Anderson Marques do Amaral, pelo apoio na fase final do curso.
- Especialmente, à Juliana Gadum e ao Roberval Emerson Pizano por não medirem esforços ao me apoiarem nos momentos de dificuldades.
- Aos grandes amigos Lilia Aparecida Salgado, Marco A.A. Barelli, Luciana Costa Lima, Luis Felipe Villani Purquerio, Rosa de Belém e Milena Pilla, pela amizade especial.
- Aos professores do Departamento de Produção Vegetal, setor de Horticultura, Antonio Ismael Inácio Cardoso, Giuseppina Pace Pereira Lima, Lin Chau Ming, Denise Laschi, Regina Martha Evangelista, Carmem Silvia F. Boaro, Francisco Câmara, Sarita Leonel, entre outros, pela participação direta ou indireta na minha formação profissional.
- Aos funcionários Admilson, Norberto, Neusa, Edvaldo, Elisabete, Rosemeire, Ana, Edson, Geraldo, Amaury, Osmar, Lima, Lama, entre outros, que me apoiaram na confecção deste trabalho.
- Em especial, à Renata e à Carolina, pela amizade e grande ajuda no laboratório de bacteriologia.
- Aos alunos Eduardo Elias Oriani e Guilherme Lopes Souza Paixão e aos técnicos Edmir Aparecido e Amanda, pela grande contribuição neste trabalho.
- Aos inúmeros amigos que fiz nesta etapa da minha vida, que apesar de não serem citados, estão guardados no coração.

- Aos meus alunos, pela paciência e respeito.
- Aos bibliotecários, pela orientação nas revisões e citações bibliográficas.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	01
SUMMARY	03
1 INTRODUÇÃO	05
2 REVISÃO DE LITERATURA	07
2.1 Aspectos gerais da cultura de brócolis	07
2.1.2 Origem e botânica.....	07
2.1.2 Importância alimentar e econômica.....	09
2.2 Nutrição mineral e adubação do brócolis	10
2.3 Nutrição x doença de plantas	13
2.4 Podridão negra das brássicas	17
2.4.1 Aspectos gerais da podridão negra.....	17
2.4.2 Métodos de inoculação de <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Local do experimento	21
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	22
3.3 Correção, adubação e análise química do solo	23
3.4 Instalação e condução do experimento	28
3.5 Obtenção do isolado bacteriano de <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	30
3.6 Inoculação de <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	30
3.7 Temperatura no interior do ambiente protegido	32
3.8 Avaliação dos resultados experimentais	32
3.8.1 Características avaliadas.....	32
3.8.1.1 Teores de nutrientes nos tecidos das plantas de brócolis.....	32
3.8.1.2 Suscetibilidade de brócolis à podridão negra.....	33
3.8.1.3 Componentes de produção de brócolis.....	35
3.9.2 Análise estatística.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 Produção de brócolis e severidade da podridão negra	36

4.1.1 Resumo da análise de variância da produção de brócolis e severidade da podridão negra.....	36
4.1.2 Produção de brócolis.....	38
4.1.3 Severidade da podridão negra.....	44
4.2 Massa da matéria seca e teores de nutrientes nos tecidos das plantas de brócolis.....	47
4.2.1 Resumo da análise de variância da massa da matéria seca e nos teores de nutrientes nos tecidos das plantas.....	47
4.2.2 Massa da matéria seca da parte aérea de brócolis.....	49
4.2.2.1 Massa da matéria seca da parte aérea de brócolis no dia da inoculação com <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	49
4.2.2.2 Massa da matéria seca da parte aérea na colheita.....	50
4.2.3 Teores de nutrientes nos tecidos das plantas de brócolis.....	52
4.2.3.1 Teor de nitrogênio.....	52
4.2.3.1.1 Teor de nitrogênio no dia da inoculação com de brócolis com <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	52
4.2.3.1.2 Teor de nitrogênio na colheita de brócolis.....	54
4.2.3.2 Teor de fósforo.....	56
4.2.3.2.1 Teor de fósforo no dia da inoculação de brócolis com <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	56
4.2.3.2.2 Teor de fósforo na colheita.....	57
4.2.3.3 Teor de potássio.....	60
4.2.3.3.1 Teor de potássio no dia da inoculação de brócolis com <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	60
4.2.3.3.2 Teor de potássio na colheita.....	62
4.2.3.4 Teor de cálcio.....	64
4.2.3.4.1 Teor de cálcio no dia da inoculação de brócolis com <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	64
4.2.3.4.2 Teor de cálcio na colheita.....	65
4.2.3.5 Teor de magnésio.....	67
4.2.3.5.1 Teor de magnésio no dia da inoculação de brócolis com <i>Xanthomonas</i>	

<i>campestris</i> pv. <i>campestris</i>	67
4.2.3.5.2 Teor de magnésio na colheita.....	69
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
6 CONCLUSÕES	73
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

RESUMO

O brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) é uma espécie exigente em nutrientes, destacando-se os elementos nitrogênio e potássio, que são exigidos em maiores quantidades pelas plantas, podendo influenciar na produção, qualidade e também na severidade de diversas doenças. Com o objetivo de estudar os efeitos desses elementos na severidade da podridão negra, causado por *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris* (Xcc) e a sua influência na produção de brócolis tipo inflorescência única, foi realizado o experimento no Departamento de Produção Vegetal/Horticultura da FCA/UNESP - Botucatu. O delineamento utilizado foi em parcela subdividida com fatorial na subparcela, em blocos casualizados com quatro repetições. Na parcela avaliou-se a influência da inoculação (plantas não inoculadas e inoculadas com Xcc) e na subparcela avaliou-se o fatorial 4 x 4, doses de potássio (0, 275, 550 e 825 kg ha⁻¹) e nitrogênio (0, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹). O híbrido de brócolis utilizado foi o BRO68 (Rogers). A semeadura foi realizada em 18/02/2004 e as plântulas foram transplantadas aos 33 dias após semeadura (DAS) em vasos de dez litros, sob ambiente protegido. Realizou-se a inoculação pelo método de palito (64 DAS) e as colheitas foram realizadas de 28/05/2004 a 12/06/2004 (99 aos 114 DAS). As adubações foram realizadas no plantio, pela incorporação ao solo de 45% da dose de potássio e 10% da dose de nitrogênio de cada tratamento e em cobertura, aplicados via fertirrigação (55% do potássio e 90% do nitrogênio). Foram avaliadas a severidade da Xcc através do PANC (porcentagem da altura necrosada do caule) e porcentagem das folhas

retidas nas plantas (FR), produção e diâmetro das cabeças, teores de macronutrientes, no momento da inoculação e na colheita. A interação dos três fatores não foi significativa para nenhuma das características, a interação potássio x nitrogênio foi significativa para produção, diâmetro, PANC e teores de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg). Para porcentagem de folhas retidas, somente as doses de potássio apresentaram diferença significativa. Foram obtidas maiores produções, diâmetros e FR nas plantas não inoculadas, porém a massa da matéria seca da parte aérea e os teores de macronutrientes não apresentaram diferenças significativas. As maiores produções obtidas foram estimadas nas doses de 575 a 626 kg ha⁻¹ de K₂O e 315 a 320 kg ha⁻¹ de N. As doses de 300 kg ha⁻¹ de N e 500 kg ha⁻¹ K₂O são as doses mais indicadas para uma adubação equilibrada e obter uma maior produção e tamanho de inflorescência e maior resistência à podridão negra. Maiores teores de potássio na planta reduziram a doença, porém as de nitrogênio aumentaram doença.

Palavras-chave: *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, *Brassica oleracea* var. *italica*, podridão negra, nitrogênio, potássio, adubação, nutrição.

Influence of potassium and nitrogen fertilizers rates on severity at black rot and broccoli's yield. Botucatu, 2005. 81p. Thesis (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista

Author: SANTINO SEABRA JÚNIOR

Adviser: Prof^a Dr^a RUMY GOTO

Co-adviser: Prof. Dr. ANTONIO CARLOS MARINGONI

SUMMARY

Broccoli is one vegetable specie that demand fertilizers, mainly nitrogen and potassium are required in higher quantity, which can have influence in yields, quality and severity level of diseases. Evaluated the influence of nitrogen and potassium fertilizations in black rot (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) severity and broccoli yields, in the Departamento de Produção Vegetal/Horticultura - FCA/UNESP – Botucatu country, São Paulo State, Brazil. The experimental design was split plot with factorial in plot, in randomized blocks with four replicants. In the plot was evaluated the influence of inoculation (plant no inoculated or inoculated with Xcc (*Xanthomonas campestris* v. *campestris*) with four replications, considering potassium rates (0, 275, 550 and 825 kg ha⁻¹) and nitrogen rates (0, 150, 300 and 450 kg ha⁻¹). Hybrid BRO 68 (Rogers) was seeded in 18/02/2004 and transplanted in 33 days after seeding (DAS) for pot with 10 liters of

capacity in plastic house conditions. The Xcc inoculation was made using “toothpick” methods (64 DAS) and the harvesting occurs in 28/05/2004 to 12/06/2004 (99 to 114 DAS). Incorporated in soil before planting with 45% potassium rate and 10% nitrogen rate of each treatment, and after planting fertilization was in fertirrigation system (55% potassium and 90% nitrogen). The severity of Xcc was evaluated with a PANC (percentage of necrosed height of the stem) method and the percentage of leaf kept in plants, the broccoli yield and the diameter of head, macronutrients ratios, was assessment during inoculations and the harvesting. The results showed that interactions among of three factors did not have significance for neither characteristics, potassium x nitrogen fertilizers interactions was significance to yield, head diameter, and PANC and macronutrients ratios (N, P, K, Ca and Mg). Showed statistic difference for percentage of leaf kept in plants only potassium fertilizer rates. In plants without Xcc inoculations gave higher values of production, head diameter and percentage of leaf kept in plants. However for this conditions dry matter and macronutrients ratios did not gave statistic significant difference. When used 575 to 626 kg.ha⁻¹ of K₂O and 315 to 320 kg.ha⁻¹ of N fertilizers rates gave a higher values of broccoli yields. The 300 kg ha⁻¹ of N and 500 kg ha⁻¹ of K rates was more indicated for balance in fertilization and to take higher production and increase inflorescence size and improve black rot resistance. Higher potassium ratios in plant decreased disease, but higher nitrogen ratios increased disease levels.

Keywords: *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, *Brassica oleracea* var. *italica*, black rot, nitrogen, potassium, adubation, nutrition.

1 INTRODUÇÃO

A couve-brócolos ou brócolis (*Brassica oleracea* var. *itálica* L.) é uma planta cultivada em diversas partes do mundo, principalmente em regiões de clima ameno. No Brasil, seu cultivo vem crescendo, principalmente pelos pequenos produtores dos cinturões verdes, visando o comércio “in natura”, nas feiras livres e supermercados; e em áreas maiores visando o processamento e congelamento, destinado para indústrias de alimentos e cozinhas industriais.

A importância da espécie também está relacionada às propriedades nutraceuticas, prevenindo determinados tipos de câncer.

Em geral, a parte consumida do brócolis é a inflorescência, que pode ser do tipo ramoso, líder de mercado “in natura” ou do tipo “inflorescência única”, que vem ganhando espaço no mercado “in natura” e é cultivado principalmente para processamento industrial.

Para obtenção de produtos com alta qualidade, há necessidade de conciliar adubação equilibrada, cultivares adaptadas e controle fitossanitário adequado. A adubação balanceada é um importante subsídio na definição de estratégias para prevenção e manejo de determinadas doenças, além de estar diretamente relacionada à produtividade.

O brócolis demanda grande quantidade de nutrientes, principalmente potássio e nitrogênio que, além de estarem envolvidos na produção e

qualidade, também estão diretamente relacionados à severidade de diversas doenças, tanto na sua deficiência quanto no seu excesso.

Dentre as doenças que limitam a produtividade do brócolis destaca-se a “podridão negra das crucíferas”, causada por *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Xcc), uma fitobactéria de ocorrência em todas as regiões produtoras do Brasil e no mundo.

Diversos programas de melhoramento vêm sendo desenvolvidos visando a incorporação de resistência a essa importante doença, mas sua presença nas áreas cultivadas é grande e seus sintomas, tanto vascular como nas folhas acarretam grande prejuízo na produção e qualidade das inflorescências.

Sendo a nutrição uma ferramenta importante para aumentar o nível de resistência das plantas à doença, foi realizado este trabalho, estudando a interação potássio x nitrogênio x Xcc em brócolis tipo inflorescência única, híbrido BRO68, tendo como objetivos:

- Analisar os componentes de produção de brócolis em função da inoculação com Xcc e adubação com diferentes doses de potássio e nitrogênio;
- Estudar o efeito das interações das doses de potássio e nitrogênio na severidade da podridão negra em brócolis;
- Avaliar os teores de N e K em plantas de brócolis, em função da inoculação de Xcc.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura de brócolis

2.1.1 Origem e botânica

A espécie *Brassica oleracea* L. pertencente à família das Brássicas, apresenta diversas variedades botânicas de importância econômica. No Brasil, dentre as mais cultivadas, destacam-se o repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), a couve flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.), a couve comum (*Brassica oleracea* var. *acephala* DC.) e o brócolis (*Brassica oleracea* var. *itálica* Plenck) (SOUZA, 1995). O cultivo dessas espécies é realizado desde 2500 A.C. por gregos e romanos (Giordano, 1983; Souza, 1983).

O brócolis foi originado pela seleção e acúmulo de mutações ocorridas durante o processo de domesticação de *B. sylvestris*, encontrada na região do Mediterrâneo, principalmente na Itália (SILVA, 2001). É uma planta anual, herbácea, com folhas grandes, simples e alterna espiraladas, cujas partes comercializadas são os pedúnculos e botões florais (FILGUEIRA, 1972), embora as folhas sejam também comercializadas (GRILLI et al, 2003).

Dois grupos de variedades são cultivados, um é conhecido como “Ramoso”, que produz uma inflorescência de tamanho pequeno, com granulação grossa,

grande número de brotações laterais, com colheitas múltiplas e comercializadas com os talos em maços e outro grupo de “Inflorescência Única”, também conhecido como tipo “Calabrês”, “Americano”, “Japonês” ou “Ninja” (FILGUEIRA, 2000). Este apresenta inflorescência central de tamanho grande, podendo atingir em média cerca de 400 gramas. Sua inflorescência é mais compacta com botões menores que a do “Ramoso”. Ambos são formados por pequenos botões florais ainda fechados, de coloração verde escura e pedúnculos tenros.

No grupo “Ramoso” as colheitas se iniciam cerca de 90 dias após a semeadura, produzindo colheitas sucessivas, durante três a quatro meses, com intervalos de sete a dez dias (FILGUEIRA, 1972).

Para o tipo “Inflorescência Única” o ciclo de produção pode variar entre 90 a 130 dias; colhe-se a inflorescência principal. A homogeneidade das colheitas é influenciada principalmente pelo material cultivado.

O brócolis tem preferência por clima ameno, resiste a baixas temperaturas e a geadas leves (FILGUEIRA, 1972). O principal fator para a indução do florescimento é a ocorrência de temperaturas baixas, após uma fase vegetativa denominada de período juvenil (SILVA, 2001), onde esta reação varia de acordo com a cultivar, dentro de cada espécie (KNOTT, 1951), citado por Ferreira (1983).

A cultivar do tipo “Ramoso” mais plantada no outono e inverno é a ‘Ramoso de Santana’ e no verão, plantam-se a ‘Precoce de Piracicaba’ e o híbrido F₁ Flórida, que pode ser plantado o ano todo (FILGUEIRA, 2000). As cultivares mais plantadas do tipo “Cabeça Única” são os híbridos Legacy, líder no segmento indústria (www.clicknoticia.com.br/default.asp?not_codigo=56,2003) e ‘Magestic Crown’, ‘Titleist’, ‘Maraton’ e ‘BRO68’, cultivados principalmente no outono e inverno, já que a adaptação e o cultivo no verão ainda são desafios para os melhoristas (SILVA, 2001).

2.1.2 Importância alimentar e econômica do brócolis

O brócolis é uma espécie que vem ganhando cada vez mais importância dentre as hortaliças, pelo alto valor nutritivo. Em 100 gramas do produto cozido contém 3,3 g de proteína; 400 mg de cálcio; 1,5 mg de ferro; 70 mg de fósforo; 402 U.I. de vitamina A; 220,8 mg de vitamina B; 74 mg de vitamina C (FILGUEIRA, 1972), além de apresentar 465 mg de potássio, cerca de três vezes mais que banana (LEBENSMITTELCHEMIE e MUNCHEN, 1991). Outros componentes importantes são os glucosinolatos, em especial a glicorafanina que traz benefícios relacionados à redução de determinados tipos de câncer (ANJO, 2004).

Nos híbridos AF649, Legacy e Green Power tipo cabeça única, minimamente processados foram encontrados valores de vitamina C que variaram de 81,96 a 92,42 mg 100g⁻¹ nos produtos sem armazenamento e 91,91 a 81,22 mg 100g⁻¹ nos produtos armazenados há oito dias sob filme plástico (EVANGELISTA et al., 2004), esses teores são cerca de 80% maior que o encontrado nas laranjas (LEBENSMITTELCHEMIE e MUNCHEN, 1991).

No estado de São Paulo, o brócolis teve um acréscimo na sua área anual plantada de 620 %, passou de 482 ha em 1990 (CAMARGO FILHO & MAZZEI, 2000), para 2993,7 ha em 2003, com uma produção de 4.034,817 engradados com 15 kg (<http://www.iea.sp.gov.br/out/ibcoiea.htm>).

O brócolis tipo “Inflorescência Única” vem aumentando sua aceitação junto aos consumidores, pois este mercado ainda é dominado pelo brócolis “Ramoso”, principalmente na forma “in natura”.

Com o crescimento de grandes redes de cozinhas industriais e de “fast food”, o brócolis tipo “Inflorescência Única” vem ganhando espaço, principalmente na forma congelada, o qual exige inflorescência compacta e grânulos finos, para obter maior qualidade.

Os municípios de Bragança Paulista, Atibaia e Piedade são responsáveis pela produção deste tipo de brócolis no Estado de São Paulo. (Informação Pessoal).*

2.2 Nutrição Mineral e Adubação do Brócolis

As brássicas são grandes extratoras de nutrientes do solo e respondem com alta taxa de conversão num tempo relativamente curto. Para fornecer nutrientes em quantidades adequadas e equilibradas faz-se necessário conhecer a exigência nutricional de cada espécie (KIMOTO, 1993).

Furlani et al. (1978) observaram que no brócolis tipo “Ramoso” os nutrientes mais acumulados foram nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, enxofre, magnésio, cloro, sódio, ferro, alumínio, manganês, zinco, boro, cobre, molibdênio e cobalto.

Magnifico et al. (1979) obtiveram no brócolis “Ramoso” ‘Medium Lote 423’ uma massa da matéria seca de 16.828 kg ha⁻¹, com uma densidade de 20.000 plantas ha⁻¹ em 173 dias de ciclo e removeu 559, 23 e 559 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente.

Shelp e Liu (1992) verificaram que o brócolis cultivar Emperor acumulou 6.850 kg ha⁻¹ de massa seca na densidade de 23.800 plantas ha⁻¹, determinados aos 44 dias após o transplante e removeu 153 kg ha⁻¹ N, 21 kg ha⁻¹ P, 173 kg ha⁻¹ K, 120 kg ha⁻¹ Ca, 11 kg ha⁻¹ Mg, 189 g ha⁻¹ Mn, 108 g ha⁻¹ Zn e 16 g ha⁻¹ Cu.

Rincon et al. (1999) observaram que o brócolis híbrido Marathon, produziu 19.400 kg ha⁻¹ de inflorescência, acumulando 6.200 kg ha⁻¹ de massa seca numa densidade de 50.000 plantas ha⁻¹ e removeu 243,9 kg ha⁻¹ N, 28,7 kg ha⁻¹ P, 240,9 kg ha⁻¹ K, 221,3 kg ha⁻¹ Ca e 23 kg ha⁻¹ Mg.

Lorenz e Maynard (1980) observaram que o brócolis absorve aproximadamente 167 kg ha⁻¹ N, 10 kg ha⁻¹ P e 210 kg ha⁻¹ de K.

* Informação pessoal: obtida através de contato com empresas e revendedoras de sementes.

Magnifico et al. (1979) observaram que o crescimento do brócolis é semelhante ao da couve-flor, sendo lento no primeiro mês após o transplante, acelerando a partir do segundo mês, quando se inicia o alongamento do caule principal e diferenciação dos botões florais. Segundo Rincon et al. (1999) o maior desenvolvimento foliar foi obtido aos 31 dias após transplante e o maior acúmulo de massa da matéria seca foi dos 73 aos 87 dias após o transplante, devido ao maior crescimento da inflorescência.

Kimoto (1993) define o ciclo da planta em quatro estádios: primeiro de 0 a 30 dias após germinação (fase de muda); segundo de 30 a 60 dias após germinação, a fase de expansão e o desenvolvimento das folhas externas e terceiro e quarto estádios, respectivamente fase de diferenciação e desenvolvimento dos botões florais. O segundo e o terceiro estádios são de suma importância para se obter uma inflorescência de qualidade, porém, estes estádios podem variar com a cultivar, estresse de transplante e nutrição.

Vários autores verificaram que a extração de nutrientes nas inflorescências de brócolis é alta e encontraram valores em torno de 59,4 kg ha⁻¹ N, 4,37 kg ha⁻¹ P e 151,83 kg ha⁻¹ K (Magnífico et al., 1979), 20 kg ha⁻¹ N, 1 kg ha⁻¹ P e 44,1 kg ha⁻¹ de K (LORENZ & MAYNARD, 1980) e 32 kg ha⁻¹ N, 5 kg ha⁻¹ P e 29 kg ha⁻¹ K (SHELP e LIU, 1992).

Kowalenko e Hall (1987) estudaram a adubação nitrogenada com nitrato de amônio (NH₄NO₃) em brócolis “Premium Crop”, na densidade de 63.000 plantas.ha⁻¹ e observaram a maior produção de inflorescência na dose de 250 kg ha⁻¹ de N.

Kahn et al. (1991) ao estudarem a interação entre densidade de plantas e doses de nitrogênio no brócolis ‘Premium Crop’, verificaram que houve interação significativa entre estes fatores e concluíram que plantas cultivadas na densidade de 148.000 plantas ha⁻¹ proporcionaram uma produção total maior, mas as cabeças eram menores que na densidade de 74.000 plantas ha⁻¹, e obtiveram as produções máximas nas doses 265 a 371 kg ha⁻¹.

Everaarts (1994) avaliou a adubação nitrogenada com nitrato de cálcio e amônio, em brócolis cv. Emperor variando as doses de 0 a 196 kg ha⁻¹, com densidade de 44.500 plantas ha⁻¹, e concluiu que a adubação nitrogenada aumentou a

produção, produzindo 9.400 kg ha⁻¹ de inflorescência na maior dose, além de verificar que o aumento do nitrogênio prolongou o ciclo da planta.

Zebarth et al. (1995) estudando a mesma cultivar Emperor e a adubação nitrogenada com nitrato de amônio, obtiveram produções máximas de inflorescência na densidade de 77.500 plantas ha⁻¹, com 20.400, 16.000 e 18.740 kg ha⁻¹, com doses de 436, 558 e 441 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Everaarts e Willigen (1999) observaram produções máximas de brócolis 'Emperor' na densidade de 44.400 plantas ha⁻¹, com a dose de 300 kg ha⁻¹ de N (nitrato de cálcio e amônio).

As doses recomendadas de nitrogênio para o estado de São Paulo por Trani et al.(1997) são de 60 kg ha⁻¹ no plantio e de 15 a 200 kg ha⁻¹ de cobertura, totalizando de 75 a 260 kg ha⁻¹.

Já Wyatt et al. (1989) verificaram que ao suplementar a adubação com potássio na fase de mudas as plantas aumentaram a produção, porém aumentaram a incidência de talo oco em aplicações com concentrações superiores a 1000 mg L⁻¹.

Peck e MacDonald (1986) ao estudarem a interação entre doses de superfosfato triplo (0, 38, 151 e 605 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e cloreto de potássio (0, 40, 161 e 643 kg ha⁻¹ de K₂O), verificaram maiores produtividades a 643,2 kg ha⁻¹ de K₂O e 151,2 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo. Os teores de nutrientes variaram de 3,0 a 5,6 g de P kg⁻¹ de massa de matéria seca; 10 a 25 g de K por kg de massa seca de K; 13,6 a 21,4 g de Ca por kg de massa seca; 2,6 a 4,2 g de Mg por kg⁻¹ de massa seca. O aumento das doses de potássio elevaram linearmente os teores de K e reduziram os teores de Ca e Mg, mas não foram significativos para P, na folha.

A recomendação de adubação potássica para o estado de São Paulo varia de 240 kg ha⁻¹ de K₂O no plantio e 60 a 120 kg ha⁻¹ de K₂O na cobertura, totalizando 300 a 360 kg ha⁻¹ de K₂O, para solos com baixos teores de potássio e variação de densidade de 20.000 a 31.250 plantas ha⁻¹ (TRANI et al., 1997).

Raij et al. (1985) recomendam 15 g por planta de K₂O, o que é equivalente à dose de 427,5 kg ha⁻¹, neste experimento.

2.3 Nutrição X doença de plantas

O manejo nutricional adequado, além de produzir respostas na produção, pode também refletir diretamente na sanidade da planta. As plantas que recebem nutrição mineral balanceada são mais resistentes às doenças, protegendo-se de novas infecções e reduzindo a severidade das já existentes, em relação àquelas que recebem adubação em doses excessivas ou em deficiência (VELASCO, 1999). É evidente que a severidade de muitas doenças de plantas podem ser reduzidas mediante o controle químico, biológico, genético e pela nutrição (HUBER, 1990).

Huber (1994) mostra a eficiência da interação dos efeitos da nutrição mineral e práticas culturais que influenciam na disponibilidade e absorção de nutrientes pela planta, induzindo maior tolerância destas no campo. Zambolim et al. (1997) complementam, que a nutrição mineral ainda pode influenciar de forma secundária, modificando a sua forma de crescimento, morfologia e anatomia das plantas, e ainda sua composição química. Segundo Marschner (1995) o aumento da resistência através da anatomia pode se dar através de células da epiderme mais espessas e maior grau de lignificação e ou silicificação.

Segundo Taiz e Zeiger (2002), a suberina, cutina e ceras são compostos que conferem proteção à superfície da planta. A suberina está presente nas partes subterrâneas, caules lenhosos e nos ferimentos cicatrizados, a cutina está presente em toda a parte aérea e as ceras estão associadas às outras, formando barreiras de proteção a entrada de patógenos.

A composição química pode ser afetada pelo acúmulo de compostos orgânicos de baixo peso molecular, como a glicose, sacarose e aminoácidos aumentando a suscetibilidade a patógenos (SILVEIRA e HIGASHI, 2003).

A adubação também pode afetar a produção de metabólitos secundários na planta, que possuem função de defesa contra patógenos e pragas, atratividade de polinizadores e agentes de competição; estes podem ser terpenos (piretróides, óleos essenciais e saponinas), compostos nitrogenados (alcalóides, glicosídeos cianogênicos, glucosinatos e aminoácidos não-proteicos) e compostos fenólicos (lignina,

fitoalexinas e taninos). A lignina está presente em grande quantidade nas plantas e confere a rigidez mecânica, fortalecendo os caules, tecidos vasculares, e é depositado preferencialmente na parede secundária; pode também bloquear o crescimento dos patógenos. As fitoalexinas se acumulam em torno da infecção e apresentam atividade antimicrobiana. Os taninos auxiliam na prevenção, na decomposição do cerne por fungos e bactérias (TAIZ e ZEIGER, 2002).

Desta forma, deve-se conhecer a relação de cada nutriente com a planta e o patógeno, pois a incidência e severidade da doença estão relacionadas ao efeito da fertilização mineral e o metabolismo. As concentrações dos elementos nos tecidos das plantas resistentes e suscetíveis, as condições que influenciam a disponibilidade de minerais e a combinação de todos os elementos juntos podem determinar a relação planta patógeno (HUBER, 1990).

As quantidades disponíveis de um determinado nutriente no solo podem determinar o aumento ou a diminuição de suscetibilidade às doenças, dependendo da combinação hospedeiro-patógeno, das interações destes nutrientes com outros fatores ambientais e da razão ou balanço com outros nutrientes (KRUGNER, 1978). A deficiência ou o excesso de um elemento influencia a atividade de outros e exerce efeito notável com conseqüências que repercutem no metabolismo da planta. A presença de um elemento não implica que este esteja disponível para o crescimento da planta. Sua disponibilidade depende da capacidade assimilativa da planta e do meio ambiente, como pH, umidade e temperatura (ZAMBOLIM e VENTURA, 1996).

Dentre os macronutrientes, o nitrogênio e o potássio têm importância destacada, tanto na produção quanto na resistência a doenças (HUBER, 1980; HUBER e ARNY, 1985; HUBER, 1994; MARSCHENER, 1995; SILVEIRA e HIGASHI, 2003 e YAMADA, 2005).

O nitrogênio, que é retido em grande parte nas folhas (MAGNIFICO et al., 1979), desempenha importante papel na nutrição mineral, bioquímica e na fisiologia das plantas, sendo responsável por importantes processos fisiológicos (fotossíntese, respiração, desenvolvimento e atividade das raízes, absorção iônica de outros nutrientes, crescimento, diferenciação celular e genética) (CARMELLO, 1999). Também é

constituente de aminoácidos, proteínas, hormônios de crescimento, fitoalexinas e fenóis (HUBER, 1980).

O efeito do nitrogênio na resistência de doenças é totalmente dependente da dose, pois em doses adequadas contribui para a síntese de fenóis e alcalóides, mas em altas concentrações reduz a produção de compostos fenólicos, ligninas, devido a demanda de carbono na fotossíntese via ciclo de Krebs, comprometendo a síntese dos metabólitos secundários pela via do ácido chiquímico (YAMADA, 2004). Também resulta na produção de tecidos jovens e suculentos, podendo prolongar o estágio vegetativo, criando condições favoráveis ao ataque de patógenos (ZAMBOLIM e VENTURA, 1997).

O potássio por sua vez, além de ser um elemento de extrema importância para o brócolis, é encontrado em altas porcentagens na matéria seca (caule 6,34 %, cabeças 3,85%, folhas 3,80% e raízes 3,26%) (MAGNIFICO et al., 1979). Possui a função de ativador enzimático (cerca de 60 enzimas), participa das reações de fosforização, síntese de carboidratos, respiração e síntese de proteínas, regula a turgidez dos tecidos controlando a abertura e o fechamento dos estômatos (MALAVOLTA, 1985). Este também contribui para o aumento da qualidade do produto, melhorando o aspecto, coloração, sabor e propriedades culinárias. Também auxilia na resistência a doenças, por equilibrar a adubação nitrogenada e tornar os tecidos mais fibrosos, aumentando a resistência fúngica e bacteriana (FILGUEIRA, 2000).

Esse efeito favorável foi descrito por Bedendo (1995) como uma ação direta, dificultando o estabelecimento e desenvolvimento do patógeno no hospedeiro, além de atuar indiretamente, promovendo a cicatrização de ferimentos e dificultando a penetração de agentes patogênicos.

O potássio tem papel na conversão de açúcares e compostos nitrogenados simples em compostos de alto peso molecular como celulose, amido e proteína, reduzindo os aminoácidos e açúcares que são alimentos para pragas e doenças (YAMADA, 2005). Quando a planta está deficiente neste nutriente, o transporte de carboidratos produzidos nas folhas para outros órgãos não é adequado (MALAVOLTA, 1985).

A adubação equilibrada de nitrogênio e/ou potássio tem sido exposta como fator preponderante para a redução de doenças bem como o efeito desses elementos no aumento ou redução da suscetibilidade em diversas culturas.

Everaarts (1994) observou em brócolis que o aumento das doses de nitrogênio aumentou a suscetibilidade à podridão mole (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*).

Canaday e Wyatt (1992) verificaram em brócolis aumento linear da severidade e incidência de podridão mole (*Pseudomonas marginalis*) ao estudarem doses crescentes de nitrogênio, variando de 10 a 170 kg ha⁻¹ de N (nitrato de amônio).

Silva Jr. (1986) verificou que em repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) a adubação nitrogenada com adubo orgânico e sulfato de amônio aumentaram a suscetibilidade à podridão negra (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) e que a presença da adubação potássica reduziu a severidade.

Kumar e Sharma (1997) verificaram que na couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) a severidade da doença não teve relação com a aplicação foliar de nitrogênio nas doses de 0 a 300 kg ha⁻¹.

Nayudu e Walker (1961) verificaram que em tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) ocorreu redução da severidade de mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*) quando os níveis de N foram reduzidos e os níveis de K elevados nos tecidos foliares, contudo, Jones *et al.* (1988) observaram que o aumento de doses de nitrogênio reduziu a severidade da doença e o mesmo foi observado por Mcguire *et al.* (1991) quando utilizaram nitrato de amônio e cloreto de potássio.

Chase (1989) observou que o aumento do nitrogênio e potássio empregados na adubação, reduziram a severidade da queima de *Xanthomonas* em *Syngonium podophyllum*.

2.4 Podridão negra das brássicas

2.4.1 Aspectos gerais da podridão negra

A podridão negra foi primeiramente observada por PAMMEL em 1890 no Estado de Iowa, EUA e o agente causal foi denominado *Bacillus campestris*, em 1895. Esse mesmo organismo foi posteriormente encontrado em Wisconsin, no mesmo país e logo reconhecido em muitas outras regiões do globo (GOTO, 1992). Com a reformulação geral da taxonomia de bactérias fitopatogênicas e a adoção do termo "patovar", o agente causal da podridão negra foi classificado como *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (DYE et al., 1980).

Esta bactéria apresenta distribuição mundial, e pode promover consideráveis reduções de produtividade e de qualidade do produto (MARINGONI, 1997), sendo que já foram registradas perdas de até 60% em repolho (DZHALILOV e TIWARI, 1995) e em casos extremos podem levar à perda total na colheita (MCLAURIN, 1999) em cultivares extremamente suscetíveis.

No Brasil, a podridão negra foi assinalada pela primeira vez em 1935 por Drummond Gonçalves, em Santo Amaro-SP, arredores da cidade de São Paulo, afetando o repolho. Em 1939, a doença foi observada por Rita Cássia Lacerda no Estado do Rio de Janeiro, na Estação Fitossanitária de São Bento, onde provocou a perda total de uma cultura de repolho cujas sementes haviam sido importadas da França. Em 1949, Charles F. Robbs, registrou e estudou essa bacteriose no então Distrito Federal e em outras regiões do Estado do Rio de Janeiro (SILVEIRA, 1949) citado por Souza (1995).

Essa bactéria têm forma de bastonete, possui um flagelo polar, é gram-negativa e não apresenta endósporo; as colônias são brilhantes e amarelas (BEDENDO, 1995).

A bactéria tem crescimento em ambientes com temperatura que variam de 4,5 a 39°C (TOKESHI e SALGADO, 1980), mas é favorecida por temperaturas entre 28 e 30°C. A presença de água é preponderante para o desenvolvimento da doença, seja de irrigação, chuva ou condensação (MARINGONI, 1997), mas apresenta grande

adaptabilidade a diferentes condições ambientais, principalmente quando há maior quantidade de inóculo (AZEVEDO et al., 2002).

A sua disseminação se dá através de sementes ou mudas contaminadas (MCLAURIN, 1999), restos culturais infectados e/ou estruturas de sobrevivência, além de apresentar grande efeito da disseminação secundária a curta distância (AZEVEDO et al., 2002).

A penetração de Xcc se dá por aberturas naturais (hidatódios e estômatos) (RODRIGUES NETO e MALAVOLTA JR., 1995) ou por ferimentos provocados na superfície da parte aérea das folhas (MARINGONI, 1997).

Os sintomas da podridão negra podem aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento, desde a fase cotiledonar lesionando as folhas, causando manchas e posterior queda. Nas folhas definitivas, a bactéria penetra pelos hidatódios, provocando lesões amareladas, progredindo em forma de “V”, em direção ao centro da folha e fica limitada pelas nervuras (MATSUOKA et al., 1983; GOTO, 1992; AZAVÊDO et al., 2002).

Com o decorrer, essas lesões avançam para a nervura principal e adquirem uma tonalidade marrom-clara, secando a folha e posteriormente a queda da mesma (MATSUOKA et al., 1983; GOTO, 1992; AZEVÊDO et al., 2002).

Ao escurecimento dos vasos é atribuído o transporte de substâncias resultantes da oxidação e polimerização de compostos fenólicos, que são lançados ao sistema vascular pelas células do parênquima. Os sintomas de murcha ocorre pela interrupção do suprimento de seiva, causado pelo bloqueio dos vasos (MATSUOKA et al., 1983; AGRIOS, 1988; BEDENDO, 1995). Também ocorrem quedas de folhas, pelo aumento do etileno nos tecidos (LEITE e PASCHOLATI, 1995).

Uma das medidas mais efetivas para o controle da doença são variedades resistentes. Diversos genótipos de repolho considerados “tolerantes” à podridão negra, muitas vezes apresentam-se suscetíveis (HENZ et al., 1991), em brócolis esta doença tem sido observada em diversas regiões produtoras.

2.4.2 Métodos de inoculação de *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

A inoculação artificial do patógeno visa testar a patogenicidade de um determinado microorganismo associado aos sintomas nas plantas ou selecionar material genético em programas de melhoramento para resistência (SOUZA, 1995), para isto deve se adequar à metodologia de inoculação a ser utilizada.

A metodologia envolve a concentração do inóculo, métodos de inoculação e agressividade do patógeno, além de condições ambientais ideais para que este se desenvolva e avaliação.

A concentração de 10^8 UFC mL⁻¹ é amplamente utilizada para *Xcc*, tanto para detecção de genótipos de brássicas resistentes, quanto para estudo de metodologia de inoculação (KIMOTO, 1968; HENZ et al., 1988; HENZ et al., 1991). Souza (1995) estudou três concentrações 10^4 , 10^6 e 10^8 UFC mL⁻¹ de *Xcc* em couve comum; verificou-se que as duas maiores concentrações apresentaram melhores resultados.

Vários métodos de inoculação foram descritos e empregados com o objetivo de avaliar resistência a *Xcc* em outras variedades de brássicas (HENZ et al, 1988).

Kimoto (1968) relatou que a aspersão do inóculo, associado ao uso de câmara úmida, produziu resultados satisfatórios em trabalhos de “screening” para resistência a *Xcc* em repolho.

Outros métodos de inoculação são também descritos por diversos autores, como micropipeta (deposição de gotas na axila da folha mais velha, depois de feridas com alfinete), injeção no caule e embebição de sementes no inóculo, corte da folha com tesoura e ferimentos provocados por palito no caule (HENZ et al, 1988).

A agressividade do isolado é de grande importância, pois um isolado pouco agressivo pode mascarar a reação dos genótipos, sem separá-los convenientemente em termos de resistência à podridão negra (HENZ et al., 1987).

Na literatura existem referências sobre a diferença em termos de virulência e variabilidade entre isolados. Sutton & Williams (1970) observaram em repolho, que o isolado B87-S1 foi considerado mais virulento que o B87-S2, sendo que este segundo foi obtido pela observação de diferenças na coloração e forma das colônias em placas com meio BDA.

Machado (1985) obteve 67 isolados de *Xcc* provenientes de ervas daninhas, destes isolados somente 15 mostraram-se patogênicos a brássicas, sendo que um dos isolados atacava somente repolho e outro somente couve.

Henz et al. (1987) coletaram 56 isolados de *Xcc* de diversas crucíferas, provenientes de diferentes localidades brasileiras e verificaram que houve variação da virulência entre os isolados inoculados em repolho, sendo que os isolados 006 e 007 mostraram-se mais agressivos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do Experimento

O experimento foi conduzido sob ambiente protegido do Setor de Horticultura. A parte fitopatológica foi desenvolvida no Laboratório de Bacteriologia Vegetal do Setor de Defesa Fitossanitária, ambos pertencentes ao Departamento de Produção Vegetal. As análises químicas de solo e foliares foram realizadas no Departamento de Recursos Naturais, Setor Ciência do Solo, pertencentes à Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Botucatu.

O Câmpus está localizado numa altitude média de 800 metros do nível do mar, com uma latitude sul 22° 52' 20" e longitude oeste 48° 26' 37". O tipo climático, segundo Koeppen, é o Cwb (mesotérmico de inverno seco) (ESPÍNDOLA et al., 1974).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em parcelas subdivididas. As inoculações foram avaliadas na parcela em que as plantas foram injuriadas com palito dental umedecido em água destilada (testemunha) e com *Xcc* (inoculada). Na subparcela foi utilizado o esquema fatorial 4 x 4, onde foram avaliados quatro doses de potássio (0, 275, 550 e 825 kg ha⁻¹) e quatro doses de nitrogênio (0, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹) (Tabela 1). As parcelas foram dispostas em quatro blocos casualizados (repetições), mas para realizar a análise química das plantas foram utilizados três repetições, descartaram-se as amostras do bloco 4.

As doses de potássio e nitrogênio foram definidas através do boletim 100 do IAC, que recomenda cerca de 360 kg ha⁻¹ de potássio para solos de baixa fertilidade e 260 kg ha⁻¹ de nitrogênio (TRANI et al., 1997) e de acordo com os dados obtidos por Magnífico et al. (1979) verificou-se uma remoção de 723 kg ha⁻¹ de potássio e 559 kg ha⁻¹ de nitrogênio em brócolis ramoso.

Tabela 1. Tratamentos utilizados para avaliação do efeito das doses de potássio e nitrogênio na suscetibilidade de brócolis, híbrido BRO68, a podridão negra (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Tratamentos		Doses de potasio (kg ha ⁻¹)				Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
		0	275	550	825	0	150	300	450
I	NI	X				X			
I	NI	X					X		
I	NI	X						X	
I	NI	X							X
I	NI		X			X			
I	NI		X				X		
I	NI		X					X	
I	NI		X						X
I	NI			X		X			
I	NI			X			X		
I	NI			X				X	
I	NI			X					X

NI – Não inoculado, I – Inoculado *Xcc*

3.3 Correção, Adubação e Análise Química do Solo

O solo utilizado foi coletado em área denominada Patrulha, da Fazenda Experimental Lageado, classificado como Latossolo Vermelho Escuro Álico, textura média (EMBRAPA, 1999).

Na Tabela 2 constam os resultados da análise química desse solo antes de realizar a correção e adubação. A calagem foi realizada para elevar a saturação por base a 80%, com calcário dolomítico (PRNT 91%).

Tabela 2. Resultados da análise química do solo utilizado no experimento após coleta. Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	
				-----mmolc dm ⁻³ -----						%
4,1	9	0	31	0,2	2	2	4	35	12	
	B	Cu	Fe	Mn	Zn					
	-----mg dm ⁻³ -----									
	0,08	0,5	22	0,2	0,04					

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciência do Solo da FCA – UNESP.

Após 30 dias da calagem, adicionou-se ao solo 450 kg de P₂O₅ ha⁻¹ (superfosfato simples – 18% de P₂O₅), 45% da dose de potássio (cloreto de potássio - 60% de K₂O) e 10% do nitrogênio (uréia – 45 % de N). Estes foram adicionados ao solo e homogeneizados em betoneira, e posteriormente colocados em vasos de dez litros, conforme recomendado para brócolis tipo inflorescência única (Seabra Jr. et al., 2004).

Depois de corrigido e adubado com os respectivos tratamentos, foram realizadas amostragens do solo para conferir as adubações aplicadas (Tabela 3), sendo cada amostra composta por dez amostras simples de cada tratamento.

Tabela 3. Resultados da análise química do solo da área experimental, após correção e aplicação da adubação de plantio. Botucatu –SP, 2004.

Tratamentos -K ₂ O (kg ha ⁻¹)	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	H + Al -----mmol _c dm ⁻³ -----	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	
0	6,9	8	38	10	0,4	50	8	59	68	86	
275	7,0	8	42	10	1,1	54	7	62	72	87	
550	7,1	7	38	9	1,6	39	7	48	57	84	
825	7,0	9	49	10	2,5	44	9	56	66	85	
		B	Cu	Fe	Mn	Zn					
		-----mg dm ⁻³ -----									
0	0,05		0,5		15	0,7				0,3	
275	0,08		0,4		12	0,8				0,3	
550	0,05		0,4		12	0,7				0,2	
825	0,09		0,4		12	0,8				0,3	

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciência do Solo da FCA – UNESP.

As adubações de cobertura iniciaram-se aos dez dias após transplante de mudas de brócolis (02/04/2004), na qual aplicaram-se 5,0 kg ha⁻¹ de bórax (11% B), 14 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco (22% Zn), 37 kg ha⁻¹ de gesso agrícola (15% S) e 45 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo (15% P₂O₅) em cobertura.

As adubações de cobertura foram realizadas por fertirrigação com potássio e nitrogênio, parcelando conforme o desenvolvimento das plantas de brócolis (Tabela 4), no sistema de fertirrigação.

Tabela 4. Datas das aplicações em cobertura, de adubos potássicos e nitrogenados, em brócolis. Botucatu –SP, 2004.

Datas de aplicação da adubação	Dias após transplante	Potássio (%)	Nitrogênio (%)
Adubação de plantio	0	45	10
29/mar/04 (39 DAS*)	6	0	5
02/abr/04 (44 DAS)	10	0	5
06/abr/04 (48 DAS)	14	5	12,5
14/abr/04 (56 DAS)	22	5	12,5
29/abr/04 (71 DAS)	37	10	12,5
05/mai/04 (77 DAS)	43	10	12,5
10/mai/04 (82 DAS)	48	10	15
17/mai/04 (89 DAS)	55	15	15

*DAS – Dias após semeadura

Realizaram-se duas adubações foliares, aos 15 dias e aos 30 dias após o transplante, com bórax (11%B) na concentração de 1 g L⁻¹ e molibdato de amônio (54% Mo) na concentração de 0,5 g L⁻¹.

No dia da inoculação de *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* em brócolis (64 dias após semeadura) foram coletadas amostras de solo (Tabela 5), sendo uma amostra composta por quatro vasos, para cada repetição.

Tabela 5. Resultados da análise química do solo no dia da inoculação com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* em brócolis. Botucatu –SP, 2004.

Tratamentos		ph	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S		
K ₂ O	N	CaCl ₂	g dm ⁻³	Mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----								%	mg dm ⁻³
0	0	7,0	8	42	10	1,0	42	8	51	60	84	27		
0	150	6,6	7	37	11	0,8	35	6	42	52	79	19		
0	300	6,7	8	23	11	0,8	34	6	41	52	78	17		
0	450	6,5	6	23	13	1,2	43	6	50	63	80	19		
275	0	7,0	7	25	9	2,8	39	6	48	57	84	18		
275	150	6,4	7	26	13	2,2	33	6	41	54	77	14		
275	300	6,8	8	22	11	1,9	43	7	51	62	83	21		
275	450	6,7	7	26	11	2,9	46	6	55	67	83	35		
550	0	7,1	8	30	9	3,8	37	5	46	55	83	27		
550	150	6,8	7	32	11	3,4	39	6	49	60	82	17		
550	300	6,7	8	27	11	5,2	46	7	59	69	84	25		
550	450	6,5	13	26	12	5,2	40	7	52	64	81	41		
825	0	6,9	17	39	10	6,4	47	6	60	69	86	42		
825	150	6,6	32	29	12	5,9	37	6	50	61	81	25		
825	300	6,5	26	25	11	6,1	28	5	40	51	78	21		
825	450	6,5	17	34	12	5,7	35	6	46	58	79	33		

K ₂ O	N	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg dm ⁻³ -----						
0	0	0,42	0,5	10	0,9	3,6
0	150	0,29	0,5	7	1,1	2,2
0	300	0,34	0,5	7	1,1	2,2
0	450	0,60	0,4	8	1,2	4,7
275	0	0,26	0,5	9	1,0	2,6
275	150	0,48	0,5	6	1,3	4,2
275	300	0,41	0,5	8	1,3	4,2
275	450	0,85	0,5	8	1,2	10,2
550	0	0,35	0,5	9	1,0	9,2
550	150	0,40	0,4	5	1,1	3,5
550	300	0,46	0,4	8	1,2	3,5
550	450	0,68	0,4	8	1,4	5,8
825	0	0,44	0,5	10	1,1	5,0
825	150	0,38	0,4	8	1,2	4,9
825	300	0,37	0,4	7	1,3	4,3
825	450	0,54	0,4	8	1,3	4,9

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciência do Solo da FCA – UNESP. K₂O - Potássio, N – Nitrogênio.

Na colheita, foram coletadas amostras de solo (Tabelas 6 e 7), sendo uma amostra de cada tratamento, composta por amostras coletadas em cada parcela experimental.

Tabela 6. Resultados da análise química de macro e micronutrientes do solo na colheita de brócolis, dos tratamentos não inoculados. Botucatu –SP, 2004.

Tratamentos			PH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S	
Inoc.	K ₂ O	N	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----							%	mg dm ⁻³
NI	0	0	6,7	5	39	10	0,2	41	7	49	59	83	5	
NI	0	150	6,3	6	24	13	0,3	44	8	52	64	80	5	
NI	0	300	6,3	6	40	13	0,4	41	8	50	63	79	3	
NI	0	450	6,6	6	41	11	0,4	37	8	46	57	80	2	
NI	275	0	6,9	6	39	9	4,0	45	8	57	66	86	5	
NI	275	150	6,2	6	14	13	1,8	31	5	42	54	77	15	
NI	275	300	6,2	5	11	12	1,3	27	5	34	46	74	3	
NI	275	450	6,0	6	11	14	0,7	37	14	52	66	79	4	
NI	550	0	7,0	5	58	9	4,5	44	7	55	64	86	5	
NI	550	150	7,1	6	12	9	3,3	46	8	57	66	87	3	
NI	550	300	6,8	6	15	10	4,1	37	7	48	58	83	3	
NI	550	450	6,3	5	25	11	2,6	30	7	40	51	78	2	
NI	825	0	7,1	6	67	9	6,4	42	8	57	66	86	4	
NI	825	150	6,5	6	17	11	5,3	27	6	38	49	78	4	
NI	825	300	6,2	5	10	11	6,4	29	5	40	52	78	2	
NI	825	450	6,6	5	14	11	5,5	37	10	53	64	83	6	

Tratamentos			B	Cu	Fe	Mn	Zn
Inoc.	K ₂ O	N	-----mg dm ⁻³ -----				
NI	0	0	0,13	0,4	9	1,1	0,7
NI	0	150	0,39	0,4	9	1,1	0,9
NI	0	300	0,20	0,4	9	1,0	1,5
NI	0	450	0,18	0,4	8	1,0	0,8
NI	275	0	0,21	0,4	8	1,0	4,2
NI	275	150	0,30	0,4	10	0,9	0,4
NI	275	300	0,17	0,4	8	1,0	0,6
NI	275	450	0,27	0,5	8	1,0	0,2
NI	550	0	0,24	0,5	8	0,8	0,6
NI	550	150	0,27	0,4	7	0,8	0,2
NI	550	300	0,16	0,3	6	1,0	1,2
NI	550	450	0,17	0,4	7	1,1	0,1
NI	825	0	0,21	0,4	7	0,9	0,1
NI	825	150	0,16	0,4	8	1,1	0,5
NI	825	300	0,24	0,4	6	1,0	0,0
NI	825	450	0,18	0,4	8	1,0	0,2

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciência do Solo da FCA – UNESP. NI - Não inoculado, K₂O - Potássio, N – Nitrogênio.

Tabela 7. Resultados da análise química de macro e micronutrientes do solo na colheita de brócolis, dos tratamentos inoculados com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. Botucatu –SP, 2004.

Tratamentos		PH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S	
Inoc.	K ₂ O	N	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%	mg dm ⁻³
I	0	0	7,1	5	51	9	0,6	58	9	68	77	88	4
I	0	150	6,7	6	43	11	0,3	40	7	47	58	81	3
I	0	300	6,3	5	26	12	0,6	34	7	42	54	78	4
I	0	450	6,3	5	30	13	0,4	30	7	37	50	75	3
I	275	0	7,0	5	42	9	5,0	45	7	56	65	87	5
I	275	150	6,5	6	18	11	0,8	39	7	46	58	80	2
I	275	300	7,1	6	11	9	0,8	55	8	64	73	87	3
I	275	450	6,4	7	14	12	1,1	34	8	42	54	78	4
I	550	0	7,0	5	61	9	4,5	45	7	57	66	86	4
I	550	150	6,9	5	19	10	2,8	30	5	38	48	80	4
I	550	300	6,9	5	13	10	1,7	32	6	40	50	81	3
I	550	450	6,7	5	25	11	4,4	39	7	50	61	82	13
I	825	0	7,0	5	58	9	5,2	39	6	50	59	85	4
I	825	150	6,6	6	18	11	5,6	26	5	37	48	77	3
I	825	300	6,5	5	14	11	4,7	29	6	39	50	78	2
I	825	450	6,6	5	16	11	6,4	36	7	49	60	82	4

Tratamentos		B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Inoc.	K ₂ O	N	-----mg dm ⁻³ -----				
I	0	0	0,17	0,3	7	0,8	0,6
I	0	150	0,29	0,4	9	1,1	1,4
I	0	300	0,27	0,4	9	1,2	1,6
I	0	450	0,23	0,4	9	1,1	0,5
I	275	0	0,27	0,3	7	0,9	3,2
I	275	150	0,25	0,3	7	1,0	0,6
I	275	300	0,27	0,3	8	0,9	0,3
I	275	450	0,27	0,4	8	1,0	0,8
I	550	0	0,27	0,4	8	0,9	1,8
I	550	150	0,21	0,4	7	1,0	0,3
I	550	300	0,25	0,4	7	1,0	0,2
I	550	450	0,46	0,4	7	1,2	4,6
I	825	0	0,23	0,4	8	1,0	4,1
I	825	150	0,14	0,4	9	1,0	0,8
I	825	300	0,21	0,3	8	1,2	0,2
I	825	450	0,29	0,3	7	1,0	1,1

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciência do Solo da FCA – UNESP. I – Inoculado Xcc, K₂O - Potássio, N – Nitrogênio, 2004.

3.4 Instalação e realização do experimento

As mudas de brócolis foram produzidas em ambiente protegido, numa estrutura tipo arco, com dimensão de 7 x 30 m, pé direito de 3 m de altura e coberta com filme de polietileno transparente de 100 µm de espessura, localizado na Fazenda Experimental São Manuel, São Manuel/SP.

Utilizaram-se bandejas de poliestireno expandido, tipo 128/6 (formato de pirâmide invertida), com volume de 34,6 cm³ de substrato. A semeadura foi realizada aos 18 de fevereiro de 2004, com uma semente por célula.

A cultivar utilizada foi o híbrido BRO68 (Rogers), brócolis do tipo inflorescência única. É produzido principalmente visando o mercado fresco, mas também é processado.

Este híbrido apresenta altura média de 0,50 a 0,60 m, inflorescência principal globular, com peso médio de 350 a 400 g e granulação média. O ciclo varia de 80 a 90 dias, dependendo da época de cultivo, pois esta é recomendada tanto para outono quanto para o inverno (http://www.syngentaseeds.com.br/novosite/brócolis_bro68.asp).

O substrato utilizado foi preparado com 60 litros de terra de barranco, 60 L de esterco de curral, 30 L de casca de arroz carbonizada, 400 g da fórmula 4-14-8 e 70 g de superfosfato simples. A irrigação das mudas foi feita manualmente, duas vezes por dia, até o momento do transplante.

Na condução do experimento após o transplante, foi utilizado estrutura tipo arco, com pé direito de 3,2 m de altura, nas dimensões de 7,0x 50,0 m, coberta com polietileno transparente de 150 µm de espessura, fechando-se as cortinas laterais conforme necessidade.

As mudas de brócolis foram transplantadas (23/03/2004) aos 33 dias após a semeadura, em vasos com dez litros de solo, no espaçamento de 0,6 m entre linhas e 0,5 m entre plantas; totalizou uma população de 28.500 plantas ha⁻¹ (descontaram-se 15% da área para carregadores).

A irrigação foi realizada através de sistema de gotejamento com um tubo gotejador por linha de vasos, com espaçamento entre os emissores de 0,5 m e vazão de

4 L hora⁻¹ (Figura 1). Procurou-se manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo.



Foto: Seabra Jr, S.

Figura 1. Vista parcial do sistema hidráulico (A) e vista geral da área experimental (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

O controle fitossanitário foi realizado conforme a necessidade da cultura, com fungicidas e inseticidas específicos.

Os estádios de desenvolvimento de acordo com Kimoto (1993) e suas respectivas datas estão apresentados na Figura 2.

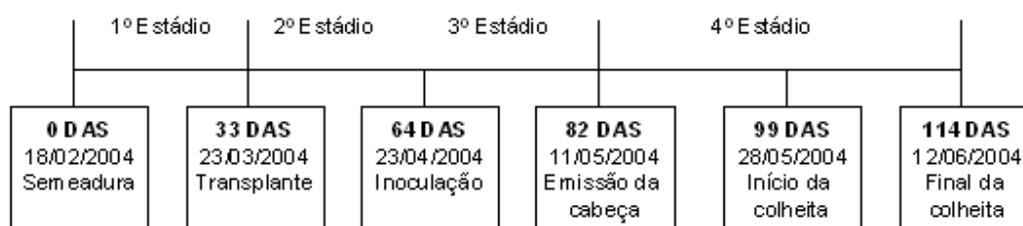


Figura 2. Fluxograma dos estádios de desenvolvimento de brócolis no experimento. Botucatu-SP, 2004.

3.5 Obtenção do Isolado Bacteriano de *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

Foi utilizado o isolado CM2917A de Xcc, da coleção bacteriana do Departamento de Produção Vegetal, Setor de Defesa Fitossanitária, que estava preservado em óleo mineral (MARINGONI, 1995), escolhendo-se o mais patogênico através de teste de patogenicidade.

O patógeno foi reativado através de repicagem para o meio de cultura nutriente líquido (extrato de carne – 3,0 g; peptona – 5,0 g; água destilada – 1000 mL) e incubado a 28°C, durante 24 horas, sendo transferido após este período, para placas de Petri contendo meio de cultura NSA + amido (extrato de carne – 3,0 g; peptona – 5,0 g; Agar – 15 g; água destilada – 1000 mL; acrescido de sacarose – 5,0 g e amido – 2,0 g). As placas permaneceram em incubação durante 72 horas, à temperatura de 28°C.

3.6 Inoculação de *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

Para o preparo do inóculo foram utilizadas colônias puras do isolado de Xcc (CM2917A) que foi repicado para placas de Petri, contendo meio de cultura NSA, e incubado a 28° C, durante 72 h. A concentração de 10^8 UFC mL⁻¹ foi obtida a partir de diluições feitas de acordo com a curva de calibração previamente obtida ($Y=0,9022- 0,7665 X$; onde Y= absorvância e $X= \text{UFC mL}^{-1} 10^8$), ajustadas em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 550 nm.

As plantas de brócolis foram inoculadas aos 64 dias após semeadura (23/04/2004), quando se apresentavam com cerca de oito folhas definitivas, pelo método de “palito”, que consiste em introduzir o palito de dente previamente embebido por três horas no inóculo ou em água na base do caule da planta, num local equidistante entre as folhas cotiledonares e a primeira folha (HENZ et al., 1988) (Figura 1 A e 2). As plantas foram inoculadas neste estágio, pois se necessitava de um diâmetro mínimo para introduzir o palito e havia plantas que não foram adubadas com nitrogênio e/ou potássio, que não apresentava o diâmetro mínimo.

Foram realizados furos no caule com o inoculador (Figura 3 B), para facilitar a introdução dos palitos no caule das plantas de brócolis.

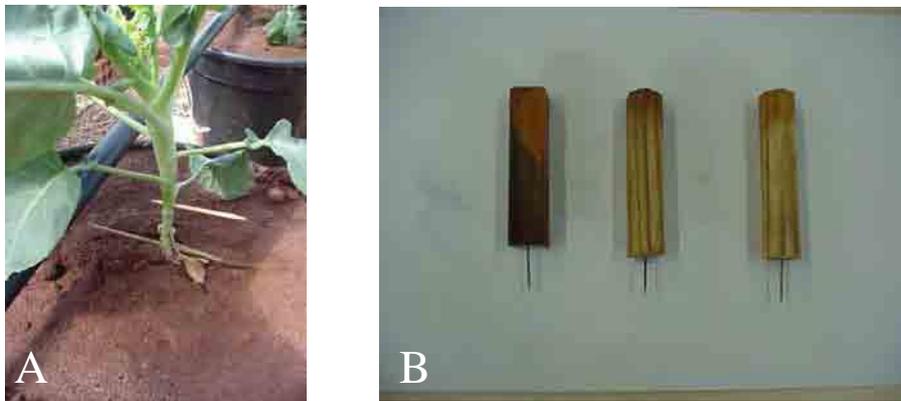


Foto: Seabra Jr, S.

Figura 3. Vista parcial da planta de brócolis no dia da inoculação com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (A) e inoculador (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.



Foto Seabra Jr, S.

Figura 4. Vista parcial do experimento com brócolis no dia da inoculação com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (A) e 30 dias após inoculação (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

3.7 Temperatura no interior do ambiente protegido

As leituras da temperatura foram realizadas no interior do ambiente, com termômetros de máxima e mínima, instalados a 1,5 m de altura do solo, em dois pontos, na parte central do ambiente protegido.

Na Figura 5 são apresentadas as leituras de temperatura do ar no interior do ambiente, medidas no dia do transplante até início da colheita das plantas. As médias das temperaturas máximas e mínimas no período foram de 31,65 e 15,68°C, respectivamente.

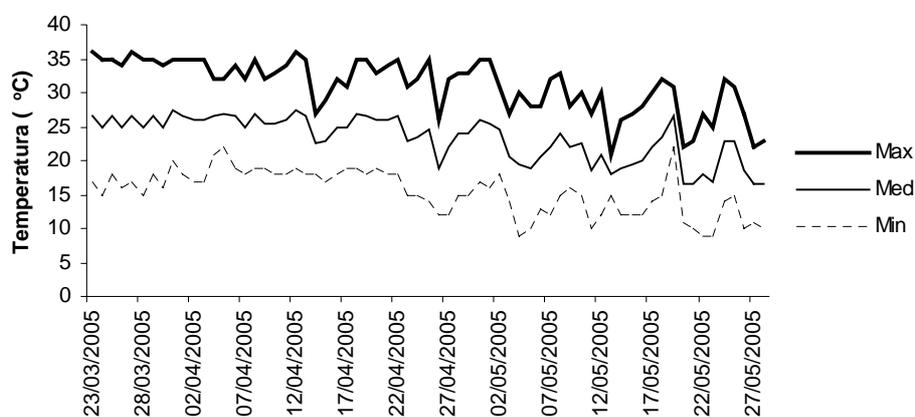


Figura 5. Temperatura média do ar no interior do ambiente protegido no período do transplante de brócolis ao início da colheita. Botucatu-SP, 2004.

3.8 Avaliação dos resultados experimentais

3.8.1 Características avaliadas

3.8.1.1 Teores de nutrientes nos tecidos das plantas de brócolis

Coletaram-se a parte aérea de plantas de brócolis no dia da inoculação (64 DAS) e na colheita (dos 99 aos 114 DAS). As plantas foram lavadas em água corrente, em seguida com solução de detergente neutro a 1%. Foram enxaguadas em

água destilada e em seguida em água deionizada. Após esses procedimentos, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar, em estufa de circulação forçada a 65°C +/- 5°C, até atingir massa constante, pesando-se em balança de precisão.

As plantas foram moídas em moinho tipo Wiley e analisadas segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1989). O material foi processado no Laboratório de Análises de Plantas do Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciência do Solo – FCA/UNESP/Botucatu.

Para análise dos macronutrientes N, K, P, Ca e Mg foram avaliados três repetições de cada tratamento. Cada repetição foi composta por uma planta do dia da inoculação e cinco plantas da colheita (parte aérea – folhas+caule+inflorescência)..

3.8.1.2 Suscetibilidade de brócolis à podridão negra

No ato da colheita (99 a 114 DAS) verificou-se o número médio de nós presentes nas plantas (NN) e o número de folhas presentes nas plantas (FP). A frequência relativa das folhas retidas na planta (FR) foi calculada através da fórmula $FR=(PF \times 100).NN^{-1}$.

A porcentagem da área necrosada do caule (PANC) foi calculada pela fórmula $PANC=(CNI \times 100) CC^{-1}$, adaptado de Henz et al. (1988). O caule foi seccionado longitudinalmente e realizada a medição da necrose interna (CNI) e o comprimento do caule (CC).

Pode-se observar na Figuras 6 detalhes da colonização do caule por *Xcc*, e de sintomas de queda de folhas na Figura 7 A e sintoma da podridão negra nas folhas na Figura 7 B.

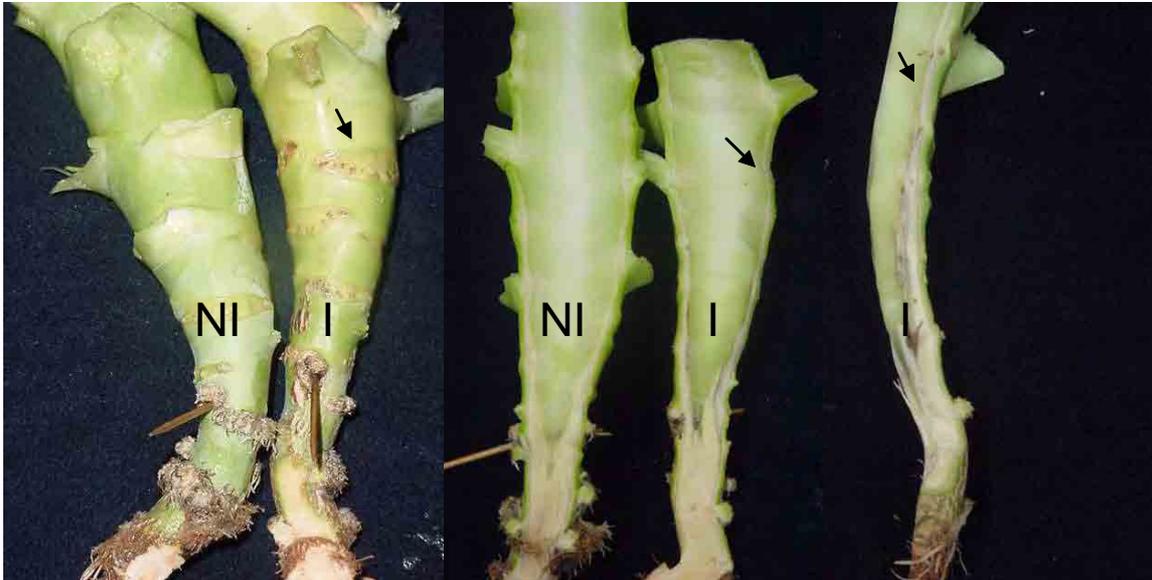


Foto: Seabra Jr, S.

Figura 6. Caules de plantas de brócolis não inoculadas (NI) e inoculadas (I) com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, com sintomas de podridão negra avaliados na colheita. Botucatu-SP, 2004.

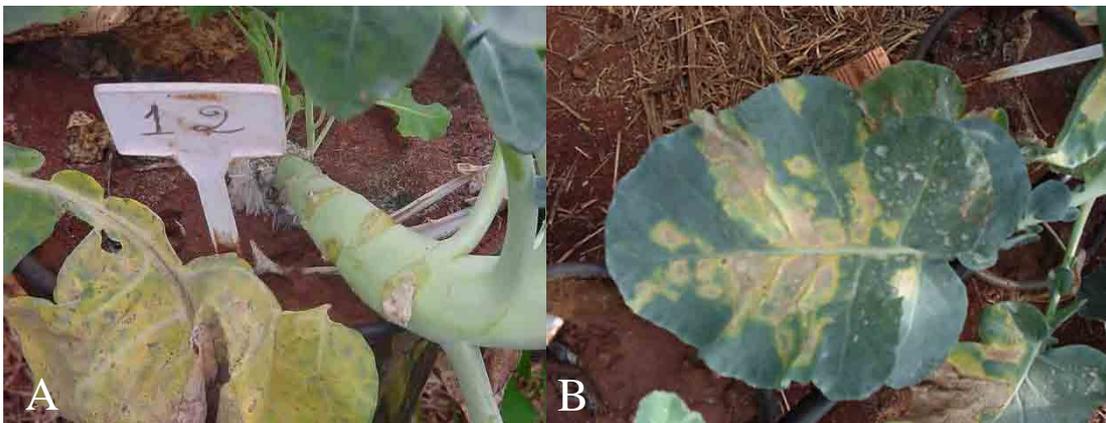


Foto: Seabra Jr, S.

Figura 7. Planta de Brócolis com sintomas de quedas de folhas (A) e lesão na folha causada por podridão negra (B). Botucatu-SP, 2004.

3.8.1.3 Componentes de produção de brócolis

Para determinar a produção de brócolis foram colhidas inflorescências, com corte na base da primeira folha, no momento em que a inflorescência atingia o crescimento máximo, apresentavam-se compactas e com os grânulos bem fechados (Figura 8). Iniciou-se a colheita aos 99 DAS e foi encerrada aos 114 DAS. Foram avaliados produção de inflorescência (kg ha^{-1}) e o diâmetro médio da inflorescência (cm).



Foto: Seabra Jr, S.

Figura 8. Inflorescência de brócolis na colheita (A) e vista parcial das plantas na colheita (B). Botucatu-SP, 2004.

3.8.2 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e os resultados significativos foram submetidos à análise de regressão polinomial através do Sisvar Software (FERREIRA, 1999).

Foram analisados os logaritmos de produção ($\log. X$), diâmetro ($\log. X+1$) e massa seca (MS) ($\log. X+1$), por não atender as pressuposições da análise de variância.

Apresentaram-se em forma de gráficos somente as equações significativas a 5% de probabilidade, pelo teste F.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de brócolis e severidade da podridão negra

4.1.1 Resumo da análise de variância da produção de brócolis e severidade da podridão negra

Foi observado que, para as características de produção (massa da matéria fresca da inflorescência (kg ha^{-1}), diâmetro da inflorescência e porcentagem de folhas retidas na planta, as interações inoculação x potássio (K) x nitrogênio (N), inoculação x potássio (K) e inoculação X nitrogênio (N) não foram significativas pelo teste de F a 5%. Sendo assim, o fator inoculação será discutido separadamente (Tabela 8)).

A interação potássio (K) x nitrogênio (N) foi significativa para característica produção e diâmetro, assim a discussão desses fatores foi realizada conjuntamente. A variável porcentagem de folhas retidas foi discutida separadamente.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para comparação da produção, diâmetro e porcentagem de folhas retidas de brócolis, em função da inoculação de *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* e doses de potássio e nitrogênio. Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Causas da variação	G.L.	Q.M. (produção)	Q.M. (diâmetro)	Q.M. (folhas retidas)
Bloco	3	0,037 ^{ns}	0,007 ^{ns}	7,292 ^{ns}
Inoculação	1	0,312*	0,053*	4333,626*
Resíduo (a)	3	0,005	0,001	22,510
Potássio (K)	3	12,101*	1,124*	609,914*
Nitrogênio (N)	3	38,783*	4,763*	32,451 ^{ns}
K x N	9	0,666*	0,082*	66,117 ^{ns}
Inoculação x K	3	0,003 ^{ns}	0,001 ^{ns}	20,051 ^{ns}
Inoculação x N	3	0,037 ^{ns}	0,001 ^{ns}	38,586 ^{ns}
Inoculação x K x N	9	0,005 ^{ns}	0,001 ^{ns}	9,163 ^{ns}
Resíduo (b)	90	0,016	0,003	36,628
C.V. (Parcela) (%)		2,26	3,68	6,63
C.V. (Subparcela) (%)		4,17	6,44	8,45

Ns: não significativo, * significativo a 5% para teste F

Para a característica porcentagem da área necrosada do caule (PANC), somente as plantas inoculadas com Xcc apresentaram sintomas de necrose interna do caule, como esperado e observou-se que a interação potássio x nitrogênio não foi significativa pelo teste F a 5%, sendo que as médias destas características foram comparadas separadamente para cada fator (Tabela 9).

Tabela 9. Resumo da análise de variância para comparação da porcentagem da área necrosada do caule de brócolis (PANC) em função da inoculação de *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, doses de potássio e nitrogênio. Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Causas da variação	G.L.	Q.M. (PANC)
Bloco	3	26,287 ^{ns}
Potássio (K)	3	626,841*
Nitrogênio (N)	3	1076,986*
K x N	9	46,409 ^{ns}
Resíduo (b)	45	29,160
C.V. (%)		9,14

Ns: não significativo, * significativo a 5% para teste F

4.1.2 Produção de brócolis

Foram observadas, através da comparação das médias pelo teste F (5%), diferenças significativas entre as plantas não inoculadas e as plantas inoculadas com Xcc, para as características produção e diâmetro. Sendo que a média das plantas controle foram cerca de 13% superiores na produção e 8% no diâmetro, que as plantas inoculadas. As produções médias foram de 5783,17 e 5078,43 kg ha⁻¹ e o diâmetro de 9,72 e 8,97 cm, respectivamente para as plantas controle e inoculadas (Tabela 10).

A redução da produção foi causada pela colonização vascular da bactéria nos vasos de xilema e queda das folhas. Em repolho são descritas reduções de até 60% na produtividade (DZHALILOV e TIWARI, 1995) e em casos extremos podem levar à perda total das plantas na colheita (McLAURIN, 1999).

Tabela 10. Comparação entre médias dos tratamentos não inoculado e inoculado com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* para produção e diâmetro de inflorescências de brócolis. Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Tratamentos	Produção ^{*1} (kg ha ⁻¹)	Diâmetro ^{*2} (cm)
Não inoculado	3,095 a	0,903 a
Inoculado	2,996 b	0,863 b

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de F (P<0,05).

¹ Dados transformado em log; ² Dados transformados em log (x+1)

Pode-se observar na Tabela 11 que a produção de inflorescência está dentro da média obtida por outros autores, como Zebarth et al. (1995) que obtiveram 18 t ha⁻¹ de inflorescência, ao trabalhar com a densidade de 77.500 plantas ha⁻¹, Rincon et al. (1999) obtiveram 11,9 t ha⁻¹, com densidade de 50.000 plantas ha⁻¹ e Everaarts (1994) obteve 9,4 t ha⁻¹, com densidade de 44.400 plantas ha⁻¹.

As doses crescentes de potássio aumentaram linearmente a produção de inflorescências nos tratamentos onde não foram adubados com nitrogênio (Figura 10 A), sendo que as médias das produções variaram de 10 a 77 kg ha⁻¹ (Tabela 11), estes valores correspondem a 0,35 a 2,46 g por inflorescência.

Tabela 11. Produção de brócolis tipo inflorescência única em função da inoculação de *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, doses de potássio e nitrogênio, na densidade de 28,500 plantas ha⁻¹. Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Potássio (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)	----- Nitrogênio (kg ha ⁻¹ de N) -----							
	0		150		300		450	
	Produção (kg ha ⁻¹)							
	N.I.	I.	N.I.	I.	N.I.	I.	N.I.	I.
0	15	10	547	463	315	257	285	195
275	24	20	9698	8347	11623	9794	8006	7405
550	39	23	8943	8467	12471	10984	9006	6893
825	77	40	9133	9128	11284	9721	11063	9506

NI : Não inoculado; I : Inoculado.

Foram observados severos sintomas de deficiência de nitrogênio nas plantas que apresentaram porte reduzido, caules e folhas arroxeados, e quando se tornavam mais velhas, ficavam vermelho-amareladas (Figura 9). A emissão da inflorescência foi mais tardia, e a planta produziu inflorescência muito pequena, de 2 cm de diâmetro. Estas foram colhidas no último dia de colheita (114 DAS), por acreditar que estas não apresentariam mais desenvolvimento. Os sintomas foliares descritos foram semelhantes aos observados por Homa et al. (1981).



Foto: Seabra Jr, S.

Figura 9. Plantas de brócolis com sintomas de deficiência de nitrogênio na colheita, em função das doses de potássio (vaso 1 = 0 kg ha⁻¹ de K₂O; vaso 5 = 275 kg ha⁻¹ de K₂O; vaso 9 = 550 kg ha⁻¹ de K₂O e vaso 13 = 825 kg ha⁻¹ de K₂O). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

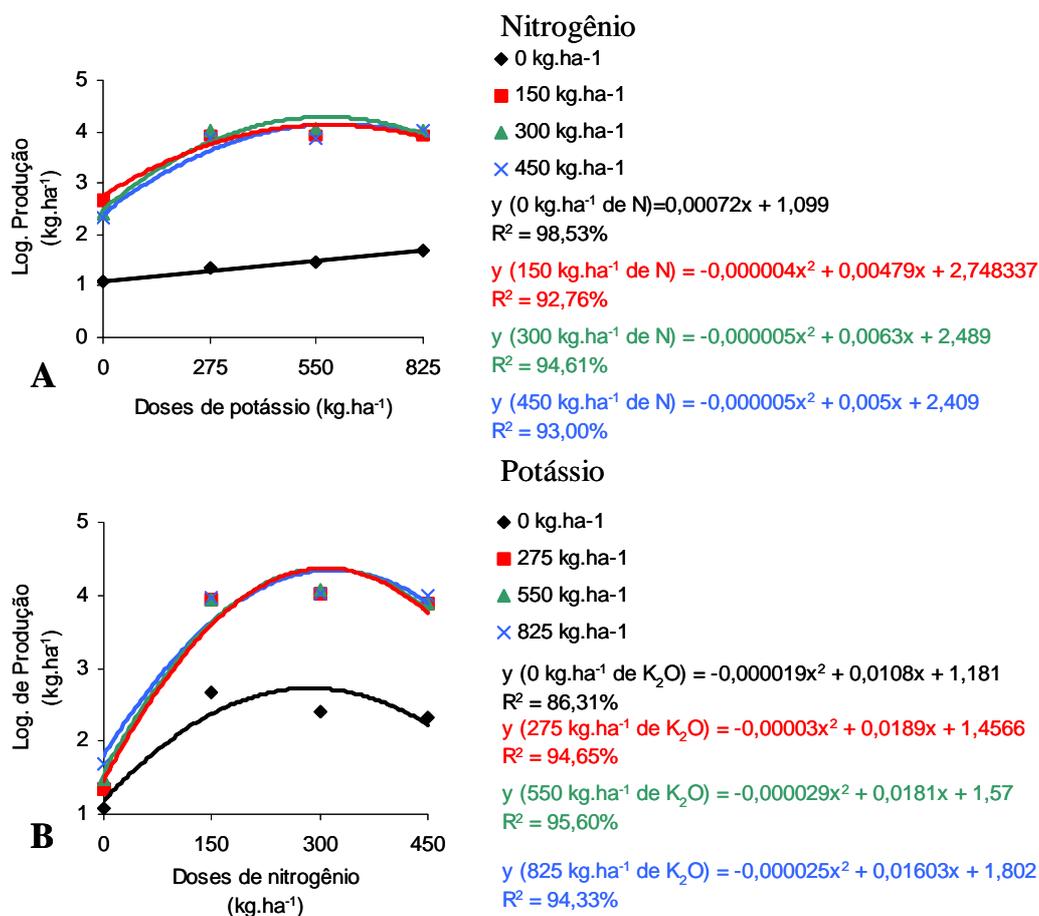


Figura 10. Produção de brócolis, tipo cabeça única, em função de doses de potássio dentro de cada dose de nitrogênio (A) e de nitrogênio dentro de cada dose de potássio (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Quando as plantas foram adubadas com nitrogênio (150; 300 e 450 kg ha⁻¹), as doses crescentes de potássio tiveram efeito quadrático na produção, observando para cada tratamento uma dose máxima estimada (Figura 10 B). Estas variaram de 598; 626 e 575 kg ha⁻¹ de K₂O, com máximas produções estimadas de 15206; 25748 e 11424 kg ha⁻¹ de inflorescência, respectivamente para as doses de 150; 300 e 450 kg ha⁻¹ de N.

As doses estimadas neste experimento são praticamente o dobro das recomendadas por Trani et al. (1997), que variam de 300 a 360 kg ha⁻¹ de K₂O, mas se aproximam dos 643,2 kg ha⁻¹ de K₂O avaliados por Peck e MacDonald (1986), e se justifica pela alta extração de potássio obtido por Magnífico et al. (1979) e Rincon et al. (1999), 723 e 261 kg ha⁻¹ de potássio, respectivamente.

A redução da produção observada no experimento, quando foi utilizada dose de $825 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O pode ter sido causada pelo efeito salino ao redor das raízes, o que comprometeu o seu crescimento e a absorção de água e nutrientes. Pode-se observar que a concentração manteve-se em torno de $6 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Tabelas 6 e 7). Silva et al. (2001) observaram este fato em raízes de pimentão.

Quando foram avaliadas as doses crescentes de nitrogênio, nas doses de potássio, foram obtidos efeitos quadráticos para produção (Figura 10 B) em todos os tratamentos, e pode-se observar nas equações, que as doses de máxima resposta foram: 284, 315, 312 e 320 kg ha^{-1} de N, estimando as máximas produções de 519, 27124, 24785 e 23529 kg ha^{-1} de inflorescência, respectivamente para as doses de 0, 275, 550 e 825 kg ha^{-1} de K_2O .

Nas plantas em que não receberam adubação potássica, a produção de inflorescência foi baixa, variou de 10 a 547 kg ha^{-1} , ou seja, 0,35 a 19 g por planta. Estas plantas se desenvolveram pouco, as folhas se apresentaram rugosas e arqueadas para baixo, com queimas marginais (Figura 11), sintoma típico de deficiência de potássio. Além das inflorescências serem pouco compactas. Os sintomas nas folhas foram semelhantes àqueles descritos por Homa et al. (1981) para couve-flor.



Foto: Seabra Jr, S.

Figura 11. Plantas de brócolis com sintomas de deficiência de potássio na colheita, em função das doses crescentes de nitrogênio (vaso 1 – 0 kg ha^{-1} de N, vaso 2 - 150 kg ha^{-1} de N, vaso 3 - 300 kg ha^{-1} de N e vaso 4 - 450 kg ha^{-1} de N). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Neste trabalho foi observado que as doses de máxima resposta variaram de 312 a 320 kg ha⁻¹ de nitrogênio, doses superiores à recomendação por Trani et al. (1997), que sugerem adubações entre 210 a 260 kg ha⁻¹, para uma densidade de cerca de 25.000 plantas ha⁻¹. Na literatura foram encontrados diversas doses como 196 kg ha⁻¹ (44.400 plantas ha⁻¹) (EVERAATS, 1994), 250 kg ha⁻¹ (63.000 plantas ha⁻¹) (KOWALENKO e HALL, 1987), 265 kg ha⁻¹ (74.000 plantas ha⁻¹), 300 kg ha⁻¹ (44.400 plantas ha⁻¹) (EVERAARTS e WILLIGEN, 1999), 371 kg ha⁻¹ (148.000 plantas ha⁻¹) (KAHN et al., 1991) e 420 kg ha⁻¹ (77.000 plantas ha⁻¹) (ZEBARTH et al., 1995).

Ao verificar a dose aplicada por planta, pode-se notar que neste trabalho a resposta foi aproximadamente de 11 g por planta de nitrogênio, e nos trabalhos expostos as doses variaram de 2,5 a 6,76 g por planta de nitrogênio (EVERAATS, 1994; KOWALENKO e HALL, 1987; EVERAARTS e WILLIGEN, 1999; KAHN et al., 1991; ZEBARTH et al., 1995).

Na dose de 450 kg ha⁻¹ de N, pode-se verificar redução da produtividade, podendo ser causado pelo excesso de nitrogênio. Nas inflorescências, foram observadas pontuações amareladas, com aparência de abortamento de flores (Figura 12).



Foto: Seabra Jr, S.

Figura 12. Plantas de brócolis com sintomas de excesso de nitrogênio na colheita, tratamento 450 kg ha⁻¹ de N x 275 kg ha⁻¹ de K₂O. Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Com relação ao diâmetro da inflorescência, foi observado que, nas doses crescentes de potássio, na ausência de nitrogênio (0 kg ha^{-1} de N), os diâmetros das inflorescências aumentaram linearmente, apresentando valores médios de 0,75 a 1,37 cm para as doses de 0 e 825 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente (Figura 13 A).

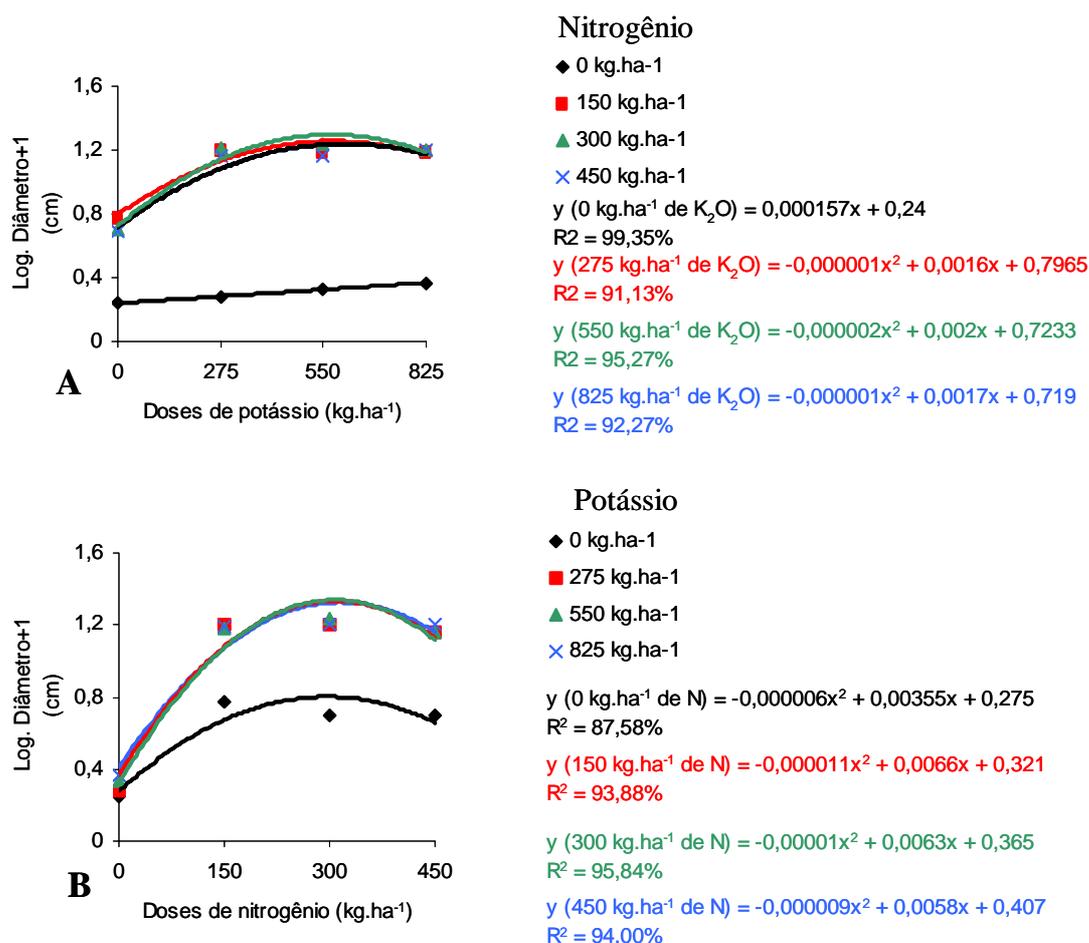


Figura 13. Diâmetro de brócolis tipo cabeça única em função de doses de potássio dentro de cada dose de nitrogênio (A) e de nitrogênio dentro de cada dose de potássio (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004

Porém, quando as plantas de brócolis foram adubadas com nitrogênio ($150, 300$ e $450 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), nas doses crescentes de potássio, foram observados efeitos quadráticos (Figura 13 A). Os diâmetros máximos estimados foram de 27,54; 16,60

e 27,54 cm, nas doses de 800; 500 e 850 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente para as doses de 150; 300 e 450 kg ha⁻¹ de N.

Para o diâmetro da cabeça de brócolis, nas doses crescentes de nitrogênio, foi observado que, em todos os tratamentos com potássio, o efeito apresentou tendência quadrática (Figura 13 B), estimando os diâmetros máximos de 6,31; 20,46; 22,75 e 21,95 cm, nas doses de 296; 300; 315 e 322 kg ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente para os tratamentos 0; 275; 550 e 825 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 13 B).

Estes diâmetros de inflorescência estão dentro dos indicados para o híbrido, que variam de 10,7 a 20,3 cm (<http://www.syngentaseeds.com.br/novosite/brassicas.asp>).

4.1.3 Severidade da podridão negra

Com relação à severidade da doença, foi observado maior retenção foliar em plantas de brócolis não inoculadas, quando comparadas às inoculadas com Xcc (Tabela 12).

Este resultado pode justificar as diferenças de 13% na produtividade e 8% no diâmetro da inflorescência, entre as plantas controles e as inoculadas. As folhas retidas contribuíram para o aumento da produção.

Tabela 12. Comparação entre médias dos tratamentos não inoculados e inoculados com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* para porcentagem de folhas retidas em plantas de brócolis, na colheita. Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Tratamentos	% Folhas Retidas*
Não inoculado	77,40 a
Inoculado	65,77 b

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F (P<0,05).

Observou-se que, para a porcentagem de folhas retidas, o fator potássio foi significativo pelo teste F a 5%, e apresentou um efeito quadrático, estimando o máximo de retenção das folhas na planta (75%) na dose de 500 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 14).

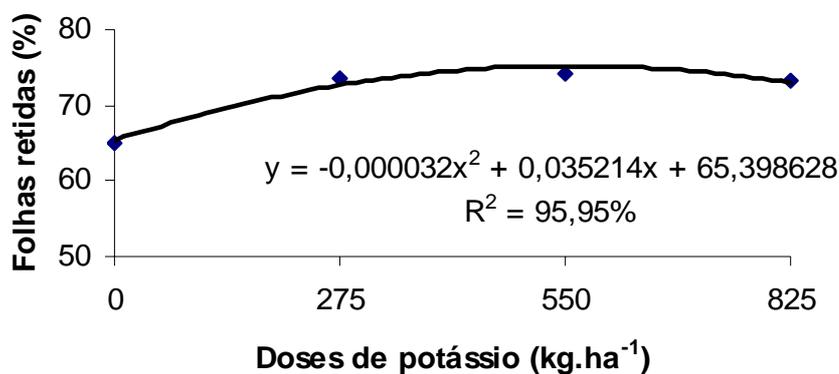


Figura 14. Porcentagem de folhas retidas de brócolis, tipo inflorescência única, híbrido BRO68, em função de doses de potássio. Botucatu, FCA/UNESP, 2004

Para a porcentagem da área necrosada do caule (PANC), observou-se que o aumento das doses de potássio e de nitrogênio apresentou efeito quadrático e que a menor porcentagem foi obtida nas doses de 800 kg ha⁻¹ de K₂O e 283 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Figura 15).

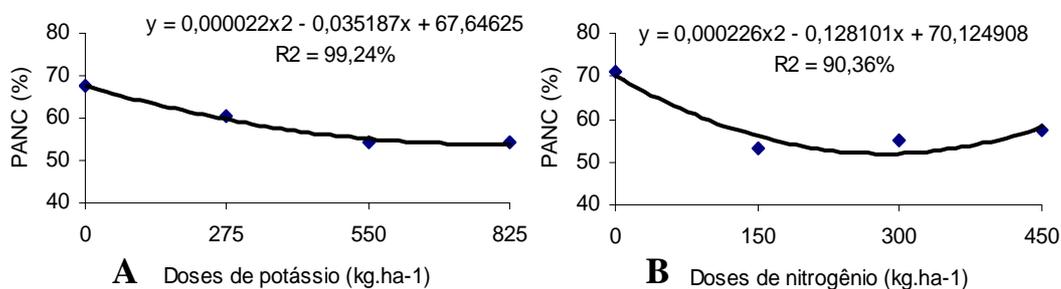


Figura 15. Porcentagem da área necrosada do caule de brócolis tipo cabeça única em função de doses de potássio (A) e nitrogênio (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004

A dose de nitrogênio estimada para redução da porcentagem da área necrosada do caule foi menor que as estimadas para produção (315 a 320 kg ha⁻¹) e diâmetro (300 a 320 kg ha⁻¹), mostrando que a melhor dose para produção pode reduzir a resistência à doença. Este resultado concorda com os observados por Canaday e Wyatt

(1992) e Everaarts (1994), em brócolis, pois esses autores observaram maiores severidades de doença causada por *Pseudomonas marginalis*, com o aumento das doses de nitrogênio.

Segundo Yamada (2004), quando o suprimento de nitrogênio é alto, há alta demanda de carbono da fotossíntese via ciclo de Krebs, ficando, assim, comprometida a síntese dos metabólitos secundários pela via do ácido chiquímico. Taiz e Zeiger (2002) citam que os principais compostos envolvidos na defesa vegetal são os compostos fenólicos, entre eles a lignina, as fitoalexinas e os taninos; e compostos de proteção, ou barreiras, como a cutina, a suberina e as ceras.

O “déficit” de nitrogênio provocou subdesenvolvimento da planta, tornando-a menos vigorosa e, portanto, mais predisposta às doenças (Figura 15 B).

Quanto à adubação potássica, verificou-se que a dose de 800 kg ha⁻¹ de K₂O reduziu a suscetibilidade (Figura 15 A), mas está acima da estimada para máximas produções, que variaram de 575 a 626 kg ha⁻¹ de K₂O. Porém, o diâmetro máximo variou de 500 a 850 kg ha⁻¹ de K₂O, estando dentro das estimativas. Segundo Huber e Arny (1985), a suscetibilidade diminui da mesma forma que o crescimento da planta responde ao aumento do suprimento de potássio.

O potássio tem papel importante na conversão de açúcares e compostos nitrogenados simples em compostos de alto peso molecular como celulose, amido ou proteína, ao invés de sacarose, frutose ou aminoácidos, que são fontes de alimentos para pragas e doenças (HUBER e ARNY, 1985, YAMADA, 2005 e MARSCHENER, 1995) que melhora a lignificação, espessura da cutícula e parede celular (SILVEIRA e HIGASHI, 2003), promovendo a cicatrização de ferimentos e dificultando a penetração de agentes patogênicos (BEDENDO, 1995). A correlação do potássio com o aumento de resistência às plantas a patógenos foi descrita por Huber e Arny (1985), Huber (1990, 1994), Bedendo (1995), Zambolim e Ventura (1996), Silveira e Higashi (2003) e Yamada (2005).

A redução da suscetibilidade a *Xcc* com a aplicação do potássio foi também observada na cultura do repolho e o aumento da incidência da doença na presença de sulfato de amônio e esterco de curral (SILVA JR., 1986).

A nutrição mineral balanceada torna as plantas mais resistentes que as plantas com deficiência ou excesso nutricional (VELASCO, 1999) e a influência da

nutrição mineral na resistência é maior em cultivares moderadamente suscetíveis, que em plantas altamente suscetíveis (MARSCHER, 1995).

4.2 Massa da matéria seca e teores de nutrientes nos tecidos das plantas de brócolis

4.2.1 Resumo da análise de variância da massa da matéria seca e teores de nutrientes nos tecidos das plantas de brócolis

Na Tabela 13, são apresentados os resumos da análise de variância para as características massa seca da parte aérea e teores de macronutrientes, em função das doses de K e N, aos 64 dias após a semeadura, ocasião que se deu a inoculação com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*.

Analisando-se a Tabela 13 nota-se que houve diferença significativa para massa da matéria seca da parte aérea (MS) e teores de macronutrientes (nitrogênio – N, fósforo – P, potássio - K, cálcio – Ca, magnésio – Mg, enxofre – S), em função da aplicação das doses de potássio (K) e nitrogênio (N) e da interação N x K, com exceção para teor de N que não apresentou interação significativa.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para comparação da massa da matéria seca da parte aérea de brócolis (MS) e teor de macronutrientes (g kg^{-1} de massa seca da parte aérea), no dia da inoculação (27 dias após transplante), em função da inoculação com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* e a diferentes doses de potássio e nitrogênio. Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Causas da variação	GL	Q.M. (MS)	Q.M. (N)	Q.M. (P)	Q.M. (K)	Q.M. (Ca)	Q.M. (Mg)
Bloco	2	1864,62 ^{ns}	0,04 ^{ns}	21,58 ^{ns}	0,04 ^{ns}	13,58 ^{ns}	0,10*
Potássio (K)	3	54938,05*	6,02*	1875,94*	6,02*	17,30*	0,68*
Nitrogênio (N)	3	65,446,31*	1,71*	242,61*	1,71*	16,24*	0,42*
K x N	9	7200,92*	0,50 ^{ns}	76,18*	0,50*	45,69*	0,21*
Resíduo	30	2201,07	0,11	7,47	0,11	4,18	0,03
C.V. (%)		23,54	9,07	9,65	9,07	8,80	7,76

Ns: não significativo, * significativo a 5% pelo teste F.

A análise de variância das variáveis massa da matéria seca da parte aérea (MS) e teores de macronutrientes (nitrogênio – N, fósforo – P, potássio - K , cálcio – Ca, magnésio – Mg) em função da inoculação *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* e doses de N e K, referente a coleta realizada na ocasião da colheita da inflorescência (99 a 114 DAS), é apresentada na Tabela 14.

Na Tabela 14 verifica-se que os dados referente a massa da matéria seca da parte aérea apresenta diferença significativa em função da inoculação, doses de K e N e da interação N x K. Para teores de nutrientes foram observadas diferenças estatísticas em função das doses de N e K e interação N x K, para todos os macronutrientes avaliados, e para o Mg foi também significativa a interação entre os fatores inoculação x K e inoculação x N.

Tabela 14. Resumo da análise de variância para comparação da massa da matéria seca da parte aérea de brócolis (MS) e teor de macronutrientes (g kg^{-1} de massa da matéria seca da parte aérea) na colheita, em função da inoculação com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* e a diferentes doses de potássio e nitrogênio. Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Causas da variação	GL	Q.M. (MS ¹)	Q.M. (N)	Q.M. (P)	Q.M. (K)	Q.M. (Ca)	Q.M. (Mg)
Bloco	2	0,01 ^{ns}	61,70 ^{ns}	0,96*	8,95 ^{ns}	2,37 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Inoculação	1	0,14*	11,34 ^{ns}	0,09 ^{ns}	60,17 ^{ns}	17,51 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Resíduo (a)	2	0,00	9,59	0,03	9,07	8,04	0,01
Potássio (K)	3	4,79*	622,68*	20,93*	3002,36*	466,70*	7,55*
Nitrogênio (N)	3	3,57*	5591,76*	7,58*	320,53*	370,18*	3,84*
K x N	9	0,25*	130,16*	3,53*	83,78*	27,23*	0,68*
Inoculação x K	3	0,00 ^{ns}	2,43 ^{ns}	0,56 ^{ns}	16,75 ^{ns}	15,57 ^{ns}	0,16*
Inoculação x N	3	0,00 ^{ns}	29,45 ^{ns}	1,06*	20,92 ^{ns}	26,09 ^{ns}	0,15*
Inoculação x K x N	9	0,01 ^{ns}	14,98 ^{ns}	0,37 ^{ns}	6,69 ^{ns}	19,89 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Resíduo (b)	60	0,01	11,77	0,23	13,12	10,60	0,04
C.V. (Parcela) (%)		2,26	9,62	5,23	11,19	19,52	5,67
C.V. (Subparcela) (%)		2,56	10,65	14,66	13,46	22,40	11,19

Ns: não significativo, * significativo a 5% pelo teste F; ¹ dados transformados em log.

4.2.2 Massa da matéria seca da parte aérea de brócolis

4.2.2.1 Massa da matéria seca da parte aérea de brócolis no dia da inoculação com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

A massa da matéria seca da parte aérea de brócolis variou de 83,6 a 149,15 g por planta, nas plantas não adubadas com nitrogênio (0 kg ha^{-1} de N) nas doses crescentes de potássio, e de 66,5 a $159,6 \text{ kg ha}^{-1}$ para as plantas não adubadas com potássio (0 kg ha^{-1} de K_2O) nas doses crescentes de nitrogênio, sendo que estes não foram significativos pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para as plantas adubadas com as doses de 150 e 300 kg ha^{-1} de nitrogênio, nas doses crescentes de potássio, observou-se tendência quadrática (Figura 16), apresentando a máxima massa da matéria seca da parte aérea ($356,4$ e $286,0 \text{ kg ha}^{-1}$), nas doses de 550 e 355 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente.

Porém, quando as plantas foram adubadas com 450 kg ha^{-1} de nitrogênio, nas doses crescentes de potássio, a massa seca apresentou tendência linear, aumentando a massa seca com o aumento das doses de potássio (Figura 16 A). Este aumento se deve à ação favorável do potássio, na redução dos efeitos excessivos as altas doses de nitrogênio.

As doses crescentes de nitrogênio, nos tratamentos 275; 550 e 825 kg ha^{-1} de K_2O , apresentaram efeito quadrático na massa da matéria seca (Figura 16 B), podendo observar através das equações que a máxima massa da matéria seca (360 ; 331 e 290 kg ha^{-1}), foram estimadas nas doses máximas de 248; 254 e 309 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Rincon et al (1999) verificaram que a massa seca do brócolis 'Marathon' variou de 310 a 330 kg ha^{-1} , aos 31 DAT, semelhante ao estimado para as doses de máxima resposta obtidos neste trabalho.

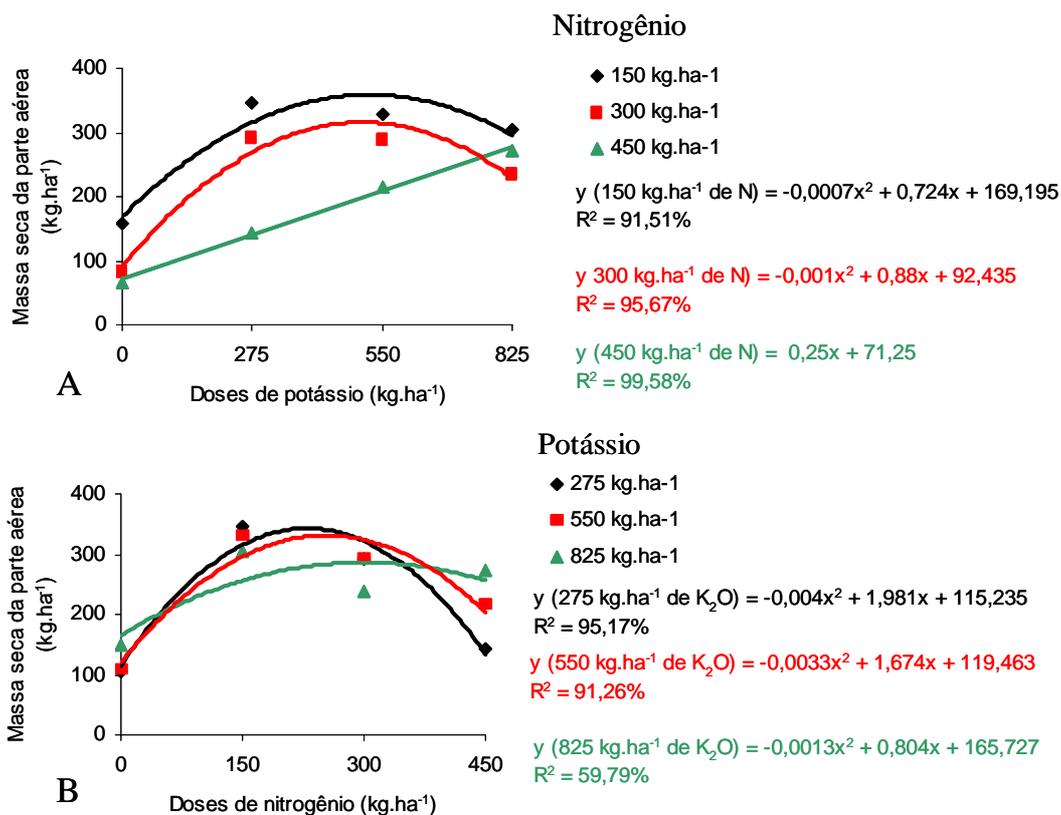


Figura 16. Massa da matéria seca da parte aérea de brócolis, tipo cabeça única, no dia da inoculação, em função de doses de potássio dentro de cada dose de nitrogênio (A) e de nitrogênio dentro de cada dose de potássio (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

4.2.2.2 Massa da matéria seca da parte aérea na colheita

Foi observado que para a massa da matéria seca da parte aérea do brócolis, houve diferença significativa pelo teste F a 5% de probabilidade (Tabela 14), apresentando o tratamento não inoculados maior massa seca da parte aérea que as plantas inoculadas com Xcc (Tabela 15).

Segundo Leite e Pascholati (1995), a taxa de respiração aumenta nos tecidos doentes e, enquanto, a taxa de fotossíntese tende a diminuir. Essa redução muitas vezes pode reduzir o acúmulo de massa da matéria seca.

Tabela 15. Comparação entre médias dos tratamentos, de plantas de brócolis controles e inoculados com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, para massa da matéria seca da parte aérea. Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Tratamentos	Log. MS ^a (g kg ⁻¹)	M.S. (g kg ⁻¹)
Não inoculados	3,02 a	1866,17
Inoculados	2,94 a	1552,35

^aMédias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F (P<0,05).

As doses crescentes de potássio apresentaram efeito quadrático para massa seca em todas as doses de nitrogênio estudadas (Figura 17 A) e as doses crescentes de nitrogênio também apresentaram o mesmo comportamento para todas as doses de potássio (Figura 17 B).

Nas equações foram observadas que para a massa da matéria seca da parte aérea, as dose de máxima resposta de potássio foram 512; 510 e 537,5 kg ha⁻¹ de K₂O e a máxima massa seca foram: 3365,5; 3287,0 e 3874,7 kg ha⁻¹, respectivamente para as doses de 150; 300 e 450 kg ha⁻¹ de N. Nas doses crescentes de nitrogênio as doses de máxima resposta foram 230; 296; 288 e 310 kg ha⁻¹ de N e a máxima de massa da matéria seca foram 280; 3861; 3981 e 3622 kg ha⁻¹, respectivamente para as doses de 0; 275, 550 e 825 kg ha⁻¹ de K₂O.

A massa da matéria seca obtida neste trabalho foi inferior ao obtido por Rincon et al. (1999), que tiveram 6.200 kg ha⁻¹ no híbrido Marathon, na densidade de 50.000 plantas ha⁻¹. Porém, ao estimar a massa seca por planta nas doses de máxima resposta, os valores variam de 127 a 140 g por planta para as doses crescentes de potássio nos tratamentos 150; 300 e 450 kg ha⁻¹ e 115 a 136 g por planta para as doses crescentes de nitrogênio nos tratamentos 275; 550 e 825 kg ha⁻¹ de K₂O. Estes valores estão na média obtida com o Híbrido Marathon, que foi de 124 g por planta, apesar do híbrido BRO68 ser uma planta compacta com poucas folhas (<http://www.syngentaseeds.com.br/novosite/brassicasp>), porém este não sofreu competição no cultivo.

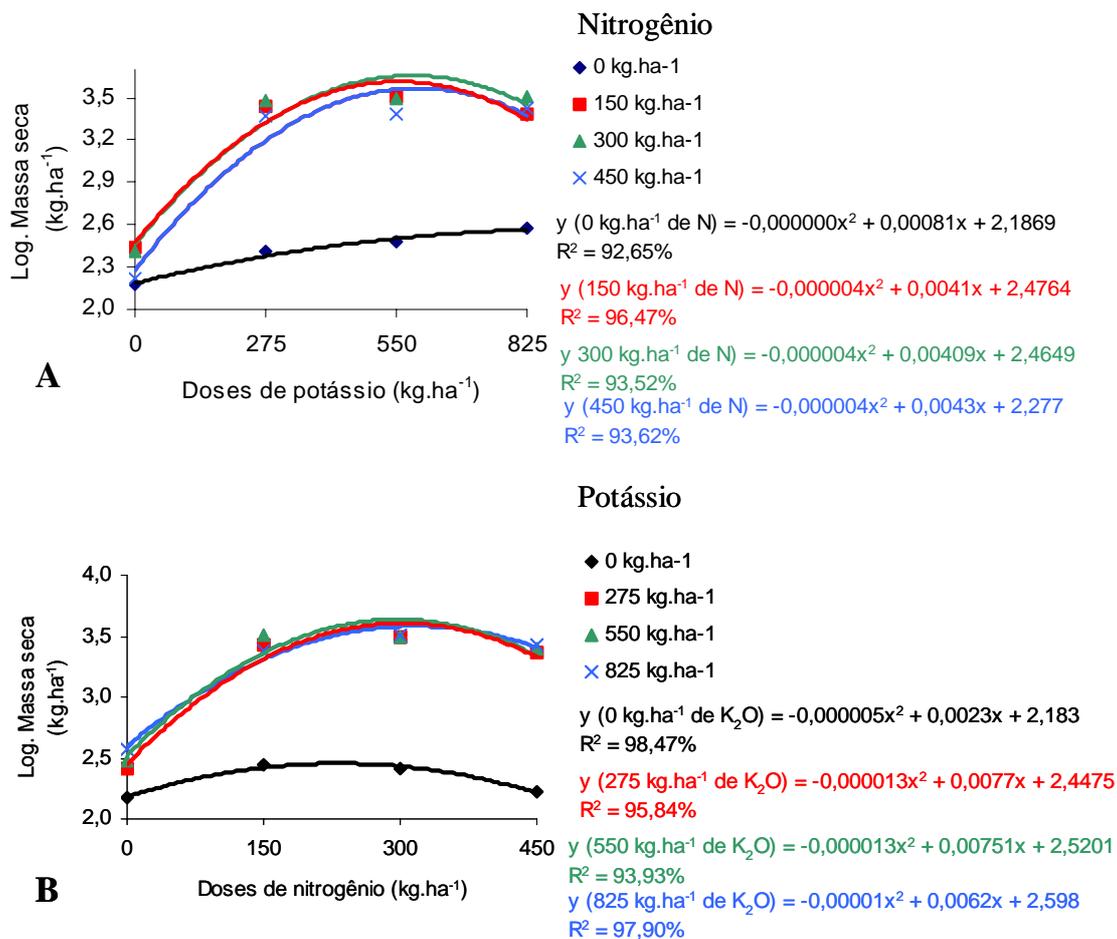


Figura 17. Massa da matéria seca da parte aérea de brócolis tipo cabeça única, na colheita, em função de doses de potássio dentro de cada dose de nitrogênio (A) e de nitrogênio dentro de cada dose de potássio (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

4.2.3 Teores de nutrientes nos tecidos das plantas de brócolis

4.2.3.1 Teor de nitrogênio

4.2.3.1.1 Teor de nitrogênio no dia da inoculação com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

Foi observado que o teor de nitrogênio na planta de brócolis apresentou tendência quadrática, obtendo-se a dose de máxima resposta com 154 kg ha⁻¹ de

K_2O , mas observou-se que a equação só explica cerca de 68% do resultado, apesar destes serem significativos a 5% de probabilidade (Figura 18 A). Já para a adubação com doses crescentes de nitrogênio a tendência quadrática ficou bem ajustada (96,9%) e estimou-se o teor máximo ($69,64 \text{ g kg}^{-1}$ de massa seca) na dose de 361 kg ha^{-1} de N (Figura 18 B). O aumento do teor de N, nas doses crescentes no momento da inoculação, pode estar relacionado com o maior PANC observado no momento da colheita.

O teor observado por Rincon et al. (1999) aos 33 dias após o transplante foi de 57 g kg^{-1} de massa seca, semelhante ao que foi estimado na dose de 175 kg ha^{-1} de N, aos 30 dias após transplante neste trabalho.

Neste estágio de desenvolvimento (33 DAT), as plantas apresentam cerca de 83 % da massa seca da planta em folhas e pecíolos (RINCON et al., 1999) e as folhas representam acúmulo de 67% do N da planta (MAGNIFICO et al., 1979). Por estes dados pode-se justificar a pequena influência dos teores das doses de potássio nos teores de N e a grande resposta dos teores de N com o aumento da adubação nitrogenada.

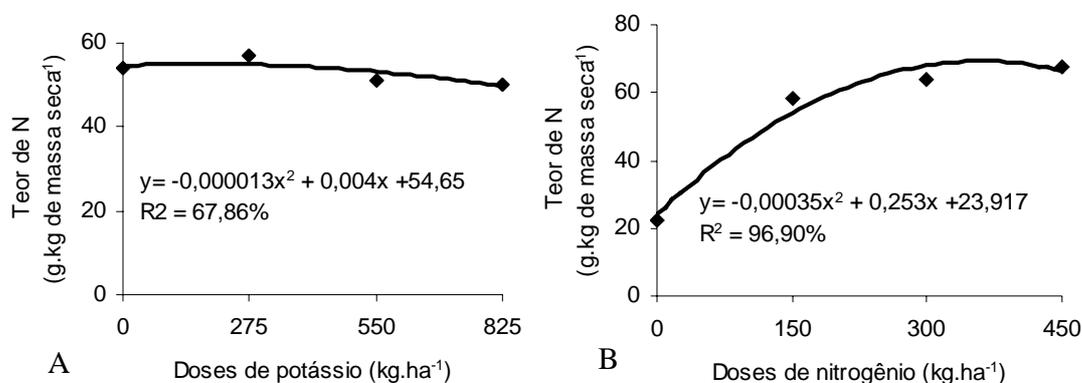


Figura 18. Teor de nitrogênio (g kg^{-1} de massa seca) de brócolis tipo cabeça única, no dia da inoculação, em função de doses de potássio (A) e nitrogênio (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

4.2.3.1.2 Teor de nitrogênio na colheita de brócolis

Não foram constatadas diferenças significativas para o teor de nitrogênio da parte aérea de brócolis, entre os tratamentos não inoculados e inoculados com Xcc (Tabela 16).

Tabela 16. Comparação entre médias dos tratamentos de plantas de brócolis não inoculados e inoculados com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, para teor de nitrogênio da parte aérea na colheita (g kg^{-1} de massa da matéria seca). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Tratamentos	N* (g kg^{-1})
Não Inoculado	31,854 a
Inoculado	32,542 a

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Os teores de nitrogênio da parte aérea de brócolis variaram de 9,83 a 11,17 g kg^{-1} de massa seca para as plantas não adubadas com nitrogênio (0 kg ha^{-1} de N) nas doses crescentes de potássio, não apresentaram diferença significativa pelo teste F a 5% de probabilidade (Tabela 14). Já para as doses 150; 300 e 450 kg ha^{-1} de nitrogênio, os teores de nitrogênio da parte aérea de brócolis apresentaram uma tendência quadrática para as doses crescentes de potássio (Figura 19 A), no qual pode-se observar que para o teor de nitrogênio os menores teores estimados (24,78; 35,79 e 40,33 g kg^{-1} de massa seca) nas doses de 584,10; 692,86 e 536,25 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente para as doses de 150; 300 e 450 kg ha^{-1} de N aplicados.

As doses crescentes de nitrogênio em todas as doses de potássio apresentaram efeito quadrático no teor de nitrogênio (Figura 19 B), e pode-se observar com as equações que as doses de máxima resposta foram: 337; 519; 406 e 675 kg ha^{-1} de N e o máximo teor de nitrogênio foi: 57,09; 45,75; 39,90 e 48,19 g kg^{-1} de massa seca, respectivamente para as doses de 0; 275; 550 e 825 kg ha^{-1} de K_2O . Na colheita, Rincon et al. (1999) observaram o teor de 39 g kg^{-1} de massa seca e Shelp e Liu (1992) observaram 22 g kg^{-1} de massa seca.

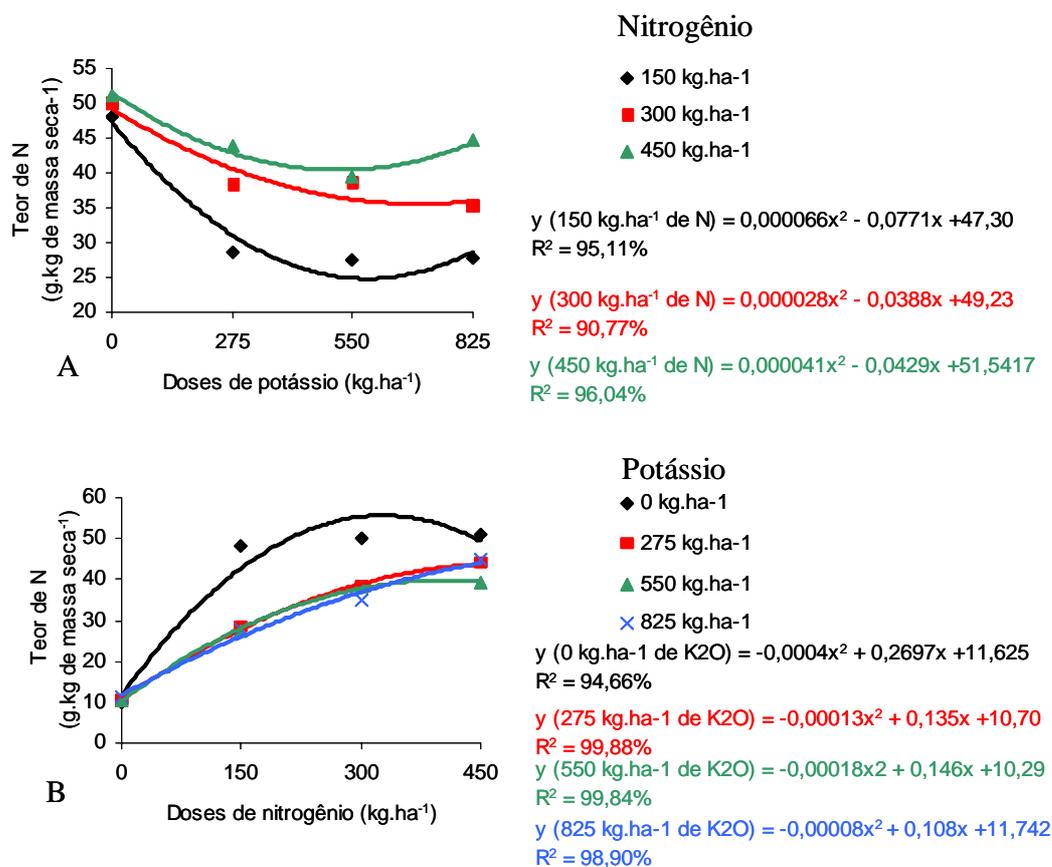


Figura 19. Teor de nitrogênio (g kg^{-1} de massa da matéria seca) de brócolis tipo cabeça única, na colheita, em função de doses de potássio dentro de cada dose de nitrogênio (A) e de nitrogênio dentro de cada dose de potássio (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Com os teores observados confirmou-se que quando aumentaram as doses de potássio, reduziram-se os teores de nitrogênio e aumentou a resistência à doença (Figura 15 A), verificando menores valores de PANC. Já para o aumento das doses da adubação nitrogenada e aumento dos teores de nitrogênio, ocorrem aumento dos sintomas da doença, como demonstrado na Figura 15 B. Resultado semelhante foi observado por Nayudu e Walker (1961); verificaram que os aumentos dos teores de nitrogênio e redução de potássio, nos tecidos foliares, aumentaram a severidade da mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*) em tomateiro.

O nitrogênio depois de absorvido é metabolizado nas raízes e transportado pelo xilema, em forma de moléculas orgânicas, principalmente aminoácidos

(TAIZ e ZEIGER, 2002). Esses aminoácidos tornam-se substrato para o desenvolvimento da doença, pois quanto maior o teor de nitrogênio, maior desenvolvimento da doença.

4.2.3.2 Teor de fósforo

4.2.3.2.1 Teor de fósforo no dia da inoculação de brócolis com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

Os teores de fósforo na massa da matéria seca da parte aérea em plantas de brócolis foram reduzidos com o aumento das doses de potássio nas doses de 0 e 150 kg ha⁻¹ de N. Já para as doses crescentes de potássio nas doses de 300 e 450 kg ha⁻¹ de N os teores de fósforo apresentaram efeito quadrático (Figura 20 A), e pode-se observar, com as equações, que os menores teores de fósforo (3,22 e 3,05 g kg⁻¹ de massa seca) foram obtidos nas doses de 625 e 607 kg ha⁻¹ de K₂O.

Nas doses crescentes de nitrogênio houve tendência de aumento linear dos teores de fósforo, para as plantas que não receberam adubação potássica (0 kg ha⁻¹ de K₂O) e para o tratamento 825 kg ha⁻¹ de K₂O. Porém, o tratamento de 550 kg ha⁻¹ de K₂O apresentou efeito quadrático, estimando o máximo teor de fósforo (2,78 g kg⁻¹ de massa seca) na dose de 636 kg ha⁻¹ de N. Porém, no tratamento 275 kg ha⁻¹ de K₂O, os teores não foram significativos pelo teste F a 5%, variando de 3,33 a 3,67 g kg⁻¹ de massa seca (Figura 20 B).

O teor obtido por Rincon et al.(1999) foi de 4,8 g kg⁻¹ de massa seca, aos 33 DAT, sendo que este teor está superior aos estimados neste trabalho.

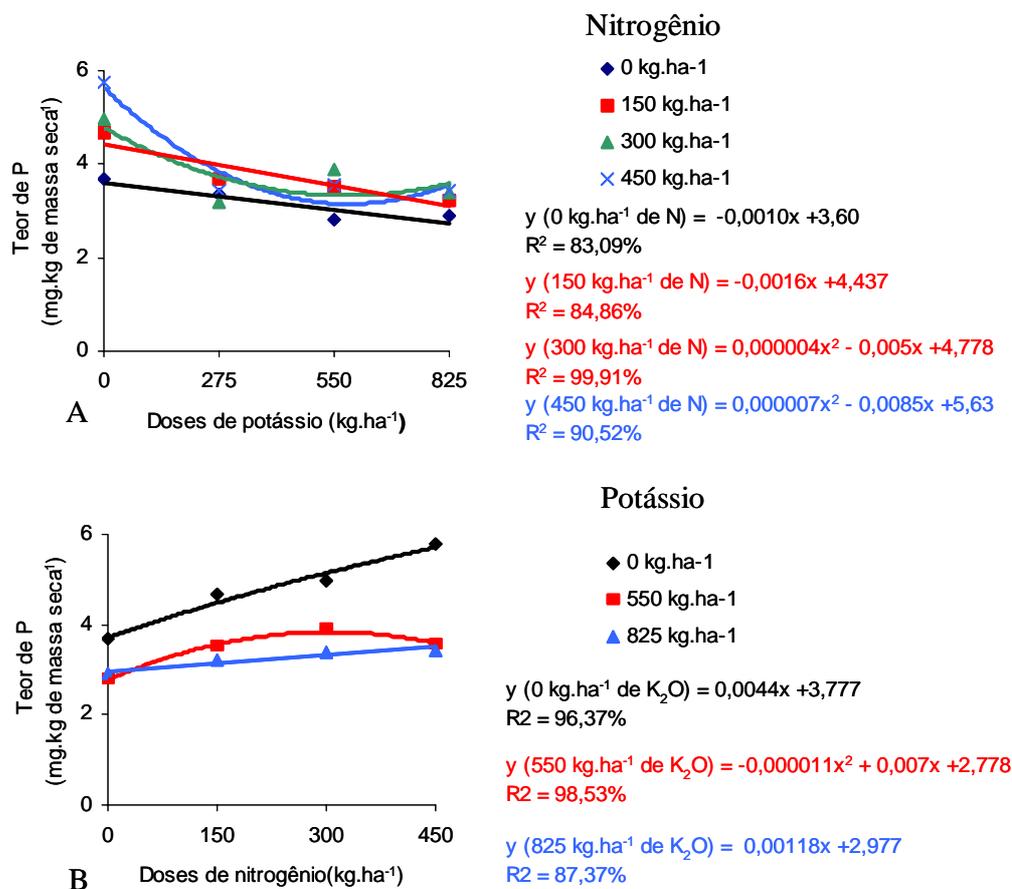


Figura 20. Teor de fósforo (g kg^{-1} de massa seca) de brócolis tipo cabeça única, no dia da inoculação, em função de doses de potássio dentro de cada dose de nitrogênio (A) e de nitrogênio dentro de cada dose de potássio (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

4.2.3.2.2 Teor de fósforo na colheita

Não foram constatadas diferenças significativas para o teor de fósforo na parte aérea de brócolis, entre os tratamentos não inoculado e inoculado com Xcc (Tabela 17).

Tabela 17. Comparação entre médias dos tratamentos em plantas de brócolis não inoculados e inoculados com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, para teor de fósforo na parte aérea, na colheita (g kg^{-1} de massa da matéria seca). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Tratamentos	P* (g kg⁻¹)
Não inoculado	3,231 a
Inoculado	3,294 a

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Os teores de fósforo na parte aérea de brócolis variaram de 2,13 a $2,53 \text{ g kg}^{-1}$ de massa da matéria seca para as plantas não adubadas com nitrogênio (0 kg ha^{-1} de N) nas doses crescentes de potássio, não apresentando diferença significativa pelo teste F a 5% de probabilidade. Já para as doses 150; 300 e 450 kg ha^{-1} de nitrogênio, o teor de fósforo da parte aérea de brócolis apresentaram tendência quadrática para as doses crescentes de potássio (Figura 21 A) e pode-se observar que para o teor de potássio, os menores teores estimados ($2,36$; $2,45$ e $2,70 \text{ g kg}^{-1}$ de massa da matéria seca) foram estimados nas doses de 604; 613 e 550 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente para as doses de 150; 300 e 450 kg ha^{-1} de N aplicados.

As doses crescentes de nitrogênio não foram significativas para o teor de fósforo e as doses de 275; 550 e 825 kg ha^{-1} de K_2O , variando de $2,48$ a $3,15 \text{ g kg}^{-1}$ de massa da matéria seca. Porém, para a dose 0 kg ha^{-1} de K_2O , as doses de nitrogênio apresentaram efeito quadrático, apresentando o máximo teor estimado ($6,05 \text{ g kg}^{-1}$ de massa da matéria seca) na dose de 320 kg ha^{-1} de N (Figura 21 B).

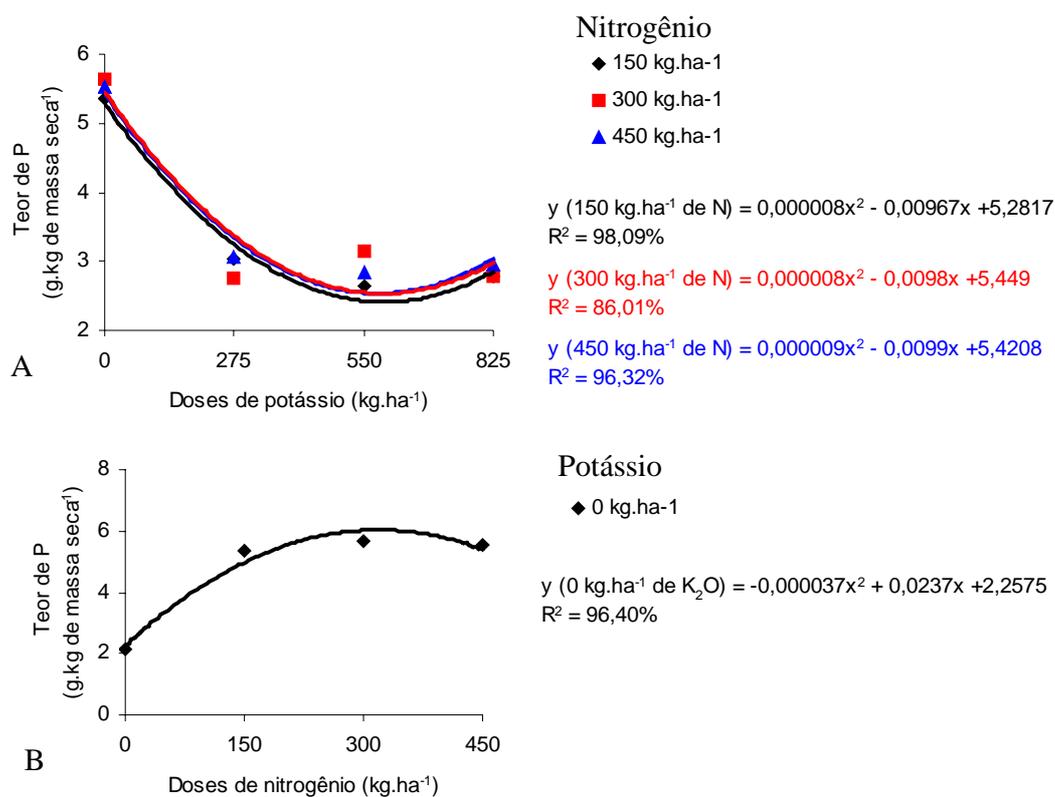


Figura 21. Teor de fósforo (g kg⁻¹ de massa seca) de brócolis tipo cabeça única, na colheita, em função de doses de potássio dentro de cada dose de nitrogênio (A) e de nitrogênio dentro de cada dose de potássio (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Rincon et al. (1999) observaram o teor de fósforo de 4,6 g kg⁻¹ de massa seca, valor superior aos obtidos para os tratamentos que receberam adubação potássica e nitrogenada e para as plantas que não receberam adubos nitrogenados, porém está abaixo do teor máximo estimado para plantas deficientes de potássio (6,05 g kg⁻¹ de massa da matéria seca). Porém, o teor encontrado por Shelp e Liu (1992) foi próximo do estimado (3 g kg⁻¹ de massa da matéria seca).

Para as plantas não inoculadas e inoculadas com Xcc, foi observado que as doses crescentes de nitrogênio, proporcionaram um efeito quadrático para o teor de fósforo, sendo que o máximo teor estimado foi 3,85 e 3,69 g kg⁻¹ de massa da matéria seca, para as doses de 319 e 406 kg ha⁻¹ de N, respectivamente para plantas não inoculadas e inoculadas com Xcc (Figura 22). Segundo Bedendo (1995) o fósforo pode influenciar

positiva ou negativamente a severidade da doença, mas não foram observados trabalhos que relatassem a influência deste nutriente para *Xanthomonas* em hortaliças.

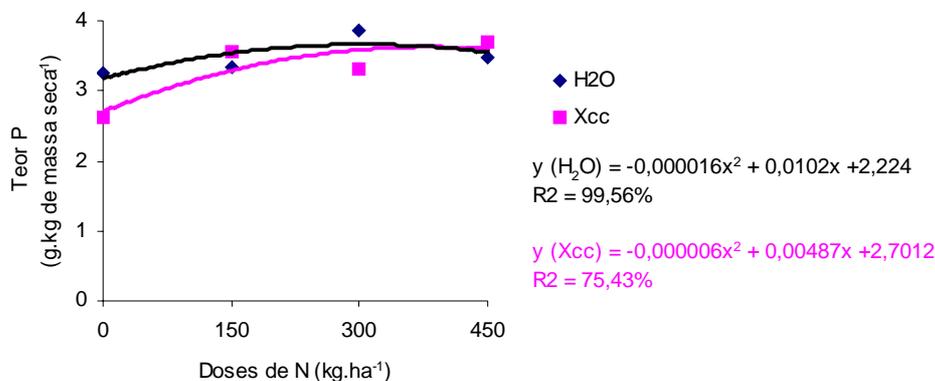


Figura 22. Teor de fósforo (g kg^{-1} de massa da matéria seca) de brócolis tipo cabeça única, na colheita, em função de doses de nitrogênio dentro dos fatores não inoculados e inoculados com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

4.2.3.3 Teor de potássio

4.2.3.3.1 Teor de potássio no dia da inoculação de brócolis com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

O teor de potássio foi linear com o aumento das doses de potássio na dose de 0 kg ha^{-1} de N; apresentou tendência linear. Já para as doses crescentes de potássio, nas doses de 150; 300 e 450 kg ha^{-1} de N os teores de potássio apresentaram efeito quadrático (Figura 23 A), e pode-se observar com as equações, que os máximos teores de potássio ($49,32$; $40,91$ e $37,89 \text{ g kg}^{-1}$ de massa da matéria seca) foram estimados nas doses de 808 ; 755 ; 924 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente para as doses de 150; 300 e 450 kg ha^{-1} de N.

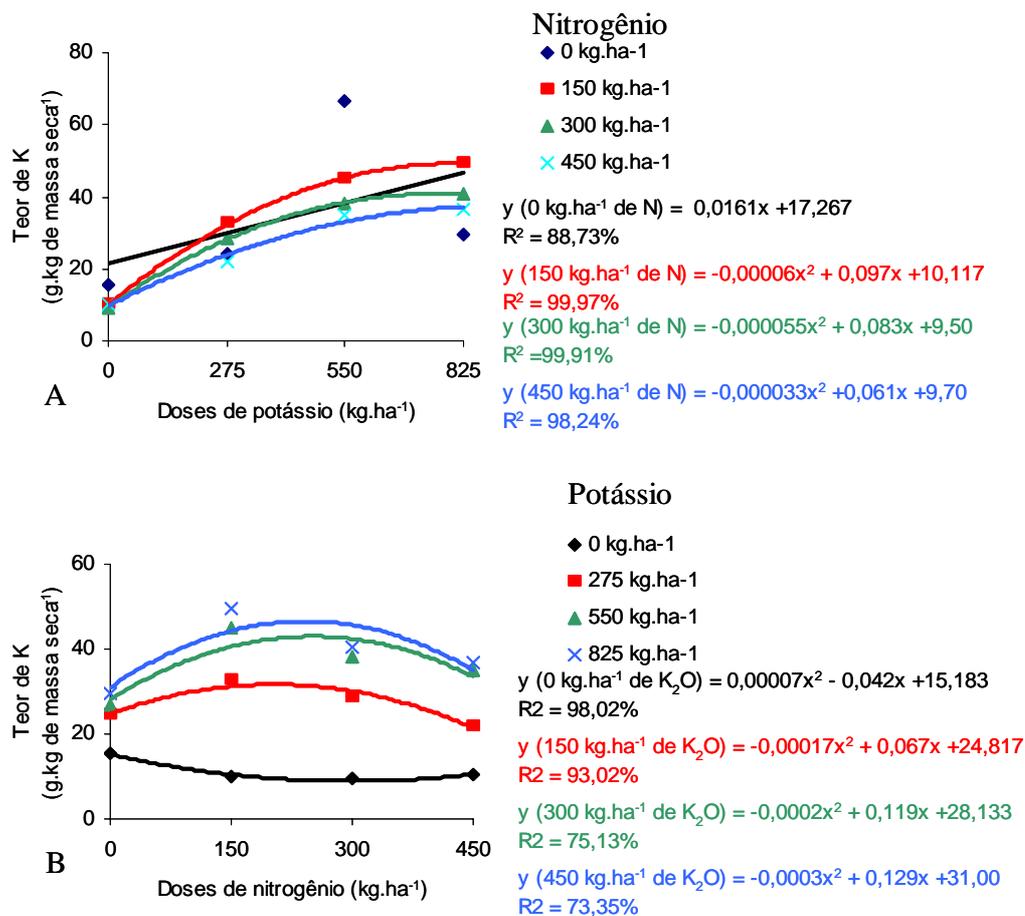


Figura 23. Teor de potássio (g kg^{-1} de massa da matéria seca) de brócolis tipo cabeça única, no dia da inoculação, em função de doses de potássio dentro de cada dose de nitrogênio (A) e de nitrogênio dentro de cada dose de potássio (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Nas doses crescentes de nitrogênio, foi observado que o teor de potássio apresentou efeito quadrático para todas as doses estudadas, porém nas plantas onde não se realizaram as adubações potássica, estimou-se o menor teor de potássio ($8,88 \text{ g kg}^{-1}$ de massa da matéria seca) na dose de 300 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Para os tratamentos 275 , 550 e 825 kg ha^{-1} de K_2O foram obtidos os teores máximos de $31,42$; $45,83$ e $44,87 \text{ g kg}^{-1}$ de massa da matéria seca, para as doses 197 , 298 e 215 kg ha^{-1} de N, respectivamente (Figura 23 B). O teor de potássio encontrado por Rincon et al (1999) foi de $51,29 \text{ g kg}^{-1}$ de massa da matéria seca, aos 33 DAT, superior ao estimado como teor máximo em todos os tratamentos que receberam adubação potássica e nitrogenada.

O aumento do teor de potássio com o aumento da adubação potássica e a redução do teor com altas doses de nitrogênio, no dia da inoculação, pode ter interferido no PANC, pois a dose estimada de 283 kg ha⁻¹ de N e as altas doses de potássio, acima de 500 kg ha⁻¹ de K₂O, apresentaram menor severidade da doença, além destas doses de potássio aumentarem a porcentagem de folhas retidas (Figuras 14 e 15).

4.2.3.3.2 Teor de potássio na colheita

Não foram observadas diferenças significativas para o teor de potássio da parte aérea de brócolis, entre os tratamentos não inoculados e inoculados com Xcc (Tabela 18).

Tabela 18. Comparação entre médias dos tratamentos em plantas de brócolis, controles e inoculados com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, para teor de potássio da parte aérea na colheita (g kg⁻¹ de massa seca). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Tratamentos	K* (g kg ⁻¹)
Não inoculado	26,125 a
Inoculado	27,708 a

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F (P<0,05).

Foi observado que as doses crescentes da adubação potássica apresentaram efeito quadrático para todas as doses de nitrogênio avaliadas. Foram obtidos os teores máximos (26,40; 43,98; 44,19 e 39,76 g kg⁻¹ de massa seca) nas doses de 726, 1095, 1024 e 983 kg ha⁻¹, respectivamente para as doses de nitrogênio de 0; 150; 300 e 450 kg ha⁻¹ de N (Figura 24 A).

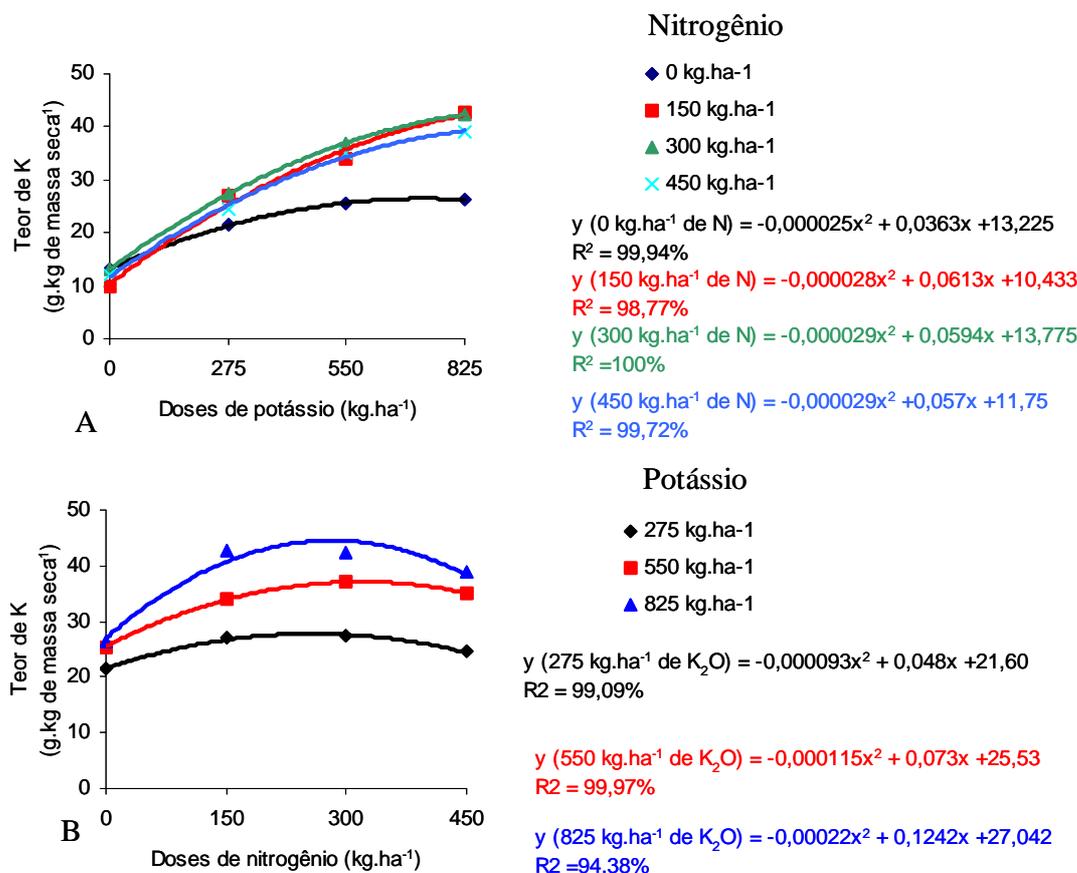


Figura 24. Teor de potássio (g kg^{-1} de massa da matéria seca) de brócolis tipo cabeça única, na colheita, em função de doses de potássio dentro de cada dose de nitrogênio (A) e de nitrogênio dentro de cada dose de potássio (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Nas doses crescentes de adubação potássica, pode-se observar que os teores de potássio da parte aérea de brócolis variaram de $9,83$ a $13,17 \text{ g kg}^{-1}$ de massa seca para as plantas não adubadas com nitrogênio (0 kg ha^{-1} de N) e não apresentou diferença significativa pelo teste F a 5% de probabilidade. Já para as doses 275 ; 550 e 825 kg ha^{-1} de K_2O , os teores de potássio da parte aérea de brócolis apresentaram tendência quadrática para as doses crescentes de nitrogênio (Figura 24 B) e foram estimados os máximos teores de potássio ($27,79$; $37,11$ e $44,57 \text{ g kg}^{-1}$ de massa da matéria seca) nas doses de 258 , 317 e 282 kg ha^{-1} de N, respectivamente para os tratamentos 275 ; 550 e 825 kg ha^{-1} de K_2O . Peck e MacDonald (1986) observaram que maiores doses de potássio

aumentaram os teores deste nutriente em folhas de brócolis, variando de 10 a 27 g kg⁻¹ de massa da matéria seca.

Shelp e Liu (1992) observaram teor de 25,25 g kg⁻¹ de massa da matéria seca e Rincon et al (1999) observaram 39 g kg⁻¹ de massa da matéria seca, valores dentro da faixa observada neste experimento, que foram de 27 a 44,57 g kg⁻¹ de massa da matéria seca.

Pôde-se observar menor porcentagem da área necrosada do caule (PANC) foi observada na dose de 800 kg ha⁻¹ de K₂O e 283 kg ha⁻¹ de N, nestas doses foram onde se encontrou maior teor de K no tecido. O aumento da resistência é devido à ação do K nos tecidos. Estes foram observados por Nayudu e Walker (1961) ao estudar *Xanthomonas vesicatoria* em tomateiro. Além dos relatos de Huber (1994), em *Pseudomonas syringae* e *Pythium ultimum* em feijoeiro, *Fusarium oxysporum* em repolho, *Xanthomonas manihotis* em mandioca, *Fusarium oxysporum* em pimenta e *Phytophthora infestans* em batata.

4.2.3.4 Teor de cálcio

4.2.3.4.1 Teor de cálcio no dia da inoculação de brócolis com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

Os teores de cálcio, nas doses crescentes de potássio, para os tratamentos 0; 150 e 300 kg ha⁻¹ de N produziram um efeito quadrático, estimando-se os teores mínimos de 20,64 e 20,02 g kg⁻¹ de massa da matéria seca da parte aérea nas doses de 628, 700 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente para as doses 150 e 300 kg ha⁻¹ de N. Porém, para o tratamento 300 kg ha⁻¹ de N, o efeito foi o inverso, estimou-se o teor máximo de 25,76 g.kg⁻¹ de massa da matéria seca na dose de 388 kg.ha⁻¹ de N. Para o tratamento de 450 kg ha⁻¹ de N, os teores aumentaram linearmente para as doses de potássio (Figura 25 A).

As doses de potássio crescentes de nitrogênio reduziram linearmente os teores de cálcio, na dose de 0 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 25 B). Nos tratamentos 275, 550 e 825 kg ha⁻¹ de K₂O, os teores de cálcio não foram significativos ao teste F a 5%, variando de 21,33 a 26,67 g kg⁻¹ de massa da matéria seca.

Os teores de cálcio variaram de 20 a 30 g kg⁻¹ de massa da matéria seca e foram bastante inferiores ao encontrado por Rincon et al. (1999), que observaram 48,40 g kg⁻¹ de massa seca, aos 33 DAT.

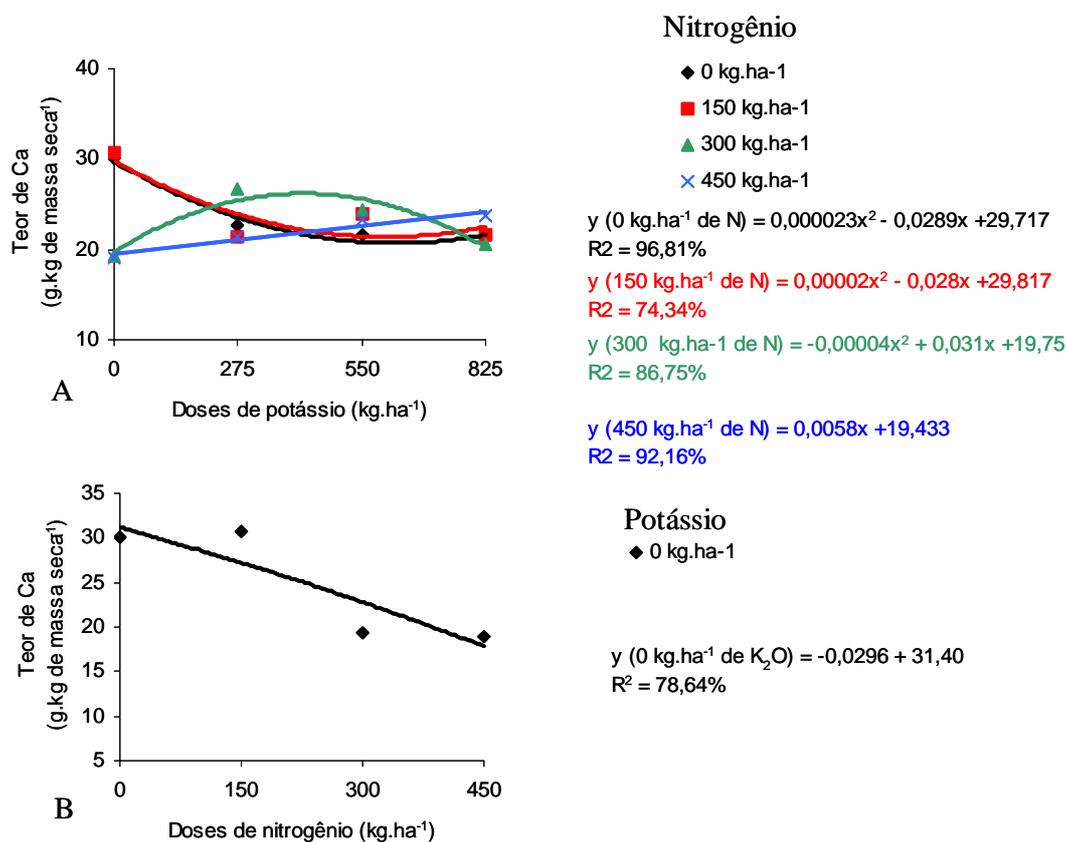


Figura 25. Teor de cálcio (g kg⁻¹ de massa da matéria seca) de brócolis tipo cabeça única, no dia da inoculação com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, em função de doses de potássio dentro de cada dose de nitrogênio (A) e de nitrogênio dentro de cada dose de potássio (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

4.2.3.4.2 Teor de cálcio na colheita

Não foram observadas diferenças significativas para o teor de cálcio da parte aérea de brócolis, entre os tratamentos inoculados com água destilada e Xcc (Tabela 19).

Tabela 19. Comparação entre médias dos tratamentos, controles e inoculados com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, para teor de cálcio da parte aérea de plantas de brócolis na colheita (g kg^{-1} de massa da matéria seca). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Tratamentos	Ca* (g kg^{-1})
Não inoculado	14,104 a
Inoculado	14,958 a

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Foi observado que os teores de cálcio foram reduzidos linearmente, em função do aumento das doses de potássio, nos tratamentos 0 e 450 kg ha^{-1} de N (Figura 26 A). Nos tratamentos com doses intermediários de nitrogênio, 150 e 300 kg ha^{-1} de N, os teores de cálcio apresentaram efeito quadrático, em função do aumento das doses de potássio. Pode-se observar que os menores teores, $9,22$ e $13,61 \text{ g kg}^{-1}$ de massa seca, foram observados nas doses de 582 e 599 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente para os tratamentos 150 e 300 kg ha^{-1} de N. A redução dos teores de cálcio com o aumento da adubação potássica foram observados por Peck e MacDonald (1986).

Os teores de cálcio apresentaram resposta quadrática, com o aumento das doses de nitrogênio, para os tratamentos 0 e 275 kg ha^{-1} de K_2O , obtendo-se o máximo teor $25,72$ e $19,21 \text{ g kg}^{-1}$ de massa seca, nas doses de 299 e 774 kg ha^{-1} de N, respectivamente para os tratamentos 0 e 275 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 26 B).

Nos tratamentos 550 e 825 kg ha^{-1} de K_2O houve aumento linear para os teores de cálcio, em função do aumento das doses de nitrogênio.

Shelp e Liu (1992) e Rincon et al (1999) observaram teores de $17,52$ e $35,7 \text{ g kg}^{-1}$ de massa seca, respectivamente.

O cálcio atua como ativador de resistência de plantas, principalmente por estar envolvido na divisão celular e na formação da lamela média (HUBER, 1980; HUBER et al., 1990; SILVEIRA; HIGASHI, 2003; YAMADA, 2004).

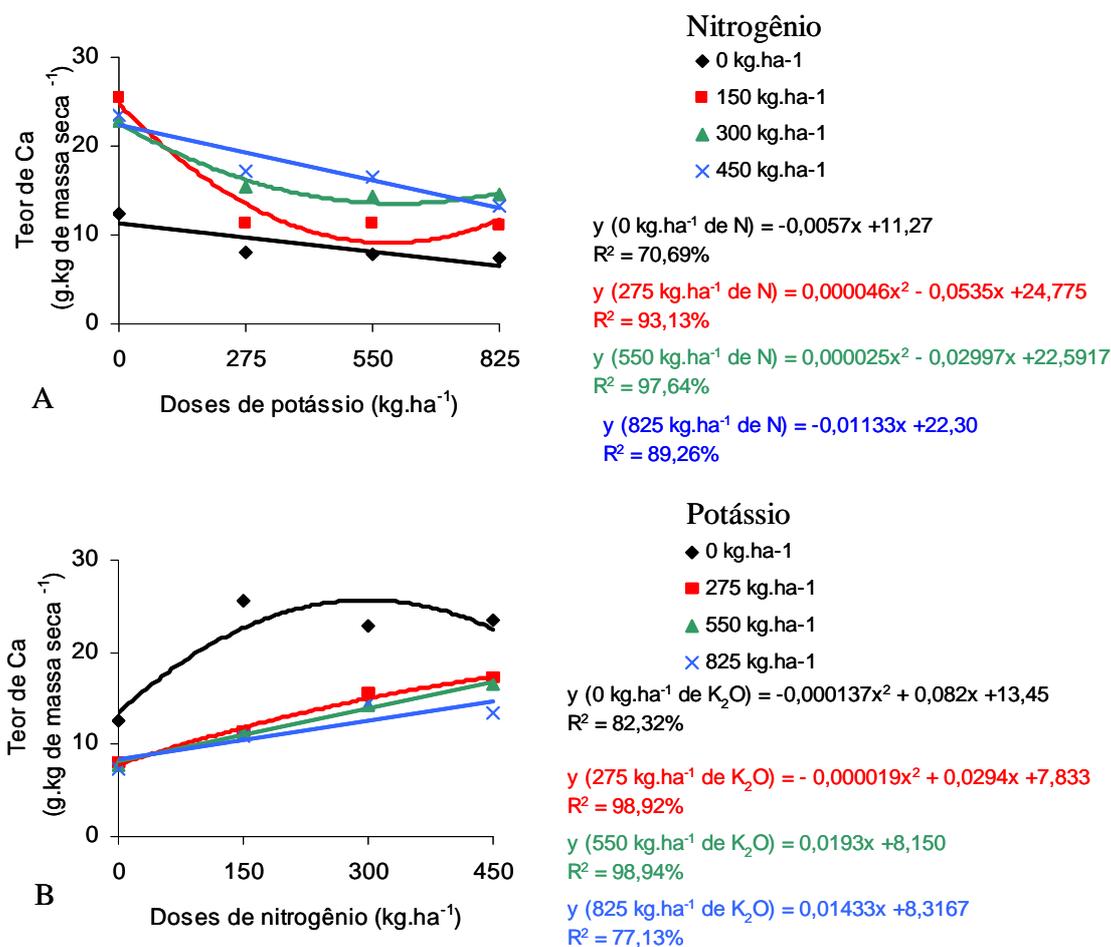


Figura 26. Teor de cálcio (g kg^{-1} de massa da matéria seca) de brócolis tipo cabeça única, na colheita, em função de doses de potássio dentro de cada dose de nitrogênio (A) e de nitrogênio dentro de cada dose de potássio (B). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

4.2.3.5 Teor de magnésio

4.2.3.5.1 Teor de magnésio no dia da inoculação de brócolis com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

Os teores de magnésio da parte aérea de brócolis apresentaram tendência quadrática para as doses crescentes de potássio (Figura 27 A). Pode-se observar que para o teor de magnésio, os menores teores estimados ($1,99$ e $2,12 \text{ g kg}^{-1}$ de massa da matéria seca) nas doses de 667 e 700 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente para os tratamentos

de 0 e 150 kg ha⁻¹ de N. Já para os tratamentos 300 e 450 kg ha⁻¹ de N, os teores variaram de 2,1 a 2,4 g kg⁻¹ de massa da matéria seca.

Nas doses crescentes de nitrogênio, para o tratamento 0 kg ha⁻¹ de K₂O, os teores de magnésio foram reduzidos linearmente. Para os tratamentos 275; 550 e 825 kg ha⁻¹ de K₂O, os teores de magnésio não apresentaram diferenças significativas para o teste F a 5% de probabilidade (Figura 27 B). Rincon et al. (1999) encontraram o teor de 5,16 g kg⁻¹ de massa seca, aos 33 DAT, teor maior que o observado neste experimento aos 30 DAT.

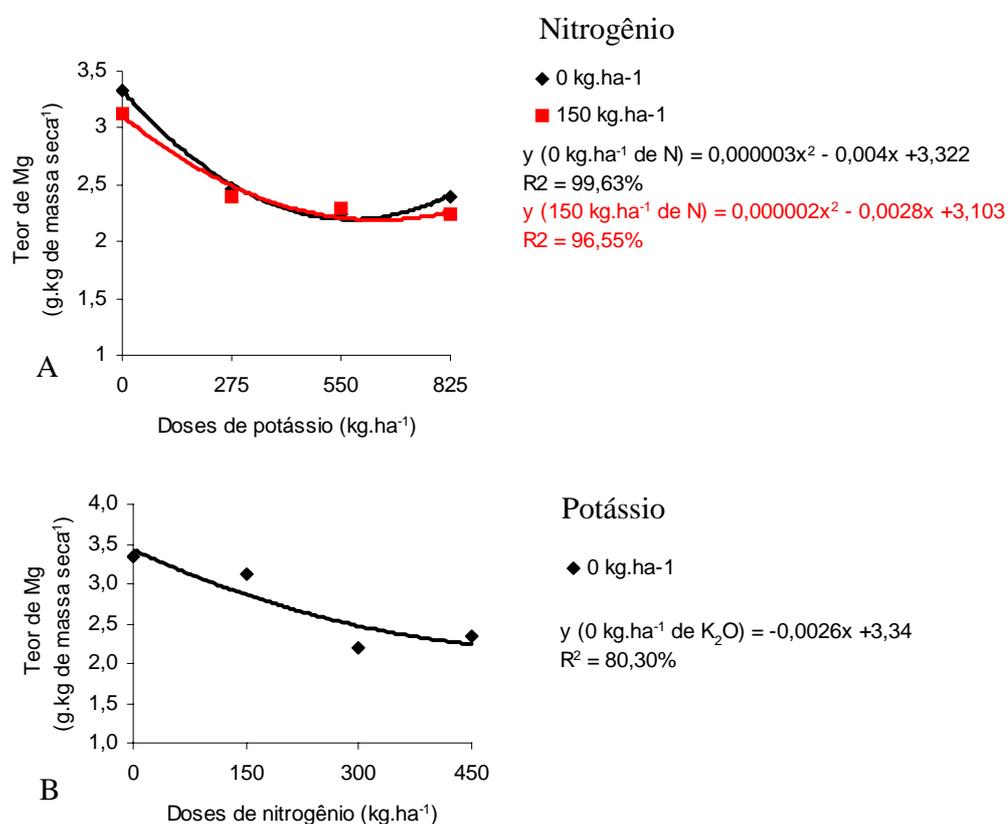


Figura 27. Teor de magnésio (g kg⁻¹ de massa da matéria seca) de brócolis tipo cabeça única, no dia da inoculação com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, em função de doses de potássio dentro de cada dose de nitrogênio (A) e de nitrogênio dentro de cada dose de potássio (B).

4.2.3.5.2 Teor de magnésio na colheita

Não foram observadas diferenças significativas para o teor de magnésio da parte aérea de brócolis, entre os tratamentos não inoculados e inoculados com Xcc (Tabela 20).

Tabela 20. Comparação entre médias dos tratamentos não inoculados e inoculados com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, para teor de magnésio da parte aérea na colheita de inflorescência de brócolis (g kg^{-1} de massa da matéria seca). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

Tratamentos	Mg* (g kg^{-1})
Não inoculado	1,756 a
Inoculado	1,792 a

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Foi observado que os teores de magnésio foram reduzidos linearmente em função do aumento das doses de potássio, no tratamento 0 kg ha^{-1} de N (Figura 27 A) e que, nos tratamentos $150; 300$ e 450 kg ha^{-1} de N, os teores de magnésio apresentaram efeito quadrático, em função do aumento das doses de potássio; os menores teores, $9,22; 8,87; 9,22 \text{ g kg}^{-1}$ de massa da matéria seca foram observados nas doses de $582; 594$ e 582 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente para os tratamentos $150; 300$ e 450 kg ha^{-1} de N. A tendência da redução dos teores de magnésio, com o aumento da adubação potássica, foi observado por Peck e MacDonald (1986).

Os teores de magnésio apresentaram tendência quadrática com o aumento das doses de nitrogênio, para os tratamentos 0 e 275 kg ha^{-1} de K_2O , com o máximo teor de magnésio, $3,22$ e $1,96 \text{ g kg}^{-1}$ de massa da matéria seca, nas doses de 311 e 399 kg ha^{-1} de N, respectivamente para os tratamentos 0 e 275 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 28 B).

Nos tratamentos 550 e 825 kg ha^{-1} de K_2O houve aumento linear para os teores de magnésio, em função do aumento das doses de nitrogênio.

Os teores de magnésio observados variaram de $1,3$ a $3,3 \text{ g kg}^{-1}$ de massa matéria seca, abaixo dos observados por Shelp e Liu (1992) e Rincon et al. (1999), que obtiveram teores de $27,6$ e $3,7 \text{ g kg}$ de massa da matéria seca⁻¹. Peck e MacDonald

(1986) observaram redução dos teores de magnésio com o aumento das doses de cloreto de potássio

O aumento dos teores de magnésio aumentou a incidência de *Xanthomonas vesicatoria* nas folhas de pimentão (Wolts e Jones, 1979). Segundo Rincon et al. (1999) 59% do magnésio estão presentes nas folhas.

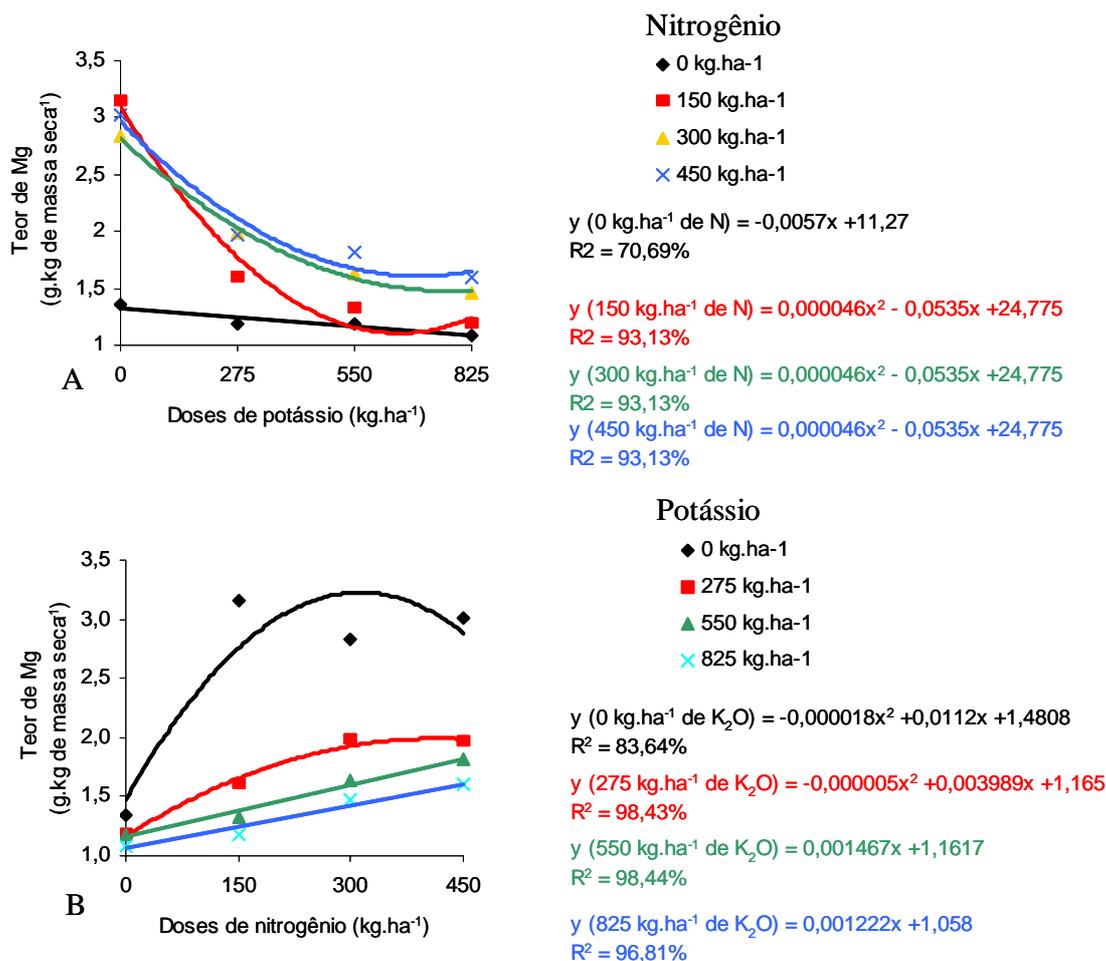


Figura 28. Teor de magnésio (g kg⁻¹ de massa seca) de brócolis tipo cabeça única, na colheita, em função de doses de potássio dentro de cada dose de nitrogênio (A) e de nitrogênio dentro de cada dose de potássio (B).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O brócolis tipo “inflorescência única” é pouco estudado no país e muitos aspectos merecem ser investigados, principalmente a adubação, densidade de plantio, irrigação e manejo de pragas e doenças.

Neste trabalho, foi observado que o brócolis responde a doses maiores de potássio e nitrogênio que as recomendadas por Trani et al. (1997).

Nas plantas onde foram aplicadas as doses de 150 kg ha⁻¹ de N e 275 kg ha⁻¹ K₂O, observou-se visualmente que o desenvolvimento da planta e da doença estava similar ao tratamento 300 kg ha⁻¹ de N e 550 kg ha⁻¹ K₂O, até o início do terceiro estágio. Porém, posteriormente, os tratamentos com doses maiores passaram a se destacar pelo seu vigor e sanidade.

Nos tratamentos onde foram aplicadas as doses de 450 kg ha⁻¹ de N, era visível o excesso de nitrogênio nos tratamentos onde foram aplicadas doses menores de potássio, 275 e 550 kg ha⁻¹ de K₂O, porém no tratamento de maior dose (825 kg ha⁻¹ de K₂O) as plantas resistiram mais ao excesso de nitrogênio.

O tratamento que se destacou, visualmente foram as doses de 300 kg ha⁻¹ de N e de 550 kg ha⁻¹ de K₂O.

Quanto à doença, os sintomas não foram mais severos, devido à forma de irrigação realizada por sistema de gotejamento, diferente das áreas comerciais, que é efetuada via aspersão, normalmente. Esse método proporcionaram maior umidade.

Algumas plantas que receberam maior dose de potássio apresentaram sintoma de fitotoxicidade de potássio (Figura 29). Apresentando plantas com menor desenvolvimento, as folhas apresentam bordas necrosadas e com menor limbo foliar.

A aumento da adubação nitrogenada prolongou o ciclo das plantas, como esperado e conseqüentemente o risco de maior ocorrência de doenças e de pragas.

Outra sugestão é avaliar a interação entre densidades de plantas e doses de nitrogênio ou potássio e o efeito sobre doença.



Foto Seabra Jr, S.

Figura 29. Plantas de brócolis com sintomas de fitotoxicidade de potássio (300 kg ha⁻¹ de N e 825 kg ha⁻¹ de K₂O). Botucatu, FCA/UNESP, 2004.

6 CONCLUSÕES

Nas condições do presente experimento pode-se concluir que:

- As doses de maior produção para potássio variaram de 575 a 626 kg ha⁻¹ de K₂O;
- As doses de maior produção para nitrogênio variaram de 315 a 320 kg ha⁻¹ de N;
- O aumento das doses de potássio reduziram os sintomas da podridão negra (PANC e FR);
- O aumento da adubação nitrogenada aumentaram os sintomas de PANC;
- As doses de 300 kg ha⁻¹ de N e 500 kg ha⁻¹ K₂O são as doses mais indicadas para uma adubação equilibrada e obter maior produção e tamanho de inflorescência e maior resistência à podridão negra das brássicas (*Xanthomonas campestris* pv. *Campestris*);

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. Academic Press Inc., New York, 703 p., 1988.

ANJO, D.F.C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **J. Vasc. Br.**, v.3, n.2, 2004. Disponível em: <http://www.jvascbr.com.br/04-03-02/04-03-02-145/04-03-02-145.pdf>. Acesso em 25 out. 2005.

AZEVEDO, S.A., MICHEREFF, J.S., MARIANO, R.L.R. Epidemiologia comparativa da podridão negra e da alternariose do repolho no agreste de Pernambuco. **Fitopatologia Brasileira**, v.27, n.1, p.1-13, 2002.

BEDENDO, I.P. Ambiente e doença. In: BERGAMIN FILHO, KIMATI, H., AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo, Ed Agronômica Ceres, 1995, v.1, p.331-41.

CAMARGO FILHO, W.P., MAZZEI, A.R. Abastecimento de legumes: tendência de preços. **Informações Econômicas**, v.30, n.10, p.35-49, 2000.

CANADAY, C.H.; WYATT, J.E. Effects of nitrogen fertilization on bacterial soft rot. **Plant disease**, v.76, n.10, p.989-91, 1992.

CARMELLO, Q.A.C. **Curso de nutrição/fertirrigação na irrigação localizada**. Piracicaba: Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, 1999. 59p. Apostila.

CHASE, A.R. Effects of nitrogen and potassium fertilizer rates on severity of *Xanthomonas Blight of Syngonium podophyllum*. **Plant disease**, v.73, n.12, p.972-5, 1989.

DYE, D.W., BRADBURY, J.F., GOTO, M., HAYWARD, A.C., LELLIOTT, R.A., SCHOROTH, N.M. International standards for naming pathovars of phytopathogenic bacteria and a list of pathovar names and pathotype strains. **Rev. Plant Pathology**; V.59, p.153-168, 1980.

DZHALILOV, F.S., TIWARI, R.D. Soil and cabbage plant debris as infection sources of black rot. **Archives fur phytopathologische und Pflanzenschutz**. V.28, p.383-7. 1995.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

ESPINDOLA, C. R.; TOSIN, W. A. C.; PACCOLA, A. A. Levantamento pedológico da Fazenda Experimental São Manuel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, 1973, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p.650-651.

EVANGELISTA, R.M., KOHATSU, D.S., SEABRA JR, S., VIEITES, R.L., GOTO, R. Qualidade de brócolis minimamente processado. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, julho, 2004. Suplemento 2.

EVERAARTS, A.P. Nitrogen fertilization and head rot in broccoli. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.42, n.3, 1994, p.195-201.

EVERAARTS, A.P., WILLIGEN, P. The effects of the rate method of nitrogen application on nitrogen uptake and utilization by broccoli. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.47, 1999, p.201-214.

FERREIRA, DF. **Sistema para análise de variância para dados balanceados (SISVAR)**. Lavras (MG): UFLA; 1999. 92p.

- FERREIRA, F.A. Efeito do clima sobre as brássicas. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.9, n.98, p.12-13, 1983.
- FILGUEIRA, F.A.R. Brássicas folhosas. In: **Manual de olericultura**. 8 ed. São P: Ceres. P.187-202, 1972.
- FILGUEIRA, F.A.R. Cucurbitáceas: a família da abóbora. In: **Manual de olericultura; cultura e comercialização de hortaliças**. 1 ed. São Paulo: Agronômica Ceres. p.346-350, 2000.
- FURLANI, A.M.C., FURLANI, P.R. BATAGLIA, O.C., HIROCE, R., GALLO, J.R. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**, v.37, n.5, p.33-44, 1978.
- GIORDANO, L.B. Melhoramento de Brássicas. **Informe Agropecuário**. V.9, p.16-20, 1983.
- GOTO, M. Fundamentals of Bacterial Plant Pathogens. Acad. Press Inc. 456p, 1992.
- GRILLI, G.V.G., CINTRA, A.A.D., BRAZ, L.T., FRACASSO, J.V., SILVA, F.L. Desempenho de híbridos de brócolos em casa de vegetação e campo aberto no verão. **Horticultura Brasileira**, Recife, v.21, suplemento, 2003.
- HENZ, G.P., GIORDANO, L.B., MELO, P.E. Reação de genótipos de repolho a *Xanthomonas campestris* patovar *campestris*. **Fitopatologia Brasileira**, v.16, n.1, 1991, p.109-111.
- HENZ, G.P., TAKATSU, A., REIFSCHNEIDER, F.J.B Avaliação da virulência e variabilidade em isolados de *Xanthomonas campestris* patovar *campestris*. **Fitopatologia Brasileira**, v.13, n.3, 1987, p.207-10.
- HENZ, G.P., TAKATSU, A., REIFSCHNEIDER, F.J.B Avaliação de métodos de inoculação de *Xanthomonas campestris* patovar *campestris* para detecção de fontes de resistência em brássicas. **Fitopatologia Brasileira**, v.13, n.3, 1988, p.207-10.
- HOMA, P., HAAG, H.P., SARRUGE, J.R. Deficiência de macronutrientes em couve-flor. In: HAAG, H.P., MINAMI, K. **Nutrição Mineral em Hortaliças**. Campinas, Fundação Cargil, p.83-100, 1981.

<http://www.clicknoticia.com.br/default.asp?not_codigo=56,2003> acesso em: 12 abril 2004.

<<http://www.iea.sp.gov.br/out/ibcoiea.htm>.> acesso em: 25 out. 2005.

<<http://www.syngentaseeds.com.br/novosite/brassicas.asp>> acesso em: 25 out. 2005.

<http://www.syngentaseeds.com.br/novosite/brócolis_bro68.asp> acesso em: 18 dez. 2005.

HUBER, D.M. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSFALL & COWLING, E.B. **Plant pathology**; an advanced treatise. New York, Academic Press, v.5, p. 381-406, 1980.

HUBER, D.M, ARNY, D.C. Interaction of potassium with plant disease. In: **Potassium in Agriculture**, 1985. p.467-88.

HUBER, D.M. Introduction. In: ENGELHARD, A.W. **Management of disease with macro and microelements**. St. Paul, APS Press, 1990. p.1-8.

HUBER, D.M. The influence of mineral nutrition on vegetable diseases. **Horticultura Brasileira**, v.12, n.2, 1994, p.206-14.

JONES, J.B., STANLEY, C.D., CSIZINSZKY, A.A., KOVACH, S.P., McGUIRE, R.G. K and N fertilization rates influence susceptibility of trickle-irrigated tomato plants to bacterial spot. **HortScience**, v.23, p.1013-5, 1988.

KAHN, B.A., AHILLING, P.G., BRUSEWITZ, G.H., McNEW, R.W. Force to shear the stalk, stalk diameter, and yield of broccoli in response to nitrogen fertilization and within-row spacing. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.116, n.2, p.222-227, 1991.

KIMOTO, T. **Contribuição ao estudo de seleção de variedades locais de repolho**. Tese de Doutorado. ESALQ, USP, Piracicaba, 64p., 1968.

KIMOTO, T. Nutrição e adubação de repolho, couve-flor e brócolo. In: **Anais do Simpósio sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças**. 1990, Jaboticabal. Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba: Potafos, 1993. P.149-178.

KOWALENKO, C.G., HALL, J.W. Effects of nitrogen application on direct-seeded Broccoli from a single harvest adjusted for maturity. **Journal American Society Science**. V.112, n.1, 1987. p.9-13.

KRUGNER, T.L. Ação do ambiente sobre doenças de plantas. In GALLI, F. **Manual de Fitopatologia**. 2ºed. São Paulo: Ceres, v.1, 1978. p. 215-26.

KUMAR, S., SHARMA, J.P. Exogenous application of boron and nitrogen on susceptibility of cauliflower to black rot. **Journal of Mycology and Plant Pathology**. V.27, n.2, 1997. p.210-214.

LEBENSMITTELCHEMIE, D.F., MUNNCHEN, G. (Ed.). **Tablas de composición de alimentos**. Zaragoza: ACRIBIA, 1991. 430p.

LEITE, B., PASCHOLATI, S.F. Hospedeiro: Alterações fisiológicas induzidas por fitopatógenos. In: Bergamin, A., Kimati, H. & Amorim, L. (Eds.) **Manual de Fitopatologia** - Vol. 1 - Princípios e Conceitos. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres. 1995. pp.393-416.

LORENZ, O.A., MAYNARD, D.N. (Ed.). **Knott's handbook for vegetable growers**. 2 ed. New York: Wiley, 1980. 390p.

MACHADO, D. **Sobrevivência de Xanthomonas campestris pv. Campestris (Pammel) Dowson associada a ervas daninhas**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 1985.

MAGNÍFICO, V., LATTANZIO, V., SARLI, G. Growth and nutrient removal by broccoli. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.104, p.201-3, 1979.

MALAVOLTA, E. Elementos da nutrição mineral. In: Ferri, M.G. (Coord.) **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EPU, v.1, p.97-114, 1985.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

- MARINGONI, A.C. **Apontamentos de técnicas em fitobacteriologia**. Botucatu: FEPAF, 1995. 29p. (Boletim didático, 8).
- MARINGONI, A.C. **Manual de fitopatologia: Doenças das Crucíferas**. In KIMATI, H., AMORIM, L., BERGAMIN FILHO, A., CAMARGO, L.E.A., REZENDE, J.A.M. **Manual de Fitopatologia**. 3^oed. São Paulo: Ceres, v.2, 1997. p.315-24.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plantas**. 2 ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MATSUOKA, K., CRUZ FILHO, J. & MARTINS, M.C. del P. Doenças bacterianas e fungicas das brássicas. **Inf. Agropec.**, 9:35-38, 1983.
- McGUIRE, R.G., JONES, J.B., STANLEY, C.D., CSIZINSZKY, A.A. Epiphytic populations of *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria* and bacterial spot of tomato as influenced by nitrogen and potassium fertilization. **Phytopathology**, v.81, p.656-60, 1991.
- McLAURIN, W.J., Broccoli - Commercial Vegetable Production. The University of Georgia College of Agricultural & Environmental Sciences – Cooperative Extension Service. **Circular 764**, p.02, 1999.
- NAYUDU, M.V., WALKER, J.C. Tomato leaf composition in relation to bacterial spot. **Phytopathology**, v.51, p.368-72, 1961.
- PECK, N.H., MACDONALD, G.E. Cauliflower, broccoli, and brussels sprouts responses to concentrated superphosphate and potassium chloride fertilization. **J. Amer. Hort. Sci.** v.111, n.2, p195-201, 1986.
- RAIJ, B. van, SILVA, N.M., BATAGLIA, O.C., QUAGGIO, J.A., HIROCE, R., CANTARELLA, H., BELLINAZZI Jr., R., DECHEN, A.R., TRANI, P.E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônômico, 1985. 107p. (Boletim Técnico, 100).
- RINCON, L., SAEZ, J., CRESPO, J.A.P., LOPEZ, M.D.G., PELLISER. Crecimiento y absorcion de nutrientes del brocoli. **Invest. Agr.: Prod. Veg.** v.14, n.1-2, p.226-236, 1999.
- RODRIGUES NETO, J., MALAVOLTA JR, V.A. Doenças causadas por bactérias em crucíferas. **Informe Agropecuário**, v.17, n.183, p. 56-59, 1995.

SEABRA JÚNIOR, S.; PAIXÃO, GLS; ORIANI, E.E.; NAKAGAWA, S.I.; GOTO, R.; MARINGONI, A.C.; VILLAS BÔAS, R.L. Produção de brócolis tipo cabeça única em função do volume de solo. **Horticultura Brasileira**, v.22, julho, 2004. CDRom.

SHELP, B.J., LIU, L. Nutrient uptake by field-grown broccoli and net nutrient mobilization during inflorescence development. **Plant and Soil**, v.140, p.151-155, 1992.

SILVA JÚNIOR, A.A. Adubação mineral e orgânica em repolho III. Qualidade comercial e ocorrência de *X. campestris* pv. *Campestris*. **Horticultura Brasileira**, v.4, p.10-2, 1986.

SILVA, M.A.G., BOARETTO, A.E., FERNANDES, H.G., BOARETTO, R., MELO, A.M.T., SCIVITTARO, W.B.S. Características químicas de um latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido. **Sci. Agric.**, v.58, n.3, Piracicaba, jul/set. 2001.

SILVA, N. Melhoramento de brássicas no Brasil. www.sbmp.org.br/cbmp2001/palestras/palestra16.htm, 2001

SILVEIRA, R.L.V.A., HIGASHI, E.N. **Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto**. CIRCULAR TÉCNICA IPEF. N.200, p.01-13, 2003.

SOUZA, J.P. **Avaliação Do comportamento de variedades de couve comum (*Brassica oleracea* var. *acephala*) em relação a *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris* agente incitante da “Podridão Negra das Crucíferas”**. 1995. 129p. Tese (Mestrado em Fitotecnia), Seropédica, UFRRJ, Rio de Janeiro.

SOUZA, R.J. Origem botânica das brassicas. **Informe Agropecuário**. v.9, p.10-12, 1983.

SUTTON, J.C., WILLIAMS, P.H. Relation of xylem plugging to blackrot lesion development in cabbage. **Can. J. Botany**, v.48, n.2, 1970, p. 391-401.

TAIZ, L., ZEIGER, E. Plant physiology. 3 ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 798p.

TOKESHI, H., SALGADO, C.L. **Manual de fitopatologia: Doenças das Crucíferas**. In GALLI, F., CARVALHO, P.C.T., TOKESHI, H, KIMATI, H.M.S., CARDOSO, C.O.N., SALGADO, C.L., KRUGNER, T.L., CARDOSO, E.J.B.N., BERGAMIM FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Ceres, v.2, 1980. p.236-237.

TRANI, P.E., PASSOS, F.A., AZEVEDO, A.A., TAVARES, M. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC. 258p. 1997. (Boletim técnico 100).

VELASCO, V.A.V. Papel de la nutricion mineral em la tolerância a las enfermedades de las plantas. **Terra**, v.17, n.3, p.193-200, 1999.

WYATT, J.E., MULLINS, J.A., MULLINS, C.A. Potassium fertilization of broccoli transplants. **Fertilizer Research**, v.21, p.13-18. 1989.

WOLTZ, S.S., JONES, J.P. Effects of magnesium on bacterial spot of paper on tomato and on the in vitro inhibition of *Xanthomonas vesicatoria* by streptomycin. **Plant Disease**, v.63, p. 182 – 184, 1979.

YAMADA, T. Nutrição x Doenças. **Informações agronômicas**, Piracicaba, n.109, p.8-13, 2005.

YAMADA, T. Resistência de plantas às pragas e doenças. **Informações agronômicas**, Piracicaba, n.108, p.1-7, 2004.

ZAMBOLIM, L., RIBEIRO DO VALE, F.X., COSTA, H., **Controle integrado de doenças de hortaliças**. Viçosa, 1997, 122p.

ZAMBOLIN, L., VENTURA, J.A. Resistência a doenças induzidas pela nutrição mineral das plantas. **Informações Agronômicas**, n.75, n.10, 1996. p.1-16.

ZEBARTH, B.J., BWEN, P.A., TOIVONEN, M.A. Influence of nitrogen fertilization on broccoli yield, nitrogen accumulation and apparent fertilizer-nitrogen recovery. **Canadian Journal of Plant Science**, p.717-725. 1995.