

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

CONTROLE DA PODRIDÃO NEGRA DO REPOLHO COM O
USO DE FERTILIZANTE FOLIAR À BASE DE COBRE

Autor: Ivonei Sérgio Schumann
Orientador: Nadson de Carvalho Pontes
Coorientador: Prof. Msc. Alexandre Claus

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

CONTROLE DA PODRIDÃO NEGRA DO REPOLHO COM O
USO DE FERTILIZANTE FOLIAR À BASE DE COBRE

Autor: Ivonei Sérgio Schumann
Orientador: Nadson de Carvalho Pontes
Coorientador: Prof. Msc. Alexandre Claus

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, ao Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos - Área de Concentração Olericultura.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

S392c Schumann, Ivonei Sérgio.

Controle da podridão negra do repolho com o uso de adubo foliar à base de cobre. / Ivonei Sérgio Schumann. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2018.
26 f. : il.

Orientador: Dr. Nadson de Carvalho Pontes.

Coorientador: Me. Alexandre Claus.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2018.

1. Pragas agrícolas - Controle. 2. Adubos e fertilizantes. 3. Compostos de cobre. I. Pontes, Nadson de Carvalho. II. Claus, Alexandre. III. Instituto Federal Goiano. IV. Título.

CDU 635.34

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

CONTROLE DA PODRIDÃO NEGRA DO REPOLHO COM O
USO DE FERTILIZANTE FOLIAR A BASE DE COBRE

Autor: Ivonei Sérgio Schumann
Orientador: Nadson de Carvalho Pontes

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura-Área de Concentração em Manejo
Fitossanitário em Olerícolas.

APROVADO em 26 de setembro de 2018



Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes
Presidente da Banca



Prof. Dr. Emmerson Rodrigues de Moraes
Avaliador Externo
IF Goiano – Campus Morrinhos



Prof.^a. Dr.^a. Abadia dos Reis Nascimento
Avaliadora Externa
Universidade Federal de Goiás – UFG

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar saúde, abençoar, proteger e me fortalecer em todos os momentos desta jornada.

Aos meus pais, Selino Schumann e Edi Rieger Schumann, por todo amor, incentivo e dedicação prestados a mim e pela minha formação intelectual e educacional. Agradeço por todos os ensinamentos, conselhos e esforços prestados, empenhando-se para que eu me torne um profissional e um ser humano cada vez melhor.

Ao diretor do Instituto Federal Catarinense Campus Concórdia, Nelson Geraldo Golynski, pelo apoio, esforço e dedicação para que eu pudesse alcançar os objetivos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes, pelos ensinamentos repassados, auxiliando na condução dos ensaios e estando sempre disponível para me auxiliar da melhor maneira possível, de forma clara e objetiva.

Ao meu coorientador, Prof. Msc. Alexandre Claus, pelo apoio e pela atenção prestada.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, à direção, ao corpo técnico, aos professores que ministraram as aulas no decorrer do curso, enriquecendo nossos conhecimentos, em especial à Coordenadora do Programa de Mestrado, Prof^a. Dr^a. Clarice Megger.

Aos colegas do curso que me acompanharam nesta jornada, com os quais aprendi e fortaleci relações de amizade e companheirismo.

A todos, que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta conquista, o meu muito obrigado.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Ivonei Sérgio Schumann, pai Selino Schumann, mãe Edi Rieger Schumann, natural de Concórdia/SC, nascido em 20/10/1975. Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Concórdia- EAFC em 1993. Curso superior em Gestão Ambiental pela Universidade Norte do Paraná-UNOPAR, concluído em 2012. Especialização em Gestão, Auditoria e Licenciamento Ambiental pela Universidade Norte do Paraná- UNOPAR, concluída em 2013. Iniciou a carreira profissional como Técnico em Agropecuária da prefeitura municipal de Concórdia no período de março 2003 a janeiro de 2010. Em fevereiro de 2010, ingressou como Técnico em Agropecuária do Instituto Federal Catarinense- Campus Concórdia, função que exerce atualmente. Em setembro de 2016, iniciou o curso de Mestrado Profissional em Olericultura no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos.

RESUMO

SCHUMANN, IVONEI SÉRGIO. Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, setembro, 2018. **Controle da podridão negra do repolho com o uso de adubo foliar à base de cobre.** Orientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes. Coorientador: Prof. Msc. Alexandre Claus.

O repolho é uma hortaliça pertencente à família Brassicaceae, de importância econômica e alto valor nutricional na alimentação humana. Esta hortaliça apresenta rusticidade, sendo de fácil manejo e produção. A podridão negra causada pela bactéria *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* é a principal doença causadora de prejuízos à cultura, com perdas que podem chegar a 60% da produção. A busca de medidas de controle tem sido um desafio constante, sendo recomendada a adoção de medidas preventivas como rotação de culturas, eliminação de restos culturais, tratamento de sementes e sementes livres do patógeno. Após o início da epidemia, poucas são as medidas eficientes de controle da doença. Assim, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o controle da podridão negra do repolho com o uso de adubo foliar que tem cobre bioativo complexado com aminoácidos em sua composição. Foram conduzidos dois ensaios, sendo o primeiro de 30 de dezembro de 2016 a 06 maio de 2017, e o segundo de 09 de outubro a 13 de fevereiro de 2018. Os experimentos foram conduzidos seguindo o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 5 repetições. Os tratamentos consistiram da avaliação do produto nas concentrações de 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 (%) do produto comercial na calda de aplicação. Todos os tratamentos foram comparados com uma testemunha tratada apenas com água (0%) e com um tratamento com a aplicação de hidróxido de cobre (0,03%). As aplicações foram iniciadas 15 dias após o transplante e repetidas a cada duas semanas até completar o ciclo da cultura. Não houve inoculação do patógeno, sendo avaliada a ocorrência natural da podridão em função do histórico de ocorrência da doença na área.

As avaliações da severidade da doença foram feitas com base em uma escala diagramática representando a área foliar lesionada. Foram avaliados também a produtividade (massa fresca), a compacidade e os diâmetros lateral e transversal. No primeiro ensaio, não houve ocorrência da podridão negra. Além disso, não se observou efeito dos tratamentos sobre os componentes de produção avaliados. No segundo ensaio, observou-se incidência da doença em todos os tratamentos. O fertilizante foliar à base de cobre com aminoácidos reduziu a severidade da podridão negra no repolho. Concentrações abaixo de 0,5% são as mais indicadas, uma vez que acima deste valor pode haver fitotoxidez à planta e comprometer o desenvolvimento das cabeças, a qualidade e a produtividade do repolho.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *capitata*, CopperCrop®, *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris*

ABSTRACT

SCHUMANN, IVONEI SÉRGIO. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute), Morrinhos Campus, September, 2018. **Control of black rot in cabbage using copper-based leaf fertilizer.** Orientador Advisor: Prof. Dr. Pontes, Nadson de Carvalho. Co-Advisor: Prof. Msc. Claus, Alexandre.

Cabbage is a vegetable belonging to *Brassicaceae* family of economic importance and high nutritional value in human consumption. This vegetable has rusticity, easy handling, and production. Black rot, caused by the bacterium *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, is the main disease damaging the Cabbage crop with losses that can reach 60% in production. The search to control measures has been a constant challenge, and adopting preventive measures such as crop rotation, removal of crop residues, treatment of seeds, and use of pathogen seeds are recommended. After the beginning of the epidemy, there are few effective measures for disease control. Thus, this study aims to evaluate the control of black rot in cabbage using leaf fertilizer that has bioactive copper complex and amino acids in its composition. Two trials were carried out, the first one from December 30, 2016 to May 6, 2017 and the second one from October 9 to February 13, 2018, following the experimental design of randomized blocks with five replicates. The treatments consisted of evaluating the commercial product in the solution, at the concentration of 0.25%; 0.50%; 0.75%; and 1.0%. All treatments were compared to one control treatment using water alone (0%) and to one treatment using copper hydroxide application (0.03%). The applications started fifteen days after transplantation and repeated every two weeks until ending the crop cycle. The rot natural event was evaluated without pathogen inoculation, considering the record of the disease in the area. The severity of the disease was evaluated taking into account the diagrammatic scale representing the injured leaf area. Productivity (fresh mass), compactness, and lateral and transverse diameters were also evaluated. There was no

black rot event in the first trial. In addition, treatment effect on the evaluated production components was not found. In the second trial, the disease event was found in all treatments. Copper-based leaf fertilizer and amino acids lowered the severity of black rot in cabbage. Concentrations below 0.5% are the most appropriate, because above this value phytotoxicity can occur to the plant and compromise the cabbage head development, its quality and its productivity.

Keywords: *Brassica oleracea* var. *capitata*, CopperCrop®, *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Dados meteorológicos obtidos durante a realização dos ensaios pela estação meteorológica EMBRAPA/CNPSA.....	20
Figura 2. Severidade da podridão negra em repolho submetido a tratamentos com diferentes concentrações de fertilizante foliar com cobre complexado a aminoácidos.....	21
Figura 3. Peso de massa fresca por cabeça, circunferência longitudinal e relação diâmetro longitudinal/diâmetro transversal de repolho submetido a tratamentos com diferentes concentrações de fertilizante foliar com cobre complexado a aminoácidos.....	22

SUMÁRIO

	Página
1	
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A cultura do repolho.....	3
2.2 A podridão negra do repolho.....	4
2.3 Controle da podridão negra.....	6
2.4 Importância do cobre como antimicrobiano e como nutriente.....	7
2.5 Adubação foliar	8
2.6 Referências.....	8
3 CAPÍTULO I	12
3.1 Introdução.....	14
3.2 Material e métodos.....	16
3.3 Resultados.....	19
3.4 Conclusão.....	23
3.5 Referências.....	23
4 CONCLUSÃO GERAL.....	26

INTRODUÇÃO GERAL

As hortaliças que compreendem a família Brassicaceae têm enorme importância econômica e na alimentação humana (FILGUEIRA, 2012). O repolho é uma das principais espécies comerciais do grupo e uma das principais hortaliças consumidas no Brasil (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2015). Seu consumo vem aumentando anualmente em função de os consumidores buscarem por qualidade de vida através de uma dieta rica e diversificada, proporcionada pelas hortaliças folhosas (CEASA, 2017).

A cultura do repolho tem grande importância socioeconômica, principalmente para a agricultura familiar, pela exigência de mão de obra desde a semeadura até sua comercialização. Estima-se que cada hectare plantado com a hortaliça possa gerar, em média, entre 3 e 6 empregos diretos e um número igual de indiretos (MELO; VILELA, 2007). A produção pode ser limitada pelo ataque de doenças, entre as quais, a podridão negra, que tem sido a principal doença pelos danos causados à cultura. A incidência da bacteriose é maior em períodos quentes e úmidos do ano (MARIGONI et al., 2016).

A bactéria *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* é o agente causador da podridão negra. Esse patógeno está presente em todas as regiões produtoras do mundo, sendo as sementes a principal forma de sua sobrevivência e disseminação (TEBALDI et al., 2006). No Brasil, a doença está disseminada e presente em todas as regiões produtoras de brássicas, podendo causar enormes prejuízos aos cultivos de um grupo de plantas (SOUSA et al., 2003).

As medidas de controle da podridão negra mais comuns são a rotação de culturas, o emprego de cultivares resistentes, o tratamento das sementes e a aplicação de defensivos, principalmente de fungicidas cúpricos (FILGUEIRA, 2012). Em trabalho conduzido por Barroso (2016), um fertilizante foliar contendo cobre complexado a aminoácidos (Coppercrop®, Alltech Crop Science) causou redução da severidade da doença. No presente trabalho, será descrito um estudo em que foi avaliada a eficiência

do adubo foliar complexado com aminoácidos em diferentes concentrações no controle da principal doença da cultura do repolho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do repolho

O repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) é uma planta herbácea, originária da couve silvestre, tendo como característica apresentar folhas arredondadas e cerosas. As folhas centrais se sobrepõem, formando uma cabeça compacta. A plântula apresenta raiz pivotante e, posteriormente, são desenvolvidas numerosas raízes adventícias na base do caule. O sistema radicular pode atingir profundidades superiores a 1,5 metros, mas a maior concentração se encontra entre 20-30 cm do solo (FILGUEIRA, 2012).

A origem geográfica do repolho é a região compreendida entre a costa do Mediterrâneo, a Ásia Menor e a costa Ocidental Europeia. Esta região de origem tem características de clima temperado. Desta forma, a maioria das recomendações técnicas considerava as regiões de clima temperado e úmido como as mais recomendadas ao seu cultivo. O melhoramento genético, com a introdução de híbridos japoneses, promoveu a possibilidade de cultivo em regiões de clima tropical, com períodos de altas temperaturas (LUZ; OLIVEIRA, 1997).

Originário da couve silvestre, o repolho, em sua forma selvagem, já era utilizado pelos egípcios e se generalizou com as invasões arianas entre 2000 e 2500 AEC. Acredita-se que sua introdução na Europa tenha sido feita pelos Celtas no século IX. Na América, a planta foi introduzida pelos conquistadores europeus no século XV (SILVA, G. 2009). O repolho pertence à família Brassicaceae, incluindo outras hortaliças de grande importância para a alimentação humana, tais como couve, brócolis, rúcula, agrião, rabanete, nabo, couve-flor, mostarda-folha, couve-rábano e nabo-comprido (FILGUEIRA, 2012).

O repolho tem grande importância e presença na dieta alimentar e se constitui em alimento de excelente qualidade, apresentando teores apreciáveis de β -caroteno, cálcio e de vitamina C (FERREIRA et al., 2002). A cultura desta espécie, como das demais hortaliças, tem grande importância socioeconômica, principalmente para a agricultura familiar, pela exigência de mão de obra desde a semeadura até a comercialização (MELO; VILELA, 2007).

Em razão da necessidade dos produtores e da demanda dos consumidores pela hortaliça, há no mercado uma grande diversidade de cultivares, com inúmeras características agronômicas. Estas cultivares estão adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas e atendem aos diversos interesses do público alvo (BATISTA, 2011).

2.2 A podridão negra do repolho

Entre os principais problemas fitossanitários que acometem a cultura do repolho, a podridão negra merece grande destaque por ser a principal doença das brássicas no mundo (CARRIJO; RÊGO, 2000). A doença pode causar quedas significativas na qualidade e produtividade, chegando à casa de 60% de redução da produtividade (AZEVEDO et al., 2002). Mundialmente distribuída, epidemias de podridão negra em regiões tropicais, quentes e úmidas são, em geral, mais severas. O ataque pode ser mais intenso se a cultivar utilizada for extremamente suscetível. O controle dessa bacteriose é difícil e depende do emprego de material propagativo isento do patógeno.

O agente causador da podridão negra é a bactéria *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel) Dowson (*Xcc*). O primeiro relato do ataque deste patógeno foi feito por Garman, em 1890, nos Estados Unidos, com observação da doença em repolho, em Lexington, Kentucky (ALVAREZ, 2000). Na década de 1890, atribuiu-se a esta bactéria a destruição de campos de repolhos no Sudeste de Wisconsin (WILLIAMS, 1980). O primeiro registro no Brasil da podridão negra em repolho ocorreu em 1935 no estado de São Paulo (SILVEIRA, 1949).

O gênero *Xanthomonas* (do grego ‘*xanthos*’ = amarelo, e ‘*monadas*’, = unidade) compreende bactérias gram-negativas, aeróbicas estritas, baciliformes, com flagelo polar único, vivendo em associação com vegetais (JUN et al., 2010). *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* pode sobreviver de diferentes maneiras na

ausência do hospedeiro, seja associada a sementes, a plantas remanescentes que ficaram no local de cultivo, em restos culturais de plantas doentes ou no solo como saprófita (LOPEZ, 1997; SCHAAD et al., 1981). A bactéria é capaz de sobreviver por um período de até 615 dias em restos culturais de repolho no solo, sendo sugeridas medidas de controle como rotação de cultura por dois anos (SCHAAD; WHITE, 1974).

Quando da eliminação destes restos culturais, a sobrevivência do patógeno pode ser drasticamente reduzida (menos de 60 dias). Na Holanda, estudos indicam ser possível fazer cultivos sucessivos de repolho ou de brássicas sem necessidade de rotação de cultura, desde que os resíduos da colheita sejam desintegrados e incorporados ao solo. Esta desintegração dos restos culturais deverá ser feita em tempo suficiente para sua plena decomposição (KOCKS et al., 1998).

A disseminação do patógeno a curta distância ocorre por respingos de água de chuva e irrigação, aerossóis, insetos ou implementos contaminados. A penetração da bactéria na planta ocorre principalmente pelos hidatódios, aberturas naturais localizadas nas margens das folhas (MEIER, 1934; VICENTE; HOLUB, 2013). Por essas estruturas, a água no estado líquido é eliminada, acumulando-se em forma de gotas nas bordas das folhas. Este fenômeno é chamado de “gutação”, normalmente ocorrendo no início da manhã, quando o solo está úmido e a transpiração, reduzida (HUANG, 1986; HUGOUVIEUX et al., 1998). As aberturas naturais podem constituir portas de entrada da bactéria na planta, além de possíveis ferimentos que sejam provocados na sua parte aérea (SIQUEIRA, 1981).

O processo de contaminação pode ocorrer quando gotas contaminadas com o patógeno são reabsorvidas pelas folhas, levando consigo a bactéria em suspensão para dentro do sistema vascular através da cavidade dos hidatódios. Ao penetrar pelos hidatódios, *Xcc* é capaz de colonizar os vasos do xilema da planta atacada, sendo o tempo estimado para o aparecimento dos sintomas da podridão negra de dez a catorze dias após penetração no tecido (WILLIANS, 1980).

Quanto às condições climáticas, assim como em muitas doenças bacterianas, a podridão negra se desenvolve em climas quentes e úmidos, sendo mais problemática nas regiões tropicais, subtropicais e continentais úmidas. Em climas frios, essa doença também ocorre, porém raramente evolui a ponto de destruir toda a planta. A temperatura ideal para a proliferação da bactéria fica entre 25°C-35°C, com umidade relativa entre 80% e 100% (WILLIANS, 2007). A sintomatologia da podridão negra tem como característica apresentar lesões amarelas nas folhas em forma de “V”, com vértice

voltado para o centro, que progridem para a nervura principal, tornando-se necrosadas (RODRIGUES NETO; MALAVOLTA JUNIOR, 1995).

2.3 Controle da podridão negra

O controle da podridão negra é feito por práticas de manejo, que incluem rotação de culturas, remoção de resíduos de brássicas, eliminação de plantas daninhas, tratamento de sementes, emprego de sementes livres de *Xcc* e uso de cultivares resistentes. Recomenda-se também a eliminação total, por meio de aração profunda, de restos de cultura infectados, de plantas voluntárias e de plantas hospedeiras do patógeno. Em áreas anteriormente cultivadas com brássicas, é aconselhável a rotação de culturas por um período mínimo de dois anos (KIMATI et al., 2005).

O emprego de genótipos resistentes pode ser a melhor forma para o controle da podridão negra. Muitos híbridos para a cultura do repolho, importados, são considerados “tolerantes” à *Xcc*, não levando em consideração as condições climáticas adversas onde foram produzidos, nem as condições locais (SEABRA JÚNIOR, 2007).

O patógeno pode sobreviver por até três anos associado às sementes, além de ter alta taxa de transmissão da doença por este meio. O tratamento térmico é uma alternativa para o controle da podridão negra, que consiste na imersão de sementes em água a 50°C, por 30 min, para a erradicação da *Xcc* em sementes de repolho (KIMIAT et al., 2005). No Brasil, estudos com tratamento térmico em sementes de repolho proporcionaram redução da incidência de plantas doentes, sendo menor que 2%, ao contrário da testemunha, com 70% de plantas com sintomas de podridão negra (MARINGONI, 2005).

A irrigação deve ser evitada ao final do dia, de forma que as folhas não permaneçam molhadas durante a noite. Tal atividade feita neste período aumenta a umidade na superfície das folhas e favorece a disseminação do patógeno. Recomenda-se, assim, optar por sistemas de irrigação que evitem deixar as folhas molhadas (BABADOOST, 1996). Além disso, a cobertura de solo com palha poderá evitar os respingos da chuva ou irrigação, evitando a disseminação do patógeno (WIILANS, 1980).

2.4 Importância do cobre como antimicrobiano e como nutriente

O cobre (Cu^{2+}) é um micronutriente que, apesar de exigido em pequenas quantidades pelas plantas, é essencial para seu pleno desenvolvimento. A deficiência do cobre pode limitar o desenvolvimento das plantas, mesmo que os outros elementos estejam disponíveis e em dosagens adequadas (BARBOSA et al., 2013; CARMO et al., 2012). A função do cobre nas plantas é atuar nos processos fisiológicos. Estes processos compreendem a respiração, a fotossíntese e o metabolismo de proteínas e de rotas metabólicas de produção de compostos de resistência contra patógenos (GUO et al., 2009).

O cobre é um nutriente associado a enzimas que estão envolvidas em reações redox, componente do ácido ascórbico oxidase, tirosinase, monoamina oxidase, uricase, citocromo oxidase, fenolase, lacase e plastocianina. A plastocianina é uma destas enzimas que, associada ao cobre, está envolvida no transporte de elétrons durante as reações da fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2009). Atua também como elemento estrutural em proteínas reguladoras. Participa no transporte de elétrons, na respiração mitocondrial, na resposta ao estresse oxidativo e no metabolismo da parede celular. Entretanto, em condições de excesso ou deficiência, pode causar distúrbios fisiológicos, afetando negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas (YRUELA, 2005)

O cobre, além de micronutriente, também tem efeito antimicrobiano e bacteriostático, auxiliando no controle de doenças em plantas (CARVALHO et al., 2012). Em função disso, ele tem sido comumente utilizado para o controle de doenças incitadas por bactérias fitopatogênicas. Geralmente após o início da epidemia, recomenda-se a aplicação de fungicidas cúpricos para seu controle (DELEITO et al., 2005). No Japão, horticultores têm usado compostos à base de cobre no controle da podridão negra em brássicas, principalmente em repolho e brócolis (NAGAI et al., 2017). Entretanto, os fungicidas cúpricos são produtos protetores que dependem de sua boa distribuição na superfície dos tecidos vegetais para protegê-los. A necessidade de uma boa cobertura, aliada a um baixo preço, faz com que haja grande número de aplicações destes produtos, o que pode trazer problemas no que concerne à toxicidade do cobre à planta e à contaminação do solo.

2.5 Adubação foliar

A adubação foliar é uma forma de aplicação de nutrientes, com pulverização nas partes aéreas da planta. A aplicação foliar tem como objetivo disponibilizar macro e micronutrientes, uma vez detectados sintomas de deficiências na planta, tendo em vista ser uma estratégia rápida e eficiente de suplementação em relação à adubação convencional feita no solo (BOARETTO; ROSOLEM, 1989; SILVA JUNIOR, 2018).

A aplicação de fertilizantes via foliar vem sendo cada vez mais utilizada pelos produtores, principalmente com produtos alternativos como os biofertilizantes. (MEDEIROS et al., 2007). Com a demanda cada vez maior, aumentou-se a disponibilidade de adubos foliares no mercado como fornecedores de um ou mais elementos essenciais. Entre eles, os adubos foliares contendo nutrientes quelatizados têm sido bastante utilizados, por serem os nutrientes, nesta forma, mais facilmente absorvidos pelas plantas (PEREIRA; MELLO, 2002). Tem-se observado que o uso de adubação foliar em olerícolas se mostra eficaz no aumento da produtividade e no retorno econômico ao produtor (HAYTOVA, 2013). Além disto, reduz a quantidade de fertilizantes aplicados no solo, melhora seu aproveitamento e diminui sua contaminação química.

2.6 Referências

ALVAREZ, A.M. Black rot of crucifers. In: SLUSARENKO, A.; FRASSER R.S.S.; VAN LOON, L.C. (Ed.). *Mechanisms of resistance of plant diseases*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. Cap.1. p.21-52.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2015. 68p.

AZEVÊDO, S.S.; MICHEREFF, S.J.; MARIANO, R.L.R. Epidemiologia comparativa da podridão negra e da alternariose do repolho no Agreste de Pernambuco. *Fitopatologia Brasileira*, [S.l.], v.1, n.27, p.17-26, set. 2002.

BABADOOST, M.; DERIES, M.L.; GABRIELSON, R.L. Efficiency of sodium hypochlorite treatments for control of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in brassica seeds. *Seed science technology*. [S.l.], v.24, n.1, p.7-15, 1996.

BARROSO, P.B. *Resposta da cultura do repolho à aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes foliares*. 2016. 28 p. Dissertação (mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Olericultura, Instituto Federal Goiano- Campus Morrinhos, Goiás, 2016.

- BARBOSA, R.H.; TABALDI, L.A.; MIYAZAKI, F.R.; PILECCO, M.; KASSAB, S.O.; BIGATON, D.L. Foliar copper uptake by maize plants: effects on growth and yield. *Ciência Rural*, [S.l.], 2013. p.43-49.
- BATISTA, F.C. *Interação tritrófica de cultivares de repolho, traça-das-crucíferas e do parasitoide Oomyzus sokolowskii*. 2011. [n.p.]. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Pernambuco, 2011.
- BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A. *Adubação foliar*. Campinas: Fundação Cargil, 1989. p.617-652
- CARMO, D.L.do.; NANNETTI, D.C.; LACERDA, T.M.; NANNETTI, A.N.; ESPÍRITO SANTO, D.J.do. Micronutrientes em solo e folha de cafeeiro sob sistema agroflorestal no sul de Minas Gerais. *Coffe Science*, [S.l.], p.76-83, 2012.
- CARRIJO, I.V.; RÊGO, A. M. Doenças das brassicas. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R.; COSTA, H. *Controle de doenças de plantas: hortaliças*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p.335-364.
- CARVALHO, V.L.; DA CUNHA, R.L.da; SILVA, N.R.N. 2012. Alternativas de controle de doenças do cafeeiro. *Coffee Science*, 7(1), 42-49.
- CEASA (CENTRAIS ESTADUAIS DE ABASTECIMENTO) -SC (Org.). *Relatório de mercado agrícola na Ceasa/SC*. Florianópolis: Epagri; Cepa, 2017. 32p. Disponível em: <file:///D:/usuario/Downloads/Relatorio_Mercado_Agricola_Ceasa_Nov_2017_n12.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2018.
- DELEITO, C.S.R.; CARMO, M.G.F.; FERNANDES, M.C.A.; ABOUD, A.C.S. Ação bacteriostática do biofertilizante Agrobio in vitro. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.2, p.281-284, mar. 2005
- FERREIRA, W.R.; RANAL, M.A.; FILGUEIRA, F.A.R. Fertilizantes e espaçamento entre plantas na produtividade da couve-da-Malásia. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.4, p.635-640, dez. 2002.
- FILGUEIRA, F.A.R. *Novo Manual de Olericultura*. Viçosa: UFV 2012. 418p.
- GUO, X.Y.; ZUO, Y.B.; WANG, J.M.; LI, J.M.; MA, Y.B. Toxicity and accumulation of copper and nickel in maize plants cropped on calcareous and acidic field soils. *Plant and Soil*, [S.l.], v.333, n.1-2, p.365-373, 30 mar. 2010.
- HAYTOVA, D. A review of Foliar Fertilization of Some Vegetables Crops. *Annual Review & Research in Biology*, Plodiv, v.3, n.4, p.455-467, jun. 2013.
- HUANG, J.S. Ultrastructure of bacterial penetration in plants. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v.24, n.1, p.141-157, 1986.
- HUGOUVIEUX, V.; BARBER, C.E.; DANIELS, M.J. Entry of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* into hydathodes of *Arabidopsis thaliana* leaves: a system for studying early infection events in bacterial pathogenesis. *Molecular plant-microbe interactions*, Saint Paul, v.11, n.6, p.537-543, 1998.
- JUN, S-Ran.; SIMS, G.E.; WU, G.A.; KIM, Sung-Hou. Whole-proteome phylogeny of prokaryotes by feature frequency profiles: An alignment-free method with optimal feature resolution. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, [S.l.], v.107, n.1, p.133-138, 14 dez. 2009.

- KIMATI, H.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L.F.A. Manual de Fitopatologia. In: AGRONOMICA CERES. *Doenças das plantas cultivadas*. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. Cap.31. [n.p.]
- KOCKS, C.G.; RUISSSEN, M.A.; ZADOKS, J.C.; DUIJKERS, M.G. Survival and extinction of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in soil. *European Journal of Plant Pathology*, Dordrecht, v.104, n.9, p.911-923, out. 1998
- LOPEZ, C.A. *Doenças bacterianas das hortaliças: diagnose e controle*. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 70 p.
- LUZ, F. J.F.; OLIVEIRA, J.M.F. de. *Orientações Técnicas para o Cultivo do Repolho em Roraima*. Boa Vista: EMBRAPA circular técnica, 1997.
- MARINGONI, A.C. Doenças em crucíferas. In: KIMATI, H. (Ed). *Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p.285-291.
- _____; SILVA JÚNIOR, T.A.F.da.; SOMAN, J.M.; SILVA, J.C.da. Sintomas atípicos de podridão negra em folha de repolho. *Summa Phytopathologica*, [S.l.], v.42, n.2, p.185-185, jun. 2016.
- MEDEIROS, D.C.; LIMA, B.A.B.; BARBOSA, M.R.; ANJOS, R.S.B.; BORGES, R.D.; CAVALCANTE NETO, J.G.; MARQUES, L.F. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. *Horticultura Brasileira*. [S.l.], p.433-436, ago. 2007.
- MEIER, D. A cytological study of the early infection stages of the black rot of cabbage. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, Lawrence, v.6, n.4, p.173-190, 1934.
- MELO, P.C.T.; VILELA, N.J. Importância da cadeia produtiva de hortaliças. In: Reunião ordinária da câmara setorial da cadeia produtiva de hortaliças, 13, 2007, Brasília. *Mapa*. Brasília: Formato, 2016. p.1 - 11. Disponível em: <[www.abhorticultura.com.br/downloads/ cadeiaprodutiva.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/downloads/cadeiaprodutiva.pdf)>. Acesso em: 14 out. 2016.
- NAGAI, H.; MIYAKE, N.; KATO, S.; MAEKAWA, D.; INOUE, Y.; TAKIKAWA, Y. Improved control of black rot of broccoli caused by *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* using a bacteriophage and a nonpathogenic *Xanthomonas* sp. strain. *Journal of General Plant Pathology*, Shizuoka, v.83, n.6, p.373-381, out. 2017.
- PEREIRA, H.S.; MELLO, S.C. Aplicações de fertilizantes foliares na nutrição e na produção do pimentão e do tomateiro. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.4, p.597-600, dez. 2002.
- RODRIGUES NETO, J.; MALAVOTA JUNIOR, V.A. Doenças causadas por bactérias em crucíferas. *Informe agropecuário*, Belo Horizonte, v. 7, n.183, p.56-59, 1995.
- SCHAAD, N.W.; DIANESE, J.C. Cruciferous weeds as sources of inoculum of *Xanthomonas campestris* in black rot of crucifers. *Phytopatology*, Saint Paul, v.71, n.11, p.1215-1220, 1981.
- _____; WHITE, W.C. Survival of *Xanthomonas campestris* in soil. *Phytopathology*, Saint Paul, v.64, n.12, p.1518-1520, 1974.
- SEABRA JUNIOR, S.; PAIXÃO, G.deS.; MARINGONI, A.C.; GOTO, R.; CAMARA, R.deC. Reação de híbridos de brócolis 1tipo cabeça única' à podridão negra. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v.34, n.1, p.76-77, mar. 2007.

- SILVA, G.S.da. *Crescimento e produtividade de repolho roxo em função do espaçamento entre linhas e plantas*. 47p. Dissertação (mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2009.
- SILVA JÚNIOR, Manoel Batista da et al. Foliar fertilizers for the management of phoma leaf spot on coffee seedlings. *Journal of Phytopathology*, [S.l.], v.8, n.1, p.1-8, 17 jul. 2018.
- SILVEIRA, V.D. Doenças bacterianas. In: SILVEIRA, V.D. (Ed.). *Elementos de fitopatologia: agronomia*. Rio de Janeiro: 1949, p.207-247.
- SIQUEIRA, T.S. Cultura de brássicas. *Imprensa Universitária*. Viçosa, p.30-40, 1981.
- SOUSA. C.S.de.; SOUZA. C.S.de.; HABER. L.L.; SANTANA. D.G.de; ARRUDA, A.; TAKATSU. A. Método de inoculação de *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* pelo sistema radicular para avaliação rápida de resistência de repolho à podridão negra. *Biosci. J.*, Uberlândia, v.19, n.1, p.53-56, abr. 2003.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre, 2009
- TEBALDI, N.D.; PANIZZI, R.deC.; SADER, R. Detecção, transmissão e efeito de *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* na qualidade fisiológica de sementes de brócolis. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v.33, n.3, p.290-293, dez.
- WILLIAMS, P.H. Black rot: a continuing threat to work crucifers. *Plant Disease*, Saint Paul, v.64, p.736-742, 1980
- _____. Black rot. In: RIMMER, S.R.; SHATTUCK, V.I.; BUCHWALDT, L. (Ed.). *Compendium of brassica diseases*. Saint Paul: APS Press, 2007. p.60-62.
- YRUELA, I. Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, [S.l.], v.17, n.1, p.145-156, 2005

3 CAPÍTULO I

Aplicação de fertilizante foliar à base de cobre em diferentes doses e sua influência no controle da podridão negra do repolho

(Normas de acordo com a revista Semina)

Resumo

No presente estudo, foi avaliado o efeito de um fertilizante foliar contendo cobre complexado a aminoácidos (=FFCA) pulverizado em diferentes concentrações no controle da podridão negra do repolho. Foram conduzidos 2 ensaios: um de dezembro de 2016 a maio de 2017 e outro de outubro de 2017 a fevereiro de 2018. Os experimentos foram conduzidos seguindo o delineamento experimental de blocos ao acaso com cinco repetições. Os tratamentos consistiram da avaliação do FFCA em diferentes concentrações: 0%; 0,25%; 0,50%; 0,75% e 1,0% do produto comercial na calda de aplicação. Todos os tratamentos foram comparados com um tratamento com a aplicação de hidróxido de cobre (0,03%). As aplicações foram iniciadas quinze dias após o transplante, repetindo-se a cada duas semanas até completar o ciclo da cultura. Quando da ocorrência da doença, avaliou-se a severidade por meio de uma escala diagramática. Após a colheita, foram avaliados a produtividade (massa fresca), a compacidade e os diâmetros lateral e transversal. No primeiro ensaio, não houve ocorrência da podridão negra. Além disso, não se observou efeito dos tratamentos sobre os componentes de produção. No segundo ensaio, foi observada incidência da doença em todos os tratamentos. O FFCA reduziu a severidade da podridão negra em repolho, sendo o controle diretamente proporcional à concentração do produto, mas concentrações iguais ou superiores a 0,5% reduziram o desenvolvimento das cabeças e a produtividade.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *capitata*, CopperCrop®, *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

Application of copper-base leaf fertilizer in different doses and its effects on the black rot control in cabbage

(Standards according to Semina magazine)

Abstract

In this study, the effect of a copper-based leaf fertilizer and amino acids (CLFA) sprayed at different concentrations for the black rot control in cabbage was evaluated. Two trials were carried out, one from December 2016 to May 2017 and another from October 2017 to February 2018, following the experimental design of randomized blocks with five replicates. The treatments consisted of evaluating the commercial product (CLFA) in the solution, at the concentration of 0.25%; 0.50%; 0.75%; and 1.0%. All treatments were compared to a treatment using copper hydroxide application (0.03%). The applications started fifteen days after transplantation, repeating every two weeks until ending the crop cultivation cycle. When the disease occurred, its severity was evaluated using a diagrammatic scale. Productivity (fresh mass), compactness, and lateral and transverse diameters were evaluated after the harvest. Black rot did not occur in the first trial. In addition, effects of treatment on the production components were not found. In the second trial, a disease event was found in all treatments. CLFA lowered the severity of the black rot in cabbage, with control being directly proportional to the product concentration, but concentrations equal to or greater than 0.5% lowered cabbage head development and productivity.

Keywords: *Brassica oleracea* var. *capitata*, CopperCrop®, *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris*

3.1 Introdução

O repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) é uma planta herbácea pertencente à família Brassicaceae, sendo este grupo composto por, aproximadamente, 338 gêneros e 3.709 espécies distribuídas mundialmente, tendo grande importância socioeconômica (NUÑEZ et al., 2018). Originário da couve silvestre, as variedades selvagens de repolho eram utilizadas pelos egípcios, o que se generalizou com as invasões arianas entre 2000 e 2500 AEC. O repolho chegou à Europa no século IX pelas mãos dos Celtas e na América, por volta do século XV, trazido pelos conquistadores europeus (SILVA, 2009).

O repolho é considerado uma cultura rústica, que apresenta notável resistência a temperaturas frias, tendo seu melhor desenvolvimento vegetativo em temperaturas na faixa de 15-20°C. Em temperaturas mais elevadas, pode ter seu desenvolvimento afetado com a formação de cabeças pouco compactas, ou total ausência em cultivares de outono-inverno. Na década de 1950, havia somente cultivares europeias, que exigiam temperaturas amenas para seu pleno desenvolvimento, dificultando o cultivo em locais e épocas adversas (FILGUEIRA, 2012).

Na década de 1960, o melhoramento genético introduziu híbridos de várias procedências no Brasil, principalmente japoneses, com melhores características produtivas e resistência a doenças (FRACARO et al., 1999). Com o avanço no melhoramento, começaram a surgir variedades mais bem adaptadas às condições tropicais do país, com a possibilidade de cultivo em épocas de temperaturas elevadas.

O repolho, na sua maior parte, é produzido pela agricultura familiar, geralmente em pequenas áreas, gerando emprego em consequência da necessidade de mão de obra desde a semeadura até a comercialização (MELLO; VILELA, 2007). Além disto, é considerado uma hortaliça de grande importância e presença na dieta alimentar das famílias (SILVA et al., 2012).

A produção brasileira, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 2017, foi de 489.118 mil toneladas de repolho, a região sul correspondendo com 170.614 mil toneladas (IBGE, 2017). Em relação à produção catarinense, segundo dados fornecidos pela Central de Abastecimento de Santa Catarina na unidade de São José, foram comercializadas em 2016 cerca de 9.120 mil toneladas de repolho, sendo que 98% teve origem em municípios catarinense (CEASA, 2017).

A ocorrência de problemas fitossanitários pode comprometer esta produção. A podridão negra, causada pela bactéria *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel) Dowsom (*Xcc*), está entre os principais problemas fitossanitários que acometem as brássicas. Esta bacteriose pode causar danos consideráveis, com quedas na qualidade e na produção, chegando a uma queda 60% na produtividade (AZEVEDO et al., 2002). Os sintomas característicos da podridão negra são facilmente detectados, causando lesões em forma de “V” nas folhas, partindo da extremidade para o centro. As folhas, com o avanço da doença, podem tornar-se amareladas, levando à necrose e danificando a área comercial (SEABRA JÚNIOR et al., 2008).

O principal método e de maior eficiência no controle da podridão negra é o uso de sementes livres do patógeno, uma vez que a semente é a principal fonte de inóculo da doença (WRUCK et al., 2010). O emprego de cultivares com maior resistência à bacteriose é outra medida preventiva de controle. O cultivo com híbridos resistentes tem sido uma alternativa tecnológica de controle, tanto em sistema convencional como em orgânico (SANTOS et al., 2008).

Quando do início de epidemias de fitobacterioses, uma das medidas mais empregadas é a utilização de fungicidas cúpricos, como oxiclureto de cobre, sulfato de cobre, hidróxido de cobre e óxido cuproso. O cobre, quando aplicado por pulverização foliar, forma uma camada protetiva sobre o tecido vegetal contra infecções bacterianas, além de reduzir a quantidade de bactérias na superfície foliar. Para alcançar o controle adequado das doenças bacterianas, muitas vezes são necessárias aplicações preventivas e em grande número, pelo baixo poder residual, não penetrando no tecido foliar. A frequência das aplicações depende da suscetibilidade da cultivar, idade da planta e das condições ambientais para o pleno êxito (MENEGUIM, 2007).

O cobre, além da ação contra fitopatógenos, é um micronutriente importante para a nutrição da planta. Existem no mercado diferentes fertilizantes foliares com cobre na sua composição. Neste caso, há necessidade de penetração do cobre nos tecidos. Alguns produtos disponibilizam este elemento em forma bioativa, complexado a aminoácidos. Os aminoácidos são compostos de fácil absorção pela planta, podendo facilitar a entrada de minerais que estejam complexados aos próprios aminoácidos, além de prover maior tolerância ao estresse hídrico, altas temperaturas e ataque de pragas e doenças (CASTRO; CARVALHO, 2014).

Em trabalho conduzido por Barroso (2016), foi observado efeito de um fertilizante foliar contendo cobre complexado a aminoácidos (=FFCA, CopperCrop®,

Alltech Crop Science LTDA.) na redução da severidade da podridão negra quando utilizado na concentração de 0,5% do produto comercial, ainda que com eficiência inferior a fungicidas cúpricos. Este produto tem por função principal o fornecimento suplementar de macro e micronutrientes, tendo em sua composição nitrogênio (4,09%), cobre (10,0%), carbono orgânico (3,32%) e agente complexante (5%). Em concentrações maiores, pode haver maior eficiência, bem como podem ser observados problemas com fitointoxicação. Sendo assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar a aplicação de diferentes concentrações do FFCA no controle da doença e desenvolvimento da cultura do repolho.

Material e métodos

O estudo foi conduzido nas dependências do Instituto Federal Catarinense, Campus Concórdia, no Setor de Olericultura (27°12'56''S, 52°4'75''W, altitude 628m). O clima local é classificação como temperado úmido com verão quente (Cfa) (KÖPPEN; GEIGER, 1928). No ano anterior à instalação do experimento (2015), a média anual de temperatura foi de 20,85°C e a pluviosidade mensal de 231,42 mm (EMBRAPA/CNPSA 2018). O local do terreno onde o experimento foi instalado é levemente inclinado, com solo classificado como Latossolo Vermelho.

A área experimental foi cultivada nos últimos anos com brássicas, com histórico de ocorrência da podridão negra. Para o preparo da área, utilizou-se um subsolador (modelo ASL-5, marca Becker®), objetivando a descompactação do solo. Para facilitar o transplante e os tratos culturais, fez-se uso de um microtrator (modelo 2215, marca Coyote®) com enxada rotativa para nivelamento do solo. Foram conduzidos dois ensaios, ambos na mesma área. O primeiro foi conduzido no período de dezembro de 2016 a maio de 2017 e o segundo, de outubro de 2017 a fevereiro 2018. Os referidos períodos caracterizam-se por historicamente apresentarem condições climáticas mais favoráveis à ocorrência da doença.

A implantação dos experimentos foi precedida por uma análise de solo, tendo sido coletadas 10 subamostras na profundidade de 0 a 0,20m. Estas subamostras formaram uma amostra composta, com características físicas de solo uniforme, classificado como classe 2, textura argilosa, composta por 50% de argila. No primeiro plantio, foram observadas as seguintes características químicas: pH-água (5,0), P-

Mehlich⁻¹ (20,0 mg L⁻¹), K (168 mg L⁻¹), Ca (5,1 Cmol_(c) L⁻¹), Mg (2,0 Cmol_(c) L⁻¹), Al (0,7 Cmol_(c) L⁻¹), H+Al (3,35 Cmol_(c) L⁻¹) e matéria orgânica (4,2%). Já no segundo experimento, os resultados apontaram para pH-água (6,7), P-Mehlich⁻¹ (18,0 mg L⁻¹), K (299 Cmol_(c) L⁻¹), Ca (7,2 Cmol_(c) L⁻¹), Mg (4,0 Cmol_(c) L⁻¹), Al (0,0 Cmol_(c) L⁻¹), H+Al (1,9 Cmol_(c) L⁻¹) e matéria orgânica (3,6%).

A adubação foi feita com base nas características químicas do solo. No primeiro ensaio, foram utilizados 350 kg ha⁻¹ de adubo mineral formulado (NPK 09-33-12) no dia do transplântio. Neste cultivo, a adubação em cobertura foi feita com 340 kg ha⁻¹ de ureia, quinze dias após o transplântio (DAT), e com 140 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, 30 (DAT). Para o segundo ensaio, foi feita outra análise de solo, tendo sido aplicados 300 kg ha⁻¹ do adubo formulado (NPK 09-33-12) na implantação da cultura e em cobertura, 300 kg ha⁻¹ de ureia, quinze dias após o transplântio.

No primeiro ensaio, foi utilizada a cultivar Louco de Verão (Isla®) e no segundo, a cultivar Astrus Plus (Seminis®). A cultivar Louco de Verão tem como característica a cabeça com formato de globo achatado, com coloração verde escura, peso variando de 1,5 a 2,0 kg. Seu ciclo de cultivo é de, aproximadamente, 110 dias. A cultivar Astrus Plus tem como característica plantas vigorosas, de porte médio, com boa sanidade, folhas coloração verde escura, cerosas, além de cabeça de formato semiachatado, coração pequeno e muito compacto. O ciclo de cultivo varia de 90 a 100 dias, com peso médio de 1,8 a 2,5 kg.

Para o preparo das mudas de ambos os experimentos, a semeadura foi feita em bandejas de poliestireno expandido com 128 células, preenchidas com substrato organo-vegetal misto, tendo em sua composição casca de pinus/eucalipto, vermiculita expandida e fibra de coco (marca Tecnomax, Ferticel®). As bandejas, após a semeadura, foram acondicionadas em casa de vegetação, onde se desenvolveram até o ponto de transplântio. O transplante das mudas ocorreu 38 dias após a semeadura, quando haviam atingido de quatro a cinco folhas definitivas. O espaçamento utilizado foi de 0,4m entre plantas e de 0,8m entre linhas. A irrigação foi feita por um conjunto de aspersores (modelo NY-30 ER/BV, marca Agropolo®), com irrigação diária por 15 min, equivalente a uma lâmina de irrigação de 7,4 mm.

Os experimentos seguiram o delineamento experimental em blocos ao acaso, com cinco repetições e seis tratamentos. A parcela experimental foi constituída de 40 plantas, distribuídas em quatro linhas com 10 plantas. A parcela útil considerou apenas

as 16 plantas centrais, sendo desprezadas as plantas das linhas laterais e uma planta em cada extremidade da linha central.

A aplicação dos tratamentos teve início aos 15 DAT, repetindo-se a cada duas semanas até o final do ciclo. No total, foram feitas cinco aplicações. Os tratamentos consistiram na avaliação do fertilizante foliar contendo cobre complexado a aminoácidos (=FFCA, Copper Crop[®]) nas doses de 2,5; 5,0; 7,5 e 10 mL⁻¹ de produto comercial por litro de água, equivalentes às concentrações de 0,25%; 0,5%; 0,75% e 1,0%, respectivamente. Estes tratamentos foram comparados a um tratamento com aplicação de hidróxido de cobre 0,03% (Kocide[®], 53,8% i.a.) e com um tratamento com aplicação apenas de água (testemunha). Para a aplicação, foi utilizado um pulverizador costal de cinco litros (modelo 5 L, Guarany[®]).

Não houve inoculação do patógeno, sendo avaliada apenas a ocorrência natural da podridão negra, em função do histórico da área. Após ser observado o início da epidemia, as avaliações de severidade foram feitas por estimativa do percentual de área foliar lesionada, obtido com o auxílio de uma escala diagramática desenvolvida por Nuñez et al. (2016). Para esta estimativa, foram avaliadas as cinco folhas basais de cada planta na parcela útil.

A colheita foi feita aos 89 e 90 dias após o transplante no primeiro e no segundo experimento, respectivamente, quando as plantas atingiram o ponto de colheita. O ponto de colheita foi determinado pela solidez da cabeça, compacta, fechada e com as folhas internas bem coladas uma na outra. Na ocasião, avaliou-se o número de “cabeças comerciais” (NCC), considerando como comerciais aquelas com massa fresca igual ou superior a 1,0 kg, intactas, livres de rachaduras e injúrias, conforme as normas de classificação Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (PBMH) (2003), além da massa fresca por “cabeça” (MF), circunferência longitudinal (CL), circunferência transversal (CT), relação entre diâmetro longitudinal e diâmetro transversal DL/DT, tamanho do coração (TC) e compacidade (COMP). O comprimento do coração foi mensurado com uma régua milimetrada após um corte vertical do repolho. A compacidade consiste na firmeza da cabeça do repolho, mensurada de forma manual, pressionando-a e atribuindo uma escala de notas de 0 a 5: 0=não formação de cabeça; 1=muito fofa; 2=mediamente fofa; 3=pouco firme; 4=firme; e 5= muito firme (AMBRÓSIO; MOURA, 1999).

Os dados obtidos para as diferentes variáveis foram submetidos à análise de variância. Quando observados efeitos significativos dos tratamentos sobre as variáveis

(F, $P \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste T de Student ($P \leq 0,05$) e feita análise de regressão para estimar a melhor dose. Todas as análises foram feitas utilizando o software SISVAR.

Resultados e discussão

No primeiro experimento, não foi observada ocorrência da podridão negra ao longo do ciclo de cultivo, mesmo com histórico de ocorrência da doença na área. O período de avaliação foi marcado por temperaturas amenas, com médias de 26,5°C, e baixa precipitação pluviométrica, principalmente no período final (Figura 1A). Temperaturas amenas, aliadas a uma baixa pluviosidade, podem ter contribuído para ausência da bacteriose. Barroso (2016), em experimento visando a avaliar o efeito de fertilizantes foliares sobre a cultura do repolho e sobre a podridão negra, também observou ausência de podridão quando o cultivo foi feito em condições de temperaturas amenas.

Mesmo assim, foram feitas a avaliação da produtividade e a avaliação do efeito dos tratamentos sobre os componentes de produção. Após feita a análise de variância, não se observou efeito dos tratamentos para as variáveis NCC ($P=0,7805$, média= 4,0), MF ($P=0,9518$, média=1,5 kg), CL ($P=0,4845$, média=57,3 cm), CT ($P=0,3634$, média=61,6 cm) DL/DT ($P=0,9215$, média=0,9), TC ($P=0,4372$, média=9,1 cm) e COMP ($P=0,7281$, média=2,38).

No segundo experimento, houve ocorrência da podridão negra próximo ao final do ciclo da cultura. Neste período, a temperatura média foi de 29,6°C, superior à média observada no período de realização do primeiro ensaio. Além das temperaturas mais elevadas, o período foi marcado por maiores índices de precipitação pluviométrica, Figura 1B, condições mais favoráveis para a ocorrência da doença. Conforme Willians (2007), condições de temperatura de 25-35°C e umidade relativa elevada de 80-100% são favoráveis à disseminação do patógeno. Na avaliação feita aos 86 DAT, foram observadas diferenças entre os tratamentos quanto à severidade da doença (F, $P=0,0248$). Os tratamentos com aplicação de FFCA nas concentrações de 0,5%; 0,75% e 1% reduziram a severidade da podridão negra em relação à testemunha não tratada (T, $P \leq 0,05$) (Figura 2). Os dois últimos tratamentos, 0,75% e 1,0%, foram mais eficientes que o tratamento com hidróxido de cobre (T, $P \leq 0,05$), o qual não diferiu da testemunha

tratada apenas com água. Com base na análise de regressão, é possível observar resposta decrescente da severidade em relação ao aumento da concentração do produto.

Com relação aos componentes de produção, não houve efeito dos tratamentos em relação às variáveis NCC ($P=0,9307$, média=14,43), CT ($P=0,0780$, média=69,44 cm), TC ($P=0,3955$, média=6,39 cm) e COMP ($P=0,9247$, média=4,41). Em contrapartida, houve efeito dos tratamentos sobre as variáveis MF ($P=0,0112$, média=2,76 kg), CL ($P=0,0311$, média=61,97 cm) e DL/DT ($P=0,0282$, média=0,78). Comparando os dois experimentos, percebe-se aumento nas médias observadas para os componentes de produção, caso do aumento no NCC, MF, e dimensões, podendo tal fato ser explicado pela mudança da variedade de um experimento para o outro.

No experimento com a cultivar Astrus Plus, foram observadas médias de peso de massa fresca de cabeça superiores às observadas com a cultivar Louco de Verão. Em trabalho conduzido por Fracaro et al. (1999), foi possível observar valores de massa fresca de cabeça próximos de 2 kg (1,94 kg) quando utilizada a cultivar Astrus Plus. Enquanto para a cultivar Louco de Verão, os valores observados na literatura foram menores, 1,6 kg, próximos aos observados no presente estudo (LÉDO, 2000).

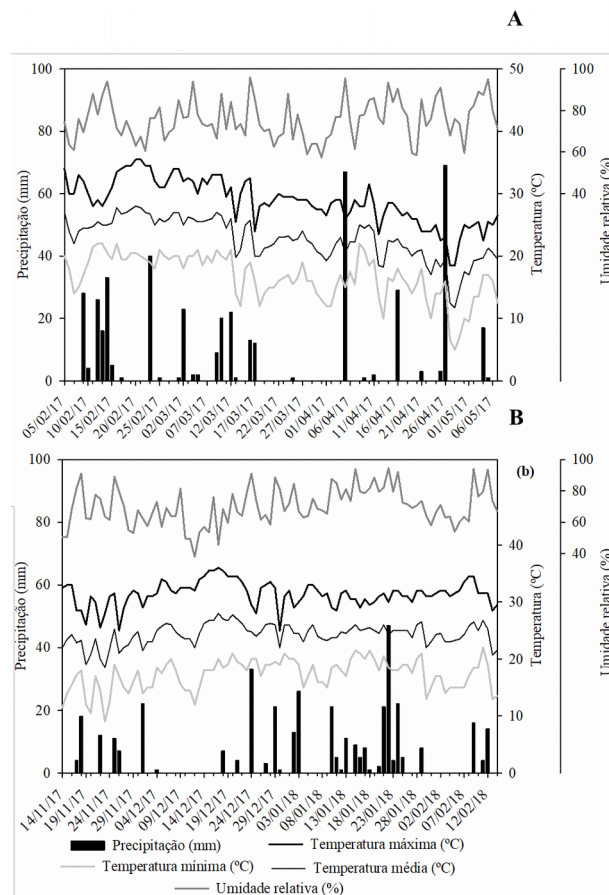


Figura 1. Distribuição da precipitação (mm), temperatura máxima, média e mínima (°C), umidade relativa do ar (%), para os dois ensaios, obtidos pela estação meteorológica da EMBRAPA CNPSA. A=Ensaio 1, B=Ensaio 2

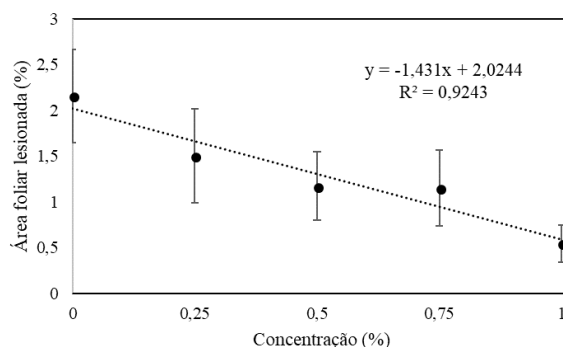


Figura 2. Severidade da podridão negra em repolho submetido a tratamentos com diferentes concentrações de fertilizante foliar com cobre complexado a aminoácidos. Barras verticais correspondem ao intervalo de confiança do teste T de Student ao nível de 5% de probabilidade

A médias de produtividade foram diferentes nos dois experimentos, mesmo com temperaturas amenas no primeiro ciclo, que é o ideal para a cultura. A melhor produtividade foi obtida na repetição do experimento, com médias MF (1,5 kg) para a cultivar Louco de Verão no primeiro ciclo e MF (2,76 kg) para a cultivar Astrus Plus. A diferença de produtividade se deve às características produtivas das cultivares. Em experimento conduzido com as mesmas cultivares, Astrus Plus teve produtividade superior à cultivar Louco de Verão (FRACARO et al., 1999). Ledo (2000) constatou baixa produtividade da cultivar Louco de Verão em relação a outros híbridos, entre eles o híbrido Astrus Plus, além de apresentar alto índices (11%) de florescimento.

Com base na análise de regressão, houve acréscimo nos valores de MF e CL com a aplicação de FFCA na concentração 0,25%. Entretanto, conforme a concentração foi aumentada, houve redução significativa na massa de cabeça e no comprimento longitudinal (Figura 3) podendo tal fato estar relacionado a um possível efeito fitotóxico do cobre sobre as plantas. Este efeito deletério não foi observado para o tratamento com hidróxido de cobre para as variáveis MF ($2,9 \pm 0,15$ kg), CL ($63,9 \pm 1,3$) e DL/DT ($0,8 \pm 0,03$). Como o cobre complexado com aminoácido tem maior capacidade de absorção celular que o cobre disponibilizado pelo hidróxido de cobre, em altas concentrações, este elemento pode provocar fitointoxicação nas plantas.

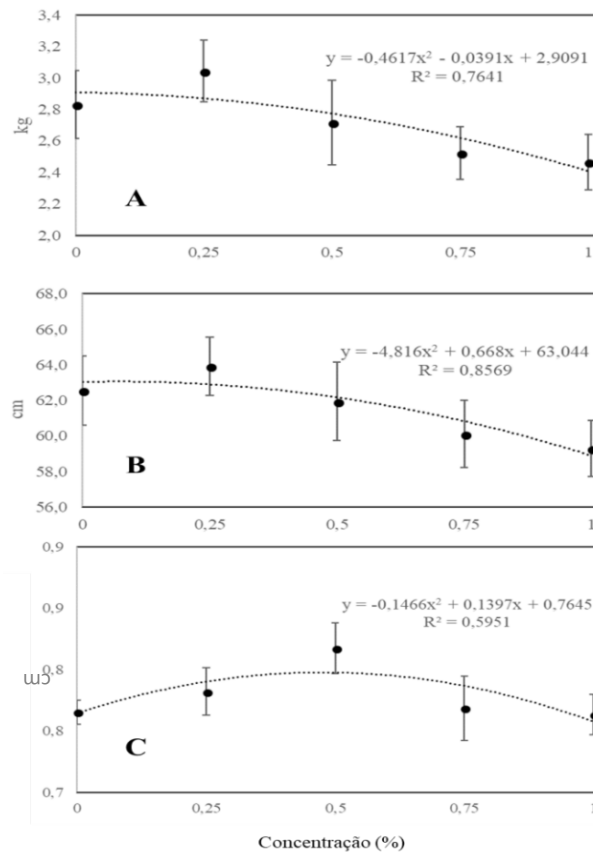


Figura 3: Peso de massa fresca por cabeça (A), circunferência longitudinal (B) e relação diâmetro longitudinal/diâmetro transversal (C) de repolho submetido a tratamentos com diferentes concentrações de fertilizante foliar com cobre complexado a aminoácidos. Barras verticais correspondem ao intervalo de confiança do teste T de Student

Na concentração de 1% de FFCA, foram observados sintomas visíveis de fitointoxicação em ambos os ensaios. Em experimento conduzido por Barroso (2016) em Goiás, também foram observados sintomas de fitotoxidez em razão da elevada concentração de cobre. Os níveis de cobre no interior dos tecidos vegetais devem ser baixos, visto que, em concentrações elevadas, este elemento pode ser extremamente tóxico à planta, podendo contribuir para redução da biomassa (YRUELA, 2005). Quando da alta concentração de cobre, a planta não consegue metabolizar sua absorção, levando à ocorrência de lesões necróticas. Conforme Esptein; Bloom (2006), o cobre é um micronutriente essencial, portanto, em concentrações altas, ele pode ser altamente tóxico à planta. Isso pode acontecer pelo fato de este elemento interferir na absorção dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn (FLOY et al., 1978). Em experimento conduzido por Ali et al. (2015) com repolho, foi possível observar que doses elevadas de cobre afetam negativamente a produção de biomassa, além de causar clorose e necrose. A clorose em folhas resulta da inibição e da redução da fotossíntese em decorrência de quantidades excessivas de cobre nas plantas (LIU et al., 2008)

Pela análise de regressão, é possível estimar que uma concentração ideal de 0,4% de FFCA não reduziria o desenvolvimento das cabeças de repolho. A partir deste valor, o modelo da equação de regressão estima redução no desenvolvimento das cabeças de repolho. Uma opção seria reduzir o número de aplicações ou aumentar o intervalo entre elas, mas, para tal fim, seriam necessários estudos adicionais.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos, é possível inferir que o fertilizante foliar à base de cobre complexado com aminoácidos (FFCA) reduz a severidade da podridão negra em repolho, com uma melhor resposta nas maiores concentrações avaliadas. Entretanto, concentrações entre 0,5% e 1% resultaram em menor desenvolvimento das cabeças e produtividade da cultura. Com base na análise de regressão, é possível estimar que a aplicação do produto deve ser feita em concentrações que não ultrapassem 0,40%.

Referências

- ALI, S.; SHAHBAZ, M.; SHAHZAD, A.N.; KHAN, H.A.A.; ANNES, M.; HAIDER, M.S.; FATIMA, A. Impact of copper toxicity on stone-head cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) in hydroponics. *Peerj*, [S.l.], v. 3, p. 1-14, ago. 2015.
- AMBRÓSIO F.J.; MOURA M.C.C.L. Avaliação de híbridos experimentais e comerciais de repolho para a Ilha de São Luís-MA. *Pesquisa em Foco*, São Luís, v.7, n.9, p.7-16, jun. 1999.
- AZEVÊDO, S.S.; MICHEREFF, S.J.; MARIANO, R.L.R. Epidemiologia comparativa da podridão negra e da alternariose do repolho no Agreste de Pernambuco. *Fitopatologia Brasileira*, [S.l.], v.27, n.17, p.17-26, set. 2002.
- BARROSO, P.B. *Resposta da cultura do repolho à aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes foliares*. 28 p. Dissertação (mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Olericultura. Instituto Federal Goiano- Campus Morrinhos, 2016.
- CASTRO, P.R.C.; CARVALHO, M.E.A. *Aminoácidos e suas aplicações na agricultura*. Piracicaba: ESALQ/USP, 2014. 60p.
- CEASA (CENTRAIS ESTADUAIS DE ABASTECIMENTO) SC (Org.). *Relatório de mercado agrícola na CEASA/SC*. Florianópolis: Epagri, 2017. Disponível em: <file:///D:/usuario/Downloads/Relatório_Mercado_Agricola_Ceasa_Nov_2017_n12.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2018.
- EMBRAPA/CNPISA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/SUÍNOS E AVES). *Dados climatológicos obtidos no município de Concórdia, SC, no mês de outubro de 2018*. 2018. Disponível em: <<http://www.cnpisa.embrapa.br/meteor/>>. Acesso em: 9 out. 2018.

- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Londrina: Planta, 2006. 221p.
- FILGUEIRA, F.A.R. *Novo Manual de Olericultura*. Viçosa: UFV, 2012. 418p.
- FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Annual Review Plant Physiology*, [S.l.], v.29, p.511-566, 1978.
- FRACARO, F.; SARTORI, M.; BIAZZI, E.; ECHEVERRIGARRAY, S. Comportamento agrônômico de cultivares e híbridos de repolho na região nordeste do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.29, n.3, p.465-468, nov. 1998.
- IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). *Número de estabelecimentos agropecuários e quantidade produzida, por produtos da horticultura - resultados preliminares 2017*. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619#resultado>>. Acesso em: 9 out. 2018.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.
- LÉDO, F.J.S.; SOUSA, J.A.; SILVA, M.R. Avaliação de cultivares e híbridos de repolho no Estado do Acre. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.18, n.2, p.138-140, jul. 2000.
- LIU, T.F.; WANG, T.; WANG, C.; SUN, C.; WANG, Y.M. Single and toxicity of cipermethrin and copper Chinese cabbage (Pakchoi) seeds. *Journal of Hazardous Materials*. Nainjing-China. 2003.
- MELO, P.C. T; VILELA, N.J. *Importância da cadeia produtiva de hortaliças*. Reunião Ordinária da Câmara Setorial da Cadeia 13. Produtiva de Hortaliças/MAPA. Brasília. 11p. 2007. Disponível em: <www.abhorticultura.com.br/downloads/cadeiaprodutiva.pdf>. Acesso em: 14 out 2016.
- MENEGUIM, L.; RINALDI, D.A.M.F.; SANTOS, A.C.A.; RODRIGUES, L.S.; SILVA, M.R.L.; CANTERI, M.G.; LEITE JÚNIOR, R.P. Sensibilidade de *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* ao cobre e mancozeb. *Fitopatologia Brasileira*, Londrina, v.32, n.3, p.247-252, jun. 2007.
- NUÑEZ, A.M.P.; MONTEIRO, F.P.; PACHECO, L.P.; RODRIGUEZ, G.A.A.; NOGUEIRA, C.C.A.; PINTO, F.A.M.F.; MEDEIROS, F.H.V.de; .SOUZA, J.T.de. Development and Validation of a Diagrammatic Scale to Assess the Severity of Black Rot of Crucifers in Kale. *Journal Of Phytopathology*, [S.l.], v.165, n.3, p.195-203, dez. 2016.
- NUÑEZ, A.M.P.; RODRÍGUEZ, G.A.A.; MONTEIRO, F.P.; FARIA, A.F.; SILVA, J.C.P.; MONTEIRO, A.C.A.; CARVALHO, C.V.; GOMES, L.A.A.; SOUZA, R.M.; SOUZA, J.T.de; MEDEIROS, F.H.V. Bio-based products control black rot (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) and increase the nutraceutical and antioxidant components in kale. *Scientific Reports*, [S.l.], v.8, n.1, p.1-11, jul. 2018.
- PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. *Normas de Classificação*. São Paulo: PBMH, 2003. Disponível em: <[file:///D:/usuario/Downloads/repolho_folder%20\(1\).pdf](file:///D:/usuario/Downloads/repolho_folder%20(1).pdf)>. Acesso em: 22 ago. 2018.
- SANTOS L.A.; BANDEIRA D.A.; SILVA J.P.; SILVEIRA E.B.; GOMES A.M.A.; MARIANO R.L.R. Caracterização de isolados de *Xanthomonas campestris* pv *campestris* de sistemas de produção orgânico e reação de brássicas à podridão negra. *Horticultura Brasileira*, Olinda, v.26, n.4, p.486-491, dez. 2008.

SEABRA J.R.S.; PAIXÃO, G.S.; MARIGONI, A.C.; RUMY, G.; Camara, R.C. Reação de híbridos de brócolis 'tipo cabeça única' à podridão negra. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v.34, n.1, p.76-77, 2008.

SILVA, G.S.da. *Crescimento e produtividade de repolho roxo em função do espaçamento entre linhas e plantas*. 47p. Dissertação (mestrado)- Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2009.

SILVA, K.S.; SANTOS, E.C. M.; BENETT, C.G.S.; LARANJEIRA, L.T.; EBERHARDT NETO, E.; COSTA. E. Produtividade e desenvolvimento de cultivares de repolho em função de doses de boro. *Horticultura Brasileira*, [S.l.], v.30, n.3, jul. 2012.

WILLIAMS. P.H. Black rot. In: RIMMER, S.R.; SHATTUCK, V.I.; BUCHWALDT, L. (Ed.). *Compendium of brassica diseases*. Saint Paul: APS Press, 2007. p.60-62.

WRUCK, D.S.M.; OLIVEIRA, J.R.de; DIAS. L.A.dosS. Especificidade de hospedeiro nas interações *Xanthomonas campestris pv. campestris* - brássicas. *Summa Phytopathologica*, [S.l.], v.36, n.2, p.129-133, abr. 2010.

YRUELA, I. Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, [S.l.], v.17, n.1, p.145-156, 2005.

4 CONCLUSÃO GERAL

Com base nos resultados obtidos, é possível inferir que o fertilizante foliar à base de cobre complexado com aminoácidos (FFCA) reduz a severidade da podridão negra em repolho, com uma melhor resposta nas maiores concentrações avaliadas. Entretanto, concentrações entre 0,5% e 1% resultaram em menor desenvolvimento das cabeças e produtividade da cultura. Com base na análise de regressão, é possível estimar que a aplicação do produto deve ser feita em concentrações que não ultrapassem 0,40%.