

MESTRADO

Edgar Cesar Giordani

2018

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

ADUBAÇÃO FOSFATADA NO COMPORTAMENTO
PRODUTIVO DE REPOLHO (CULTIVARES AVATAR E
ATLANTA) EM SISTEMA DE PLANTIO CONVENCIONAL

Autor: Edgar Cesar Giordani
Orientador: Dr. Emerson Trogello

MORRINHOS-GO
2018

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

ADUBAÇÃO FOSFATADA NO COMPORTAMENTO
PRODUTIVO DE REPOLHO (CULTIVARES AVATAR E
ATLANTA) EM SISTEMA DE PLANTIO CONVENCIONAL

Autor: Edgar Cesar Giordani
Orientador: Emerson Trogello

MORRINHOS - GO
2018

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

ADUBAÇÃO FOSFATADA NO COMPORTAMENTO
PRODUTIVO DE REPOLHO (CULTIVARES AVATAR E
ATLANTA) EM SISTEMA DE PLANTIO CONVENCIONAL

Autor: Edgar Cesar Giordani
Orientador: Emerson Trogello

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos - Área de Concentração Olericultura.

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

G497a Giordani, Edgar Cesar
Adubação fosfatada no comportamento produtivo de
repolho (cultivares Avatar e Atlanta) em sistema de
plantio convencional / Edgar Cesar
Giordani; orientador Emerson Trogello; co-orientador
Juliano Dutra Schmitz. -- Morrinhos, 2018.
35 p.

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

1. Brassica oleracea. 2. fertilização. 3. fósforo.
4. produtividade. I. Trogello, Emerson, orient. II.
Schmitz, Juliano Dutra, co-orient. III. Título.

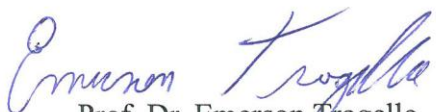
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

EFEITO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA NO
COMPORTAMENTO PRODUTIVO DE REPOLHO
(CULTIVARES AVATAR E ATLANTA) EM SISTEMA DE
PLANTIO CONVENCIONAL

Autor: Edgar César Giordani
Orientador: Emerson Trogello

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura-Área de Concentração em Sistema
de Produção em Olerícolas.

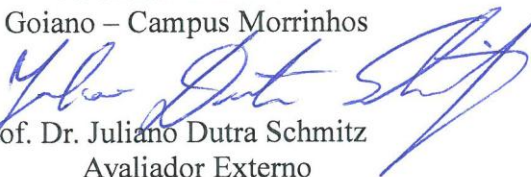
APROVADO em 20 de setembro de 2018.



Prof. Dr. Emerson Trogello
Presidente da Banca
IF Goiano – Campus Morrinhos



Prof. Dr. Anselmo Afonso Golynski
Avaliador Interno
IF Goiano – Campus Morrinhos



Prof. Dr. Juliano Dutra Schmitz
Avaliador Externo
Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por sempre abençoar e iluminar o meu caminho.

À minha família, pelo apoio incondicional, especialmente minha esposa Cleunir, que soube entender minhas seguidas ausências.

Aos meus amigos, pela contribuição neste trabalho, especialmente ao meu colega Antonio Marcos Ceconello, pelo companheirismo e apoio.

Ao professor Anselmo Afonso Golynski, intitulado examinador externo, pela grande colaboração e avaliação da defesa.

À coordenadora do curso, Professora Clarice Aparecida Megguer, pelo esforço e dedicação no decorrer do curso.

Ao Dr. Emerson Trogello e ao Dr. Juliano Dutra Schmitz, pela orientação, confiança e disposição.

A todos os professores do Curso de Pós-Graduação em Olericultura.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos e ao Programa de Pós-Graduação, pela oportunidade de ter ingressado no Curso de Pós-Graduação em Olericultura

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense-Campus Concórdia, pela iniciativa, incentivo e apoio disponibilizados pela Direção do Campus.

A todos que de uma ou de outra forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Muito Obrigado!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Edgar Cesar Giordani, filho de Albino Cesar Giordani e Josephina Camillo Giordani (*in memoriam*), nasceu em 2 de janeiro de 1967 em Concórdia (SC). Residiu na Zona Rural do município até os 25 anos de idade. Em 1992, mudou-se para a cidade de Concórdia (SC) e, nesse ano, iniciou uma nova carreira profissional na Sadia Concórdia S.A. No mesmo ano, reiniciou seus estudos no CNEC (Colégio Cenecista Concórdia), ingressando no curso de auxiliar de escritório, concluído em 1993. Na sequência, no ano de 1994, ingressou no curso de graduação em Administração de Empresas na UnC, Universidade do Contestado, campus de Concórdia, concluindo em 1997. Em 2004, passou a fazer parte do quadro de servidores do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia, até então Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, através de concurso público. Em 2009, iniciou o curso de especialização em recursos humanos, concluindo em 2010. Em setembro de 2016, iniciou o mestrado profissional no Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos em parceria com o Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia e concluiu em 2018.

RESUMO

GIORDANI, EDGAR CESAR. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, setembro 2018. **Adubação Fosfatada no Comportamento Produtivo de Repolho, Cultivares Avatar e Atlanta, em Sistema de Plantio Convencional.** Orientador: Dr. Emerson Trogello. Coorientador: Dr. Juliano Dutra Schmitz.

O presente estudo teve por objetivo avaliar o comportamento produtivo de repolho, *Brassica oleracea*, submetido a diferentes fontes de fósforo (P), cultivado em duas épocas em sistema de plantio convencional. *Experimento 1*- foi desenvolvido entre os meses de maio e outubro de 2017, tendo sido estudada a cultivar híbrida Avatar no sistema de plantio convencional. *Experimento 2*- foi desenvolvido entre os meses de outubro de 2017 e março de 2018, com a cultivar híbrida Atlanta. Em ambos os experimentos, foram aplicados os seguintes tratamentos: T1- testemunha, sem aplicação de P; T2- 100% de superfosfato triplo; T3- 100% de termofosfato Yoorin[®]; T4- 75% de superfosfato triplo + 25% de termofosfato Yoorin[®]; T5- 50% de superfosfato triplo + 50% de termofosfato Yoorin[®]; e T6- 25% de superfosfato triplo + 75% de termofosfato Yoorin[®]. Da mesma forma, em ambos os experimentos foi adotado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis parcelas e quatro repetições. Foram avaliadas as seguintes variáveis: circunferência transversal e longitudinal, comprimento do coração, compacidade, número de folhas, número de cabeças padrão comercial e peso de cada unidade (g). Observou-se que com a aplicação do superfosfato triplo (SFT) e o termofosfato Yoorin[®] (TFY), foram obtidas maiores produtividades, quando comparado com a testemunha. Diante do exposto, observa-se que a adubação fosfatada é importante para a produção do repolho no oeste catarinense. No presente estudo, é possível concluir que as diferentes fontes de fósforo utilizadas influenciaram de maneira semelhante o comportamento produtivo do repolho.

Palavras-chave: *Brassica oleracea*, fertilização, fósforo, produtividade.

ABSTRACT

GIORDANI, EDGAR CESAR. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute) Morrinhos Campus, September 2018. **Phosphate Fertilization in the cabbage yield behavior (Avatar and Atlanta cultivars) in Traditional Tillage System.** Advisor: Dr. Trogello, Emerson. Co-advisor: Dr. Schmitz, Juliano Dutra.

This study aimed to evaluate the cabbage yield behavior (*Brassica oleracea*) submitted to different phosphorus (P) sources, grown during two seasons in traditional tillage system. Experiment 1 was developed from May to October 2017, studying the Avatar hybrid cabbage in the traditional tillage system. Experiment 2 was developed from October 2017 to March 2018, with the Atlanta hybrid cabbage. In both experiments, the following treatments had been applied: (a) T1 - Control (no P application); (b) T2 - 100% triple super phosphate; (c) T3 - 100% Yoorin[®] thermophosphate; (d) T4 - 75% triple superphosphate + 25% Yoorin[®] thermophosphate; (e) T5 - 50% triple superphosphate + 50% Yoorin[®] thermophosphate; and (f) T6- 25% triple superphosphate + 75% Yoorin[®] thermophosphate. The experimental design of randomized blocks with six plots and four replicates was used in both experiments as well. The variables evaluated were: (a) transverse and longitudinal circumference; (b) heart length; (c) compactness; (d) number of leaves; (e) number of commercial standard heads; and (d) weight of each unit (g). Higher yields were obtained with the application of Triple Super Phosphate (TSF) and Yoorin[®] thermophosphate, when compared to the control in the first cycle. It is noticed that the phosphate fertilization is relevant for the cabbage yield in the west of Santa Catarina State, Brazil. In this paper, it can be concluded that the different phosphorus sources used have an effect on the cabbage yield behavior in a similar way.

Keywords: *Brassica oleracea*, fertilization, phosphorus, yield.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Origem, descrição e importância econômica da cultura do repolho.....	3
2.2 Sistemas de produção.....	3
2.3 Fósforo	4
2.4 Fósforo na planta e adubação fosfatada.....	7
2.5 Superfosfato triplo	8
2.6 Termofosfato Yoorin [®]	9
2.7 Referências.....	9
3 CAPÍTULO I	13
3.1 Introdução	14
3.2 Material e métodos.....	15
3.3 Resultados e discussão.....	18
3.4 Conclusão.....	22
4 CONCLUSÃO GERAL.....	25

1 INTRODUÇÃO GERAL

O repolho é a espécie de maior importância socioeconômica da família Brassicaceae, sendo considerado uma das hortaliças mais eficientes na produção de alimento, além de ter alto valor nutritivo, sobretudo pelo teor de cálcio e de vitamina C, apresentando também alta taxa de crescimento (Perin et al., 2015). A produção mundial de repolho em 2016 foi de, aproximadamente, 71,2 milhões de toneladas, liderada pela China (47,55%) [Food and Agriculture Organization (FAO), 2016]. A média mundial de produtividade em 2016 foi de, aproximadamente, 28,8 t ha⁻¹ (FAO, 2016). Em 2017, a produção nacional foi de, aproximadamente, 489,1 mil toneladas, a catarinense, de, aproximadamente, 45 mil toneladas e a de Concórdia foi de 260,2 toneladas (IBGE, 2017).

Uma das funções do fósforo na planta é armazenar energia na fotossíntese e respiração, assim como energia para reações de síntese de proteínas, fixação biológica de nitrogênio e absorção iônica (Malavolta, 2006). O fósforo tem grande efeito no desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea, estimulando a formação e o crescimento de raízes. É muito importante para a germinação e início de crescimento da planta, visto a adubação fosfatada ser absorvida muito mais rapidamente pelas plantas jovens (Prates et al., 2010).

O fósforo utilizado na agricultura é uma fonte mineral finita, sendo considerado um insumo com potencial para agredir o ambiente, uma vez que as fontes convencionais utilizadas pelos agricultores permitem que o elemento esteja prontamente disponível para as plantas, sendo boa parte perdida no solo. O termofosfato Yoorin[®] também é uma fonte mineral, estando certificado para uso em produção orgânica, sendo uma fonte que agride menos o solo e deixa o fósforo com residual mais longo no sistema. Logo, o termofosfato Yoorin[®] está mais voltado para a agricultura sustentável.

Ressalta-se que são poucas as informações referentes às alternativas de fonte de fósforo, como o termofosfato Yoorin[®], na cultura do repolho no sul do Brasil.

Diante do exposto, desenvolveu-se o presente estudo com o objetivo de avaliar o comportamento produtivo de repolho, *Brassica oleracea*, submetido a diferentes fontes de fósforo (P), cultivado em dois ciclos produtivos, em sistema de plantio convencional no oeste catarinense.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem, descrição e importância econômica da cultura do repolho

O repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) é originário da Europa e desde os primórdios da humanidade, ainda em sua forma selvagem, já era utilizado para alimentação humana pelos egípcios. A planta é herbácea, formada por inúmeras folhas arredondadas e cerosas que se sobrepõem, dando origem a uma cabeça compacta, que constitui a parte comestível da planta (Filgueira, 2008; Souza, 2014).

O Brasil, no ano de 2017, produziu, aproximadamente, 490 mil toneladas de repolho [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2017], tendo o estado de Santa Catarina contribuído com 45 mil toneladas. A Olericultura é uma atividade de grande importância para a agricultura brasileira por constituir uma fonte de renda para a agricultura familiar, que vem sendo fortalecida por políticas públicas como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). Também é uma importante fonte de alimentos para a subsistência das famílias produtoras (Poleze et al., 2015). Do ponto de vista nutricional, uma grande quantidade e variedade de nutrientes, como vitaminas, carboidratos, proteínas, fibras e minerais, essenciais para uma vida saudável, é encontrada nas hortaliças (Brasil, 2010).

2.2 Sistemas de produção

Em Santa Catarina, o cultivo das brássicas, em geral, está associado ao uso intensivo do solo, da água, a elevadas quantidades de fertilizantes e ao cultivo intenso, com diversas safras sucessivas na mesma área, com uso inadequado e exagerado de água na irrigação, feita por aspersão, o que causa erosão hídrica do solo. Por outro lado, existem movimentos de agricultores buscando alternativa no campo ecológico, porém,

ainda mais de 90% da agricultura familiar continua utilizando agrotóxicos em sistema de cultivo tradicional, seguindo exemplo da produção em grande escala do agronegócio (Fayad et al., 2016).

A produção de hortaliças é, geralmente, uma atividade dinâmica, com sistemas de produção baseados em intensa e frequente mecanização do solo e crescente uso de insumos. Em muitas regiões produtoras, especialmente em áreas montanhosas com topografia acidentada, os processos erosivos e o esgotamento dos recursos naturais são altos, além do agravamento dos problemas fitossanitários decorrentes de um ciclo de empobrecimento crescente (Pacheco & Madeira, 2013).

Na maioria das vezes, verifica-se que a mudança na forma de produzir se inicia com a substituição de fertilizantes minerais por orgânicos. Analisando os resultados do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006), verifica-se que, em 66,3% da produção brasileira de repolho, foram utilizados adubos orgânicos; em 8,3%, exclusivamente adubos orgânicos; e em 58%, foram utilizados adubos orgânicos e minerais. Esse dado sugere que, ao menos parcialmente, os fertilizantes minerais vêm sendo substituídos nos estabelecimentos rurais por orgânicos. Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar a adubação fosfatada em pré-cultivo, com superfosfato triplo e termofosfato Yoorin[®], na produtividade e no padrão comercial do repolho cultivado em sistema convencional.

2.3 Fósforo

O fósforo é removido do solo em pequenas quantidades pelas culturas, sendo considerado o nutriente menos acumulado entre os três macronutrientes essenciais para as plantas (Coelho & Varlengia, 1973). Segundo estudos de Khan et al. (2002), para produzir 70 t ha⁻¹, a cultura de repolho absorve 370 kg N, 37 kg de P₂O₅ e 400 kg K₂O.

Por outro lado, o fósforo é o nutriente aplicado em maior quantidade nas fertilizações dos cultivos no Brasil, o que pode ser explicado pela carência generalizada desse elemento nos solos brasileiros e também por ter forte interação com o solo (Raij, 1991) e até com a própria planta (Dechassa et al., 2003; Raghothama, 1999). O valor do pH do solo, sob ponto de vista do aproveitamento pelas plantas, provavelmente teria a maior influência na disponibilidade desse elemento. O fósforo no solo tem sua origem no mineral apatita. Os produtos da fixação dependem da reação do solo. Em solos

altamente intemperizados como os tropicais, a disponibilidade de fósforo para absorção e utilização pelas plantas é prejudicada por serem geralmente ácidos e com grande potencial de adsorção de fósforo nas cargas positivas dos óxidos de ferro e alumínio (Hopkins & Ellsworth, 2005). Os fosfatos adicionados ao solo como fertilizantes dissolvem-se passando para a solução do solo. A maior parte do elemento passa para a fase sólida, em razão da baixa solubilidade dos compostos de fósforo formados no solo e da forte tendência de adsorção ao solo, permanecendo, em parte, como fosfato lábil, passando gradativamente a fosfato não lábil. O fosfato lábil pode se redissolver para manutenção do equilíbrio se houver abaixamento do teor em solução (Raij, 1991).

Na profundidade de 0 a 20 cm, as quantidades totais de fósforo nos solos brasileiros variam entre 0,005 e 0,2%, o que corresponde a 110-4.400 kg ha⁻¹ (Malavolta, 2006), sendo que de 20% a 80% estão na forma orgânica, principalmente como fitato (Raghothama, 1999). Quando o fósforo é aplicado ao solo, ocorrem várias transformações, podendo permanecer em compartimentos da fase sólida (lábil e não lábil) ou da fase líquida (solução). Na fase sólida, o fósforo lábil é aquele que está fracamente retido no solo, tendo a função de manter um equilíbrio rápido com a solução do solo. Na fase líquida, o fósforo se acha disponível, estando na forma iônica (H₂PO₄⁴⁻; HPO₄²⁻ e PO₄³⁻), em função do pH. O fósforo não lábil, por sua vez, que corresponde à maior parte do fósforo inorgânico do solo, é representado por compostos insolúveis e que só lentamente podem se transformar em fosfatos lábeis, estando fortemente retido no solo. Os teores de fósforo na solução do solo são, em geral, baixos, da ordem de 0,1 mg L⁻¹, sendo quase sempre inferiores a esse valor (Prado, 2008; Raij, 1991).

As principais fontes de fertilizantes fosfatados empregadas na agricultura são os fosfatos naturais, superfosfato simples, superfosfato triplo ou concentrado, termofosfatos, fosfatos de amônio, fosfatodiamônio e nitrofosfato. Em geral, são oriundos do fosfato de rocha, obtidos de jazidas por mineração superficial (Lopes, 1998; Lapido-Loureiro & Melamed, 2008). O nitrogênio está disponível naturalmente na atmosfera, sendo incorporado ao solo por microorganismos e plantas superiores (Lapido-Loureiro & Melamed, 2008). Os principais depósitos de potássio são encontrados em reservas subterrâneas e lagos ou mares em extinção (Lopes, 1998).

De acordo com Malavolta (2006), a eficiência da adubação costuma ser expressa em porcentagem de aproveitamento do adubo ou do elemento aplicado. Como regra, não é levado em conta o efeito residual, com o que a eficiência é subestimada. Devido às perdas por volatilização, lixiviação e fixação, irreversíveis ou parcialmente

reversíveis, o aproveitamento do adubo nunca é cem por cento. Na literatura, a eficiência da adubação fosfatada é mencionada entre 10 a 25%. Um efeito importante do fósforo é sua influência positiva na eficiência da adubação nitrogenada (Werner, 1986).

A deficiência de fósforo é caracterizada pelo aparecimento de sintomas visuais, como um lento desenvolvimento das plantas e folhas com tons de roxo na nervura central. Assim, as plantas deficientes em fósforo têm seu crescimento reduzido por estar ligado à função estrutural do nutriente e ao processo de transferência e armazenamento de energia (Malavolta, 1989), influenciando vários processos metabólicos, como a síntese de proteínas e ácido nucleico (Mengel & Kirkby, 1987).

Deenik et al. (2006) avaliaram o crescimento e a produção de repolho em função de doses de 0, 50, 99, 198 kg ha⁻¹, em solo com teor de 351 mg dm⁻³, e verificaram que a produção de repolho aumentou com a adição de fertilizante fosfatado. Porém, as maiores quantidades de fósforo resultaram em pequeno aumento de produção, tendo maior resposta ocorrido com a adição da menor dose de 50 kg ha⁻¹ de fósforo.

Conforme Silva (2012), a adição de fertilizantes fosfatados aumentou o teor de fósforo no solo acima do nível basal de 351 mg dm⁻³ para 530 mg dm⁻³ de fósforo nas parcelas que receberam a maior dose de fósforo.

Nas parcelas que não receberam fósforo, a concentração de fósforo no repolho foi de 3 g kg⁻¹, limite inferior entre deficiente e nível suficiente. A concentração de fósforo no repolho aumentou para 5 g kg⁻¹ com a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de fósforo e 6 g kg⁻¹ com a aplicação de 99 kg ha⁻¹ de fósforo. Estas concentrações estão dentro da faixa de suficiência (3 a 7,5 g kg⁻¹) considerada adequada para o repolho. Quando o teor de fósforo no solo está abaixo de 400 mg dm⁻³, o crescimento do repolho responde à aplicação de fertilizantes fosfatados.

O manejo incorreto da fertilização fosfatada pode causar excesso de fósforo no solo, que tem potencial para causar poluição em rios e/ou lagos, através da erosão, que transporta o nutriente para os cursos d'água (Malavolta, 2006; Tomaz, 2006). De acordo com Chien et al. (2011), o objetivo do manejo correto dos fertilizantes fosfatados é otimizar a produção agrícola, minimizando os riscos de impactos ambientais.

2.4 Fósforo na planta e adubação fosfatada

O contato do fósforo com a raiz é quase que exclusivamente por difusão. O fósforo inorgânico (Pi) absorvido é acumulado pelas células corticais da raiz e transferido radialmente até o xilema ao longo do simplasto (Malavolta, 2006). Uma das funções do fósforo na planta é armazenar energia na fotossíntese e respiração, assim como energia para reações de síntese de proteínas, fixação biológica de nitrogênio (FBN), absorção iônica e outras (Malavolta, 2006).

O fósforo exerce ainda ação nos teores de carboidratos, óleo, gordura e proteínas, na maturação de frutos e na viabilidade das sementes (Malavolta, 2006). O fósforo é um dos elementos mais redistribuídos nas plantas, juntamente com o N. Quando a folha envelhece, o P é redistribuído em até 60% de seu total via floema para outras partes da planta, particularmente regiões de crescimento e frutos em desenvolvimento. A fácil redistribuição do fósforo permite que parte da exigência para o crescimento e produção seja satisfeita pela mobilização de suas reservas, fazendo com que, em condições de carência, os sintomas sejam notados primeiramente em órgãos mais velhos. A permanência da deficiência em P causa menor vegetação, produção, qualidade e senescência precoce (Malavolta, 2006). Entretanto, quando em baixa disponibilidade no meio, para adquirirem o fosfato (Pi), as plantas desenvolvem adaptações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas. Raghothama (1999) e Dechassa et al. (2003) constataram que o repolho tem capacidade de mobilizar fósforo do solo por meio da exsudação de ácidos orgânicos na rizosfera, além de ter sido mais eficiente na absorção de fósforo do que cenoura e batata.

Os sintomas do excesso de fósforo nas plantas, em geral, não são reconhecidos diretamente, mas podem induzir deficiência de micronutrientes como cobre, ferro, manganês e zinco (Malavolta, 2006). A menor disponibilidade de micronutrientes e reduções de biomassa estão associadas à excessiva aplicação de fósforo (Hopkins & Ellsworth, 2003). Não é comumente encontrada nos solos tropicais essa condição de altos teores de fósforo no solo, capaz de induzir deficiência de micronutrientes nas culturas, caracterizada pelo baixo teor de fósforo disponível e sua alta fixação (Prado, 2008). Contudo, a preocupação atual é justamente o alto teor de fósforo disponível em solos frequentemente cultivados com hortaliças. Deenik et al. (2006) afirmam que tem havido aumento no teor de fósforo no solo em muitas plantações de hortaliças

cultivadas intensivamente, com a aplicação de fertilizantes formulados completos ao longo dos anos.

Plantas de crescimento rápido têm baixa eficiência no aproveitamento do fósforo do solo por terem o sistema radicular pouco desenvolvido (Raij, 1991), causando elevação do teor do nutriente no meio. Essas características são encontradas na grande maioria das hortaliças, inclusive no repolho, que tem ciclo curto, cerca de 70 a 90 dias após o transplante para o campo, e cujo sistema radicular se concentra nos primeiros 20 a 30 cm do solo (Filgueira, 2008).

Wang & Li (2004) afirmam que culturas em solos deficientes em fósforo disponível, em geral, apresentam boa resposta à aplicação de fósforo, sendo que as respostas das culturas à aplicação de fertilizantes fosfatados dependem do fósforo disponível no solo, bem como das espécies cultivadas.

2.5 Superfosfato triplo

O superfosfato triplo deve conter, no mínimo, 41% de P_2O_5 e 10% de Ca, é um fertilizante mineral concentrado obtido pela reação de ácido fosfórico com apatita (rocha fosfatada) moída (Brasil, 2007). Este pó fino é misturado com o ácido fosfórico líquido em equipamentos misturadores cônicos. O fertilizante granulado tem processo similar, sendo a pasta resultante pulverizada com um revestimento sob pequenas partículas para então construir os grânulos conforme o tamanho desejado [International plant nutrition institute (IPNI), 2010].

Os grânulos formados são secos por convecção em secadores rotativos, onde corrente de ar quente passa pelos grânulos úmidos (Fernandes, 2011; Rodrigues et al., 2015). Posteriormente, são separados por tamanho, utilizando peneiras vibratórias (Correia, 2010; Rodrigues, 2015).

O superfosfato triplo apresenta o maior teor de P entre os fertilizantes secos sem N, e mais de 90% do P total é solúvel em água, tornando-se rapidamente disponível para a absorção pelas plantas. Ele pode ser utilizado combinado com outros fertilizantes sólidos para aplicação superficial ou abaixo da superfície do solo (IPNI, 2010).

2.6 Termofosfato Yoorin[®]

O termofosfato Yoorin[®] é um fertilizante fosfatado obtido pelo processo de fusão e contém fósforo, cálcio, magnésio e micronutrientes na forma de fritas. Os melhores índices de eficiência agrônômica, equivalentes aos índices do superfosfato triplo, tradicionalmente utilizado, foram obtidos com o termofosfato Yoorin[®]. O termofosfato Yoorin[®] eleva o pH do solo, enquanto o superfosfato triplo o diminui (Moreira et al., 2002).

O processo de produção do termofosfato Yoorin[®] começa pelo fosfato natural enriquecido com silicato de magnésio, derretido em um forno elétrico à temperatura de 1.500 °C. O produto incandescente obtido é submetido a um choque térmico com jato de água e depois de seco é moído e ensacado. O termofosfato Yoorin[®] apresenta silício de alta solubilidade, sendo que a presença de silicato protege o fósforo da fixação pelo óxido de ferro, alumínio e manganês presentes no solo (Yoorin, 2018).

Como benefícios da fertilização do solo com termofosfato Yoorin[®], citam-se a redução da incidência de doenças e pragas, a manutenção do balanço hídrico e o aumento da atividade fotossintética das plantas, além da atuação como corretivo da acidez do solo (Yoorin, 2018).

O termofosfato Yoorin[®] é um produto não higroscópico, portanto, não empedra nem sofre deterioração. É totalmente solúvel em ácido cítrico e solúvel na presença dos ácidos fracos do solo e das raízes, disponibilizando os nutrientes de acordo com a necessidade da planta. Atualmente, é recomendado para a agricultura orgânica (Yoorin, 2018).

O modo de aplicação desse fertilizante no solo é na superfície, em sulco, covas ou associado ao adubo formulado. O termofosfato Yoorin[®] tem certificação para uso em agricultura orgânica pelo Instituto Biodinâmico (IBD), seguindo as normas IBD/IFOAM, CEE 889/2008, JAS e a Lei brasileira 10.831/2003 (Yoorin, 2018).

2.7 Referências

Brasil (Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento). Instrução normativa n. 5, de 23 de fevereiro de 2007. Aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes minerais, destinados à agricultura e revoga a Instrução Normativa Sarc n.10, 28 out. 2004. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1 mar. 2007.

_____. Manual de hortaliças não convencionais. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010.

Chien, S. H.; Prochnow, L. I.; Tu, S.; Snyder, C. S. Agronomic environmental aspects of fertilizers varying in source and solubility: an update review. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, v.89, p.229-255, 2011.

Coelho, F.; Verlengia, F. Fertilidade do solo. 2.ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.

Correia, J. C. G. Classificação e Peneiramento. In: Luz, A. B.; Sampaio, J. A.; França, S. C. A. Tratamento de minérios. 5.ed. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), 2010.

Dechassa, N.; Schenk, M. K.; Claassen, N.; Steingrobe, B. Phosphorus efficiency of cabbage (*Brassica oleraceae* L. var. *capitata*), carrot (*Daucus carota* L.), and potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant and Soil*, v.250, n.2, p.215-224, 2003.

Deenik, J.; Hamasaki, R.; Shimabuku, R.; Nakamoto, S.; Uchida, R. Phosphorus fertilizer management for headcabbage. *Soil and crop management*. SCM 16, p.1-6; 2006.

Fayad, J. A.; Comin, J. J.; Bertol, I. (Coord.). Sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH): o cultivo de brássicas: couve-flor, brócolis e repolho (Boletim didático 132). Florianópolis: Epagri, 2016.

Fernandes, N. J. Efeito das impurezas ferro, alumínio e magnésio na cadeia de processamento químico do fosfato. 2011. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

Filgueira, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 421p.

Food and Agriculture Organization (FAO). Faostat: Data, Production, crops, all countries, production quantity, cabbages and other brassicas, 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/>. Acesso em: 1 out. 2018.

Hopkins, B; Ellsworth, J. Phosphorus nutrition in potato production. Idaho Potato Conference. 2003.

_____; _____. Phosphorus availability with alkaline/calcareous soil. In: Proceedings of 6th Western Nutrient Management Conference, Salt Lake City, UT.88-93. 2005.

Instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE). Censo Agropecuário 2006. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/>>. Acesso em: 24 set. 2017.

_____. Censo agropecuário 2017: Horticultura (Número de estabelecimentos agropecuários e Quantidade produzida, por produtos da horticultura - resultados preliminares 2017). Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619>>. Acesso em: 10 out. 2018.

International plant nutrition institute (IPNI). Triple superphosphate. Nutrient Source Specifics 14. 2010. Disponível em: <<http://www.ipni.net/publication/nss.nsf/beagle?OpenAgent&d=NSS-14&f=NSS-14%20Triple%20Superphosphate.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2018.

Khan D. F.; Peoples M. B.; Herridge D. F. Quantify in below ground nitrogen of legumes. Optimising procedures for ¹⁵N shoot-labelling. *Plant Soil* v.245, p.327-334, 2002.

Lapido-Loureiro, F. E. V.; Melamed, R. O fósforo na agroindústria brasileira. In: _____, _____; Figueiredo Neto, J. Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade. Rio de Janeiro: Cetem/Petrobras, 2008.

Lopes, A. S. Manual internacional de fertilidade do solo. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998.

Malavolta, E. ABC da adubação. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989.

_____. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 2006.

Mengel, K.; Kirkby, E. A. Principles of plant nutrition. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

Moreira, A.; Malavolta, E.; Moraes, L. A. C. Eficiência de fontes e doses de fósforo na alfafa e centrosema cultivadas em Latossolo Amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.10, p.1459-1466, 2002.

Pacheco, C. E. L.; Madeira, N. R. Sistema de Plantio Direto em Hortaliças (SPDH). Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2251611/sistema-de-plantio-direto-em-hortalicas-spdh>>. Acesso em: 11 out. 2016.

Perin, A.; Cruvinel, D. A.; Ferreira, H. dos S., Melo, G. B., Lima, L. E. de; Andrade, J. W. de S. Decomposição da Palhada e Produção de Repolho em Sistema Plantio Direto. *Global Science and Technology*, v.8, n.2, p.153-159, 2015.

Poleze, T.; Lefchak, A. S.; Zarowni, E.; Bittencourt, H. V. H. Avaliação do desempenho do policultivo alface - beterraba – cebolinha sob cobertura morta de aveia e consórcio com amendoim forrageiro. In: *Memorias del V Congreso Latino americano de Agroecología*. La Plata, 2015. ISBN 978-950-34-1265-7. Disponível em: <<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53241>>. Acesso em: 12 out. 2016.

Prado, R. M. de. Nutrição de plantas. São Paulo: UNESP, 2008.

Prates, F. B. D. S.; Veloso, H. S.; Sampaio, R. A.; Zuba Junior, G. R.; Lopes, P. S. N.; Fernandes, L. A.; Maio, M. M. Crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo em resposta à adubação com superfosfato simples e pó de rocha. *Ceres*, v.57, n.2, p.239-246, 2010.

Raghothama, K. G. Phosphate acquisition. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.50, p.665-693, 1999.

Raij, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991.

Rodrigues A. M.; Ribeiro, G. P.; Finzer, J. R. D.; Teixeira, E. P. Peneiramento na fabricação do superfosfato triplo. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Anais... Fortaleza: ABEQ/UFCE, 2016.

Silva, G. S. Adubação fosfatada e potássica para repolho cultivado em latossolo com teor alto de nutrientes. Jaboticabal: UNESP, 2012. 36 p. Tese de Doutorado.

Souza, J. L. Manual de horticultura orgânica. Viçosa: Aprenda Fácil, 2014

Tomaz, P. Poluição difusa: trincheira de infiltração, bacia de infiltração, pavimento. São Paulo: Navegar, 2006.

Wang, Z.; Li, S. Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on plant growth and nitrate accumulation in vegetables. *Journal of Plant Nutrition*. v.27, n.3, p.539-556, 2004

Werner, J. C. Adubação de pastagens (Boletim Técnico, 18). Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p.

Yoorin (Fertilizantes Mitsui AS). O adubo fosfatado e corretivo de acidez com micronutrientes. Disponível em: <<http://www.yoorin.com.br/pt/produtos/oorin>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

3 CAPÍTULO I

Adubação fosfatada no comportamento produtivo de repolho em sistema de plantio convencional no Oeste Catarinense

(Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental)

Resumo

O presente estudo teve por objetivo avaliar o comportamento produtivo de repolho, *Brassica oleracea*, submetido a diferentes fontes de fósforo, cultivado em duas épocas em sistema de plantio convencional. Experimento 1- foi desenvolvido entre os meses de maio e outubro de 2017, tendo sido estudada a cultivar híbrida Avatar no sistema plantio convencional. Experimento 2- foi desenvolvido entre os meses de outubro de 2017 e março de 2018, com a cultivar híbrida Atlanta. Em ambos os experimentos, foram aplicados os seguintes tratamentos: Tratamento 1 – testemunha, sem aplicação de fósforo; Tratamento 2 - 100% de superfosfato triplo; Tratamento 3 - 100% de termofosfato Yoorin[®]; Tratamento 4 - 75% de superfosfato triplo + 25% de termofosfato Yoorin[®]; Tratamento 5 - 50% de superfosfato triplo + 50% de termofosfato Yoorin[®]; e Tratamento 6 - 25% de superfosfato triplo + 75% de termofosfato Yoorin[®]. Da mesma forma, em ambos os experimentos, utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis parcelas e quatro repetições. Foram avaliadas as seguintes variáveis: circunferência transversal e longitudinal, comprimento do coração, compacidade, número de cabeças padrão comercial, número de folhas e peso de cada unidade (g). Observou-se que, com a aplicação do superfosfato triplo e do termofosfato Yoorin[®], foram obtidas maiores produtividades, quando comparado com a testemunha. Diante do exposto, pode-se observar que a adubação fosfatada é importante para a produção do repolho no oeste de Santa Catarina (Brasil).

Palavras-Chave: *Brassica oleracea*, fertilização, fósforo, produtividade

Phosphate fertilization in cabbage yield behavior, traditional tillage system, west of Santa Catarina State, Brazil

[Brazilian Journal of Engenharia Agrícola e Ambiental (Agriambi)]

Abstract

This study aimed to evaluate the cabbage yield behavior (*Brassica oleracea*), submitted to different phosphorus sources, grown in two seasons in the conventional tillage system. Experiment 1 was developed from May to October 2017, studying the Avatar hybrid cabbage in the traditional tillage system. Experiment 2 was developed from October 2017 to March 2018, with the Atlanta hybrid cabbage. In both experiments, the treatments applied were: (a) Treatment 1 - Control (no phosphorus application); (b) Treatment 2 - 100% Triple Superphosphate; (c) Treatment 3 - 100% Yoorin[®] thermophosphate; (d) Treatment 4 - 75% Triple Superphosphate + 25% Yoorin[®] thermophosphate; (e) Treatment 5 - 50% Triple Superphosphate + 50% Yoorin[®] thermophosphate; and (f) Treatment 6 - 25% Triple Superphosphate + 75% Yoorin[®] thermophosphate. The experimental design of randomized blocks with six plots and four replicates was used in both experiments as well. The variables evaluated were: (a) transverse and longitudinal circumference; (b) heart length; (c) compactness; (d) number of commercial heads; (e) number of leaves; and (f) weight of each unit (g). It was noticed that higher yields were obtained with the application of Triple Superphosphate and Yoorin[®] e thermophosphate when compared to the control. In face of that, it can be concluded that phosphate fertilization is relevant for the cabbage yield in west of Santa Catarina State, Brazil.

Keywords: *Brassica oleracea*, fertilization, phosphorus, yield

3.1 Introdução

O repolho é considerado uma das hortaliças mais eficientes na produção de alimento, além de ter alto valor nutritivo, sobretudo pelo teor de cálcio e de vitamina C (Perin et al., 2015). A planta de repolho é herbácea, formada por inúmeras folhas arredondadas e cerosas que se sobrepõem, dando origem a uma cabeça compacta, que constitui a parte comestível da planta (Moreira & Vidigal 2015).

Vislumbra-se crescente demanda por fertilizantes em regiões onde há produção de hortaliças, objetivando repor a fertilidade perdida em razão do intensivo uso do solo, bem como suprir as necessidades nutricionais das plantas (Nascimento et al., 2017).

No comércio, são encontrados vários tipos de adubos fosfatados. Apresentado em várias formas químicas, o fósforo é um nutriente derivado de diferentes fontes (Richart et al., 2006). Quando são utilizados em solos com baixo pH, normalmente aumentam a eficiência dos fosfatos naturais (Gonçalves et al., 2008). A eficiência da adubação fosfatada é diminuída quando há elevada adsorção de P no solo, formando complexos pouco solúveis com Fe e Al, bem como sua ligação com a superfície argilomineral (Machado et al., 2011; Schoninger et al., 2013; Weingartner et al., 2018).

Uma das funções do fósforo na planta é armazenar energia na fotossíntese e respiração. A fácil redistribuição do fósforo permite que parte da exigência para o crescimento e produção seja satisfeita pela mobilização de suas reservas (Malavolta, 2006).

O fósforo utilizado na agricultura é uma fonte mineral finita, sendo considerado um insumo com potencial para agredir o ambiente. O termofosfato Yoorin[®] também é uma fonte mineral, o qual certificado para uso em produção orgânica, sendo uma fonte que agride menos o solo e deixa o fósforo com residual mais longo no sistema, estando, por conseguinte, mais voltado para a agricultura sustentável (Yoorin, 2018). Contudo, as informações sobre uso de alternativas de fonte de fósforo, como o termofosfato Yoorin[®] na cultura do repolho no sul do Brasil, são escassas e devem ser estudadas.

O presente estudo teve por objetivo avaliar o comportamento produtivo de repolho, *Brassica oleracea*, submetido a diferentes fontes de fósforo (P), cultivado em dois ciclos produtivos em sistema de plantio convencional.

3.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido na área do Instituto Federal Catarinense, Campus Concórdia (SC), Rodovia SC 283, km 17, Vila Frágoso, Concórdia (SC), em dois ciclos de produção, o primeiro entre maio e outubro de 2017 e o segundo entre outubro de 2017 e março de 2018, em uma área de, aproximadamente, 360m², localizada nas coordenadas geográficas latitude 27° 12' 16,67" S e longitude 52° 4' 38,78" W. O clima

é classificado como subtropical úmido, com verão quente (Cfa), segundo Köppen e Geiger, com temperatura média de 18,8 °C. A pluviosidade média anual é de 1.937,2 mm e altitude de 589 metros acima do nível do mar. A topografia do terreno é levemente inclinada. Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, visando à análise de sua fertilidade.

O solo da área experimental é classificado como neossolo, pouco profundo, bem drenado, levemente inclinado, apresentando, em média, 42% de argila. As características químicas foram: pH em água 6,2; matéria orgânica 2,3%; índice SMP 6,4; teores de P e K de 4,4 e 88 mg dm⁻³, respectivamente. Os teores de Al³⁺; Ca²⁺ e Mg²⁺ foram de 0,49, 36 e 23,69 cmol(c) dm⁻³, respectivamente.

Em ambos os experimentos, foram aplicados os seguintes tratamentos: T1 - testemunha, sem aplicação de P; T2 - 100% de superfosfato triplo (ST); T3 - 100% de termofosfato Yoorin[®] (Y); T4 - 75% de superfosfato triplo + 25% de termofosfato Yoorin[®]; T5 - 50% de superfosfato triplo + 50% de termofosfato Yoorin[®]; e T6 - 25% de superfosfato triplo + 75% de termofosfato Yoorin[®].

Para o preparo do solo, foram feitas aração e gradagem. A incorporação da adubação foi feita com enxada rotativa mecanizada. A adubação foi feita com base em análise do solo da área experimental, sendo os dados interpretados com o auxílio do Manual de Calagem e Adubação da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina [Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 2016]. Assim, em todos os tratamentos, inclusive na testemunha, foram utilizadas as seguintes quantidades de nutrientes: Ureia (260 kg ha⁻¹) e Fósforo (180 kg ha⁻¹), referindo-se esta dosagem aos tratamentos com termofosfato Yoorin[®] e superfosfato triplo (ST) aplicados no experimento, e Cloreto de Potássio (150 kg ha⁻¹).

O termofosfato Yoorin[®] tem em sua fórmula 18% P₂O₅, 16,5% de fósforo solúvel em ácido cítrico, 18% de Ca, 7% de Mg e 10% de Si. O superfosfato triplo tem 41% de P₂O₅ e 10% de Ca.

As mudas de repolho foram produzidas na unidade de produção da Agricultura I do Instituto Federal Catarinense, com substrato organo-vegetal, em bandejas de poliestireno expandido (isopor) de 128 células.

O trabalho foi dividido em dois experimentos instalados em campo aberto. Experimento 1- foi desenvolvido entre os meses de maio e outubro de 2017, tendo sido estudada a cultivar híbrida Avatar no sistema de plantio convencional. O transplante das

mudas foi feito no dia 24 de julho de 2017 (40 dias após a semeadura), quando as mudas haviam atingido entre quatro e cinco folhas definitivas. Essas mudas foram transplantadas para covas de 10 cm de profundidade. Experimento 2- foi desenvolvido entre os meses de outubro de 2017 e março de 2018, com a cultivar híbrida Atlanta. Esse experimento foi conduzido nas mesmas condições de plantio e cultivo do primeiro. O transplante das mudas aconteceu no dia quatro de dezembro de 2017 (40 dias após a semeadura).

O controle das plantas espontâneas foi feito com enxada e manualmente, conforme a necessidade. O manejo geral de condução das plantas, irrigação, controle fitossanitário e adubação (exceto com fósforo) foram feitos de modo similar em todas as parcelas, em ambos os ciclos de produção, para não haver interferências no resultado final.

Em ambos os experimentos, o delineamento adotado foi o de blocos completamente casualizados (DBC), com quatro blocos e seis tratamentos, totalizando vinte e quatro unidades experimentais. A unidade amostral foi composta de 32 plantas (espaçamento 0,5 x 0,5 m), tendo sido avaliadas as seis plantas centrais, desprezando-se a bordadura. As parcelas foram distanciadas um metro entre si e entre blocos, de forma a poder ser utilizadas como acesso entre as parcelas.

Em ambos os experimentos, foram avaliadas as seguintes variáveis resposta:

- (a) peso de cada unidade: foram pesadas as cabeças com balança eletrônica, com precisão de 0,05 g;
- (b) diâmetro longitudinal e transversal das cabeças: foram feitas as medições no sentido longitudinal da cabeça e transversal na região equatorial do coração, utilizando paquímetro industrial;
- (c) compacidade: medida com penetrômetro, com ponteira de 5 mm de diâmetro. Foram feitas, em locais diferentes, cinco perfurações em cada cabeça, sendo este padrão sido mantido para todas as cabeças avaliadas;
- (d) comprimento do coração: após partir a cabeça do repolho ao meio, foi feita a medição do coração com uma régua graduada;
- (e) número de folhas: foi feita a contagem do número total de folhas por cabeça; e
- (f) número de cabeças padrão comercial: foram estratificadas as cabeças conforme padrão comercial, <1,6 kg, de 1,6 a 2,4 kg e >2,4 kg.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificação do efeito dos tratamentos. Quando significativo, foi feita a comparação pareada das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 Resultados e discussão

Verificou-se o comportamento das diferentes variáveis (características agrônomicas) conforme influência de cada tratamento, nos meses de maio a outubro de 2017 (Tabela 1). Observou-se que a utilização de fósforo influenciou significativamente as variáveis Peso de Cabeça, Comprimento de Coração, Diâmetro Longitudinal, Diâmetro Transversal, Número de Folhas e Compacidade. Por outro lado, a variável Cabeça Padrão Comercial não apresentou resposta significativa na ANOVA. As variáveis componentes Peso de Cabeça, Comprimento de Coração, Diâmetro longitudinal, Diâmetro transversal e Número de Folhas não diferiram entre si no que concerne ao uso de diferentes fontes de fósforo e suas combinações, porém foram significativamente superiores à testemunha (Tabela 1). A variável Compacidade também foi influenciada pelas fontes e combinações de fósforo, porém 0%P não diferiu de 100%ST. Por outro lado, 100%Y proporcionou maior compacidade, sendo estatisticamente superior a 0%P.

Estes resultados reforçam a importância da adubação fosfatada na cultura do repolho, bem como na similaridade da resposta produtiva entre as fontes fosfatadas empregadas.

Tabela 1 - Avaliações feitas no primeiro ciclo produtivo de repolho cultivado em sistema de plantio convencional no oeste de Santa Catarina, maio a outubro de 2017

P ₂ O ₅	PC	CC	DL	DT	NF	CP	CPC		
							<1,6 kg	1,6 a 2,4 kg	>2,4 kg
Primeiro ciclo									
F	14,95	13,731	17,339	24,874	16,833	27,300	0,291	2,516	0,564
p	1,52e ⁻¹¹	9,90e ⁻¹¹	4,44e ⁻¹³	2 e ⁻¹⁶	9,23e ⁻¹³	2 e ⁻¹⁶	0,911	0,076	0,726
100%Y	1520,25 a	6,75 a	12,00 a	16,41 a	31,12 a	12,18 a	58,3% a	41,7% a	-
100%ST	1541,50 a	7,04 a	12,03 a	16,81 a	33,41 a	11,05 cd	62,5% a	33,3% a	4,2% a
50%Y+50%ST	1603,16 a	7,37 a	12,43 a	16,76 a	33,45 a	11,75 b	54,2% a	37,5% a	8,3% a
25%Y+75%ST	1572,46 a	7,17 a	12,36 a	16,78 a	33,12 a	11,30 c	54,2% a	37,5% a	8,3% a
0%P	489,25 b	4,76 b	8,11 b	10,76 b	26,18 b	10,80 d	70,8% a	-	-
CV(%)	30,95	14,05	12,91	10,73	9,35	9,46	54,64	56,69	202,53

(PC) Peso de cabeça, (CC) Comprimento de coração, (DL) Diâmetro longitudinal, (DT) Diâmetro transversal, (NF) Número de folhas, (CP) Compacidade e (CPC) Cabeças padrão comercial CEASA – PR (entre 1,6 e 2,4 kg) (Dossa & Denck, 2018). Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Silva (2012), trabalhando em condições de campo, no sistema convencional, com várias dosagens (0, 120, 240, 360, 480, 600, 720 kg h⁻¹) de fósforo no município de Jaboticabal-SP, com a cultivar de repolho Fuyutoyo, obteve produtividade similar ao do presente trabalho. Por outro lado, De Carvalho & Ikuta (2003) obtiveram resultados inferiores com vários híbridos cultivados a campo em sistema de cultivo convencional em Piraquara-PR. Resultado semelhante obtiveram Lédo et al. (2000) com onze variedades de repolho em Rio Branco-AC.

O Comprimento de Coração foi influenciado significativamente pela aplicação de fósforo, independentemente da forma ou da combinação utilizada (Tabela 1). Não houve diferença entre os tratamentos somente em relação a 0%P, podendo-se afirmar que as várias combinações fosfatadas obtiveram semelhante eficiência na produção de repolho. O tratamento 100%Y apresentou menor Comprimento de Coração, 8,2% a menos em relação ao maior Comprimento de Coração (100%ST). Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2012) em trabalho conduzido em Jaboticabal-SP, com a variedade de repolho Fuyotoyo, no período de outono, em solo com teor de fósforo de 93 mg dm⁻³.

O Diâmetro Longitudinal também foi influenciado significativamente pela aplicação de fósforo, independentemente da forma ou da combinação utilizada (Tabela 1). O maior valor para Diâmetro Longitudinal foi no tratamento com 50%Y + 50%ST, e o menor ocorreu com 100%Y. Não houve diferença entre os tratamentos somente em relação a 0%P, mostrando também nesta avaliação que as diferentes fontes de fósforo foram similares na obtenção do resultado final. Resultados semelhantes também foram obtidos por Torres et al. (2015) em Uberaba (MG). Resultados superiores foram obtidos por Silva (2012), em trabalho conduzido a campo, em sistema convencional, com várias doses de adubação, no outono.

O Diâmetro Transversal também foi influenciado significativamente pela aplicação de fósforo, independentemente da forma ou da combinação aplicada (Tabela 1). Não houve diferença entre os tratamentos somente em relação a 0%P, evidenciando este resultado a potencialidade de ambos os fosfatos com as várias combinações. Resultados superiores foram obtidos por Silva (2012) em Jaboticabal-SP, com a variedade de repolho Fuyotoyo. Resultados superiores também foram obtidos por De Carvalho & Ikuta (2003) com vários híbridos cultivados a campo em Piraquara-PR.

O Número de Folhas foi influenciado significativamente pela aplicação de fósforo, independentemente da forma ou da combinação aplicada (Tabela 1). Não houve

diferença entre os tratamentos somente em relação a 0%P. O maior resultado foi para 50%Y+50%ST e o menor, para 100%Y. As diferenças comprovam a importante função do fósforo na produção do repolho. Silva (2012), trabalhando nas condições de campo, no sistema convencional, com várias dosagens (0, 120, 240, 360, 480, 600, 720 kg⁻¹) de fósforo no município de Jaboticabal-SP, com a cultivar de repolho Fuyutoyo, obteve produtividade menor que a do presente trabalho.

A Compacidade do repolho para a dose 100%Y foi superior aos demais tratamentos, e o tratamento 0%P foi inferior a todos os demais, se assemelhando ao tratamento 100%ST. Já os tratamentos 50%Y+50%ST e 25%Y +75%ST foram intermediários aos demais. Resultados inferiores obtiveram Silva et al. (2012) com a variedade de repolho chato de quintal, em experimento a campo em Aquidauana-MS.

No primeiro ciclo, houve considerável produção de Cabeça Padrão Comercial em todos os tratamentos (entre 33,3 e 50%), mas a produção abaixo do padrão comercial se sobressaiu (entre 45,8 e 62,5%). Somente no tratamento 75%Y+25%ST houve maior Cabeça Padrão Comercial enquadrada no padrão do que abaixo. Cabeça Padrão Comercial acima do padrão ficou entre 4,2 e 8,3%. No tratamento 0%P, 70,8% das cabeças ficaram abaixo do padrão comercial, sendo que 29,2% das plantas não produziram cabeça. Ressaltamos que não houve significância na diferença entre o superfosfato triplo e o termofosfato Yoorin[®] nas avaliações do primeiro ciclo de produção, salvo na avaliação da compacidade.

A Tabela 2 apresenta o comportamento das diferentes variáveis (características agrônômicas), segundo a influência de cada tratamento, nos meses de outubro de 2017 a maio de 2018. A análise de variância mostrou que as variáveis Peso de Cabeça, Diâmetro Longitudinal, Diâmetro Transversal, Número de Folhas, Compacidade e Cabeça Padrão Comercial (<1,6kg) foram influenciadas pelo fator do tratamento estudado, não tendo influenciado significativamente as variáveis Comprimento de Coração e Cabeça Padrão Comercial (1,6 a 2,4kg).

O Peso de Cabeça foi influenciado significativamente pela aplicação de fósforo, com os maiores valores observados para os tratamentos 25%Y+75%ST, 100%ST e 75%Y+25%ST, em relação ao tratamento 0%P. Entre os tratamentos, 100%Y resultou em menor PC, e o tratamento 50%Y+50%ST ficou intermediário em relação aos demais tratamentos.

Tabela 2 - Avaliações feitas no segundo ciclo produtivo de repolho cultivado em sistema de plantio convencional no oeste de Santa Catarina, outubro 2017 a maio 2018

P ₂ O ₅	PC	CC	DL	DT	NF	CP	CPC		
							<1,6 kg	1,6 a 2,4 kg	>2,4 kg
Segundo ciclo									
F	8,181	1,772	6,126	6,314	3,633	173,780	11,487	0,543	-
p	1,13e ⁻⁶	0,124	4,33e ⁻⁵	3,08e ⁻⁵	0,0042	2e ⁻¹⁶	0,00011	0,741	-
100%Y	864,60 bc	6,03 a	10,67 b	14,50 ab	29,80 ab	11,51 a	100,0% a	-	-
100%ST	1133,90 a	6,38 a	11,67 a	15,65 ab	29,67 ab	11,08 b	91,7% a	8,3% a	-
50%Y+50%ST	1072,90 ab	6,47 a	11,58 a	14,94 a	30,54 a	11,23 ab	87,5% a	12,5% a	-
75%Y+25%ST	1125,40 a	6,32 a	11,63 a	15,50 a	29,46 ab	11,38 ab	87,5% a	12,5% a	-
25%Y+75%ST	1149,40 a	6,50 a	11,90 a	15,23 ab	29,92 a	11,43 ab	95,8% a	4,2% a	-
0%P	360,30 c	5,17 a	9,33 b	10,67 b	26,33 b	3,22 c	12,5% b	-	-
CV(%)	27,61	13,72	9,79	10,97	6,64	14,26	24,66	204,86	-

(PC) Peso de cabeça, (CC) Comprimento de coração, (DL) Diâmetro longitudinal, (DT) Diâmetro transversal, (NF) Número de folhas, (CP) Compacidade e (CPC) Cabeças padrão comercial CEASA – PR (entre 1,6 e 2,4 kg) (Dossa & Denck, 2018). Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Este resultado obtido no segundo ciclo de produção foi muito semelhante ao primeiro ciclo, reiterando a importância da adubação fosfatada. Da mesma forma, foi possível verificar que o uso de termofosfato Yoorin[®] proporcionou resposta produtiva em ambas as cultivares testadas, muito semelhante ao tradicional superfosfato triplo.

Não foram verificadas diferenças estatísticas no Comprimento de Coração (Tabela 2). Magro et al. (2011) obtiveram resultados semelhantes em experimento a campo em plantio convencional, com a variedade híbrida Kenzan, com mudas transplantadas com várias idades, (37,41; 45,49 e 53 dias), no município de São Manuel-SP. Resultados semelhantes também obtiveram Miranda et al. (2018) no município de Vitória da Conquista-BA.

O Diâmetro Longitudinal foi influenciado significativamente pela aplicação de superfosfato triplo puro (100%ST) ou pela mistura com termofosfato Yoorin[®] (Tabela 2). Já os tratamentos 100%Y e 0%P apresentaram os menores valores. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira (2001) com a cultivar Astruz em Seropédica-RJ.

O Diâmetro Transversal também foi influenciado significativamente pela aplicação de fósforo, independentemente da fonte ou da combinação aplicada (Tabela 2) com a testemunha obtendo menor diâmetro médio transversal que os demais tratamentos. Não houve diferença entre os tratamentos em relação à testemunha, evidenciando que a adubação fosfatada influenciou positivamente no crescimento das cabeças de repolho. Resultados semelhantes foram obtidos por Nascimento et al. (2017) com a cultivar de repolho chato de quintal, em Ipameri (GO). Resultados semelhantes também obtiveram Fontanetti et al. (2006) em um experimento em sistema de plantio direto em Lavras (MG).

O número médio de folhas foi influenciado significativamente pela aplicação de fósforo (Tabela 2) com superioridade dos tratamentos 50%Y+50%ST e 25%Y+75%ST em relação a 0%P. Quanto aos tratamentos 100%Y, 100%ST e 75%Y+25%ST, as médias foram intermediárias. Resultados inferiores obtiveram Magro et al. (2011) em experimento a campo em plantio convencional, com a variedade híbrida Kenzan, com mudas transplantadas com várias idades, (37,41; 45,49 e 53 dias), no município de São Manuel (SP). Nascimento et al. (2017) obtiveram maiores resultados com a cultivar de repolho chato de quintal em Ipameri (GO).

Na avaliação de Compacidade, em relação a 0%P, os tratamentos fosfatados obtiveram médias superiores, entre eles somente 100%ST apresentou diferença estatisticamente inferior ao tratamento 100%Y.

No segundo ciclo, houve expressiva produção de cabeças abaixo do padrão comercial em todos os tratamentos (entre 87,5 e 100%). A quantidade de cabeças no padrão comercial variou entre 4,2 e 12,5% nas plantas em que houve produção. Não houve produção de cabeças acima do padrão. No tratamento 0%P, 12,5% das cabeças ficaram abaixo do padrão comercial, sendo que 87,5% das plantas não produziram cabeça.

3.4 Conclusão

O uso de diferentes combinações de adubação fosfatada (superfosfato triplo ou termofosfato Yoorin[®]) proporciona respostas semelhantes na produção de repolho em ambos os ciclos produtivos. Desta forma, a adubação com termofosfato Yoorin[®] tem considerável potencial e deve ser mais bem estudada para a produção de repolho no oeste catarinense.

3.5 Referências

De Carvalho, R. I. N.; Ikuta, A. R. Y. Competição entre cultivar e híbridos de repolho no município de Piraquara-PR. Revista Acadêmica: Ciência Animal, v.1, n.2, p.33-36, 2003.

Dossa, D.; Denck, D. I. Mercado de hortifruti da Ceasa - PR. Curitiba: CEASA - PR, 2018. Disponível em: <http://www.ceasa.pr.gov.br/arquivos/File/BOLETIM/Livro/Livro_Ceasa_2018_impresao.pdf>. Acesso em: 5 out. 2018.

- Fontanetti, A.; Carvalho, G. D.; Gomes, L. A. A.; Almeida, K. D.; Moraes, S. D.; Teixeira, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. *Horticultura Brasileira*, v.24, n.2, p.146-150, 2006.
- Gonçalves, G. K.; Sousa, R. O.; Vahl, L. C.; Bortolon, L. Solubilização dos fosfatos naturais Patos de Minas e Arad em dois solos alagados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 5, p. 2157-2164, 2008.
- Lédo, F. J. da S.; Souza, J. A.; Silva, M. R. da. Avaliação de cultivares e híbridos de repolho no Estado do Acre. *Horticultura Brasileira*, v.18, n.2, p.138-140, 2000.
- Machado, V. J.; Souza, C. H. E.; Andrade, B. B.; Lana, R. M. Q.; Korndorfer, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. *Bioscience Journal*, v.27, n.1, p.70-76. 2011.
- Magro, F. O.; Salata, A. D. C.; Bertolini, E. V.; Cardoso, A. I. I. Produção de repolho em função da idade das mudas. *Agro@ mbiente On-line*, v.5, n.2, p.119-123, 2011.
- Malavolta, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- Miranda, P. S.; Dos Santos, J. R. E.; Moraes, T. R.; Pérez-Maluf, R. Efeito do Silício no Cultivo e Pós-Colheita do Repolho. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.13, n.2, 2018.
- Moreira, M. A.; Vidigal, S. M. Evolução das características da planta associadas à nutrição nitrogenada de repolho. *Ceres*, v.58, n.2, p.243-248, 2015.
- Nascimento, M. V.; Fernandes, L. R. S. G.; Xavier, R. C.; Benett, K. S. S.; Silva, L. M. Adubação fosfatada no cultivo de hortaliças produtoras de raízes. *Revista de Agricultura Neotropical*, v.4, s.1, p.8-16. 2017.
- _____; Silva Junior, R. L.; Fernandes, L. R.; Xavier, R. C.; Benett, K. S. S.; Seleguini, A.; Benett, C. G. S. Manejo da adubação nitrogenada nas culturas de alface, repolho e salsa. *Revista de Agricultura Neotropical*, v.4, n.1, p.65-71, 2017.
- Oliveira, F. L. D. Manejo orgânico da cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*): adubação orgânica, adubação verde e consorciação. Seropédica: UFRRJ, 2001. Tese de Doutorado.
- Perin, A.; Cruvinel, D. A.; Ferreira, H. dos S.; Melo, G. B.; Lima, L. E. de; Andrade, J. W. de S. Decomposição da Palhada e Produção de Repolho em Sistema Plantio Direto. *Global Science and Technology*, v.8, n.2, p.153-159, 2015.
- Richart, A.; Carmo Lana, M. D.; Schulz, L. R.; Bertoni, J. C.; Braccini, A. D. L. Disponibilidade de fósforo e enxofre para a cultura da soja na presença de fosfato natural reativo, superfosfato triplo e enxofre elementar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, n.4, p.695-705, 2006.

Schoninger, E. L.; Colpo Gatiboni, L.; Ernani, P. R. Fertilização com fosfato natural e cinética de absorção de fósforo de soja e plantas de cobertura do cerrado. *Semina: Ciências Agrárias*, v.34, n.1, p.95-106, 2013.

Silva, G. S. da. Adubação fosfatada e potássica para repolho cultivado em latossolo com teor alto de nutrientes. Jaboticabal: UNESP, 2012. Tese de Doutorado.

Silva, K. S.; Santos, E. D.; Benett, C. G.; Laranjeira, L. T.; Eberhardt Neto, E.; Costa, E. Produtividade e desenvolvimento de cultivares de repolho em função de doses de boro. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.3, p.520-525, 2012.

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. SBCS – Núcleo Regional Sul. [s.l.]. 2016.

Torres, J. L. R.; Araújo, A. S.; Gasparini, B. D. N.; Rodrigues, V.; Barreto, A. C.; Tamburús, A. Y.; Vieira, D. M. S. Desempenho da Alface americana e do Repolho Sobre Diferentes Resíduos Vegetais. *Global Science and Technology*, v.8, n.2, p.87-95. 2015.

Weingartner, S.; Gatiboni, L. C.; Dall'Orsoletta, D. J.; Kurtz, C.; Mussi, M. (2018). Rendimento de cebola em função da dose e modo de aplicação de fósforo. *Revista de Ciências Agroveterinárias (Journal of Agroveterinary Sciences)*, v.17, n.1, p.3-29, 2018.

Yoorin (Fertilizantes Mitsui SA). O adubo fosfatado e corretivo de acidez com micronutrientes. Disponível em: <http://www.yoorin.com.br/pt/home>. Acesso em: 24 ago. 2018.

4 CONCLUSÃO GERAL

Tendo como referência este estudo, é possível concluir que as diferentes fontes de fósforo utilizadas influenciam de maneira semelhante o comportamento produtivo do repolho. Logo, a utilização da adubação fosfatada com termofosfato Yoorin[®] pode ser utilizada na cultura do repolho no oeste de Santa Catarina.