

ANA CAROLINA PIRES JACINTO

SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE MINI ALFACE BIOFORTIFICADAS:
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E RESISTÊNCIA À *Pectobacterium*
carotovorum subsp. *carotovorum*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de
concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de
“Mestre”.

Orientadora:

Prof^ª. Dr^ª. Renata Castoldi

Coorientadores:

Prof^ª. Dr^ª. Nilvanira Donizete Tebaldi

Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel

UBERLÂNDIA
2021

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

J12 2021	Jacinto, Ana Carolina Pires, 1996- SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE MINI ALFACE BIOFORTIFICADAS: CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E RESISTÊNCIA À <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> [recurso eletrônico] / Ana Carolina Pires Jacinto. - 2021. Orientadora: Profa. Dra. Renata Castoldi. Coorientadora: Profa. Dra. Nilvanira Donizete Tebaldi. Coorientadora: Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.360 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações. 1. Agronomia. I. Castoldi, Profa. Dra. Renata, 1982-, (Orient.). II. Tebaldi, Profa. Dra. Nilvanira Donizete, 1970-, (Coorient.). III. Maciel, Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas, 1982-, (Coorient.). IV. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Agronomia. V. Título. CDU: 631
-------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 007/2021, PPGAGRO				
Data:	Sete de julho de dois mil e vinte e um	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	10:45
Matrícula do Discente:	11912AGR001				
Nome do Discente:	Ana Carolina Pires Jacinto				
Título do Trabalho:	Seleção de progênies de mini alface biofortificadas: características agronômicas e resistência à <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Nilvanira Donizete Tebaldi - UFU; José Magno Queiroz Luz - UFU; Pablo Forlan Vargas - UNESP; Renata Castoldi - UFU orientadora da candidata.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dra. Renata Castoldi, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Renata Castoldi, Professor(a) do Magistério Superior**, em 07/07/2021, às 10:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nilvanira Donizete Tebaldi, Professor(a) do Magistério Superior**, em 07/07/2021, às 10:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Magno Queiroz Luz, Professor(a) do Magistério Superior**, em 07/07/2021, às 10:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Pablo Forlan Vargas, Usuário Externo**, em 07/07/2021, às 11:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2788401** e o código CRC **986AF036**.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar uma nova oportunidade a cada amanhecer.

À Nossa Sra. da Abadia por ser intercessora de todos os meus sonhos.

À minha família por todo suporte e por ser meu refúgio nos momentos difíceis, em especial aos meus pais Diva e Ronaldo, e meus irmãos Rafael e Ricardo.

Ao meu esposo Guilherme por ser o principal incentivador de todos os meus projetos.

À minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Renata Castoldi, por ter contribuído tanto para a minha formação, e pela parceria formada desde a graduação.

À minha coorientadora Prof^ª. Dr^ª. Nilvanira Donizete Tebaldi, por todos os ensinamentos e conselhos.

À Universidade Federal de Uberlândia, pela minha formação.

À CAPES pela bolsa ofertada ao longo do mestrado.

Ao Laboratório de Bacteriologia e Virologia Vegetal da Universidade Federal de Uberlândia por ter cedido o isolado de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

À Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo em especial ao meu coorientador Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel, por ter cedido os genótipos utilizados e o espaço para execução do experimento de campo.

Aos servidores Lara Caroline Borges Moreira Mota e José Marques Vilela, por serem tão prestativos, me auxiliando, inclusive nos momentos em que não pude estar presente.

Ao grupo Nupol (Núcleo de Pesquisas em Olericultura) e aos seus integrantes, Diesiele, Letícia, Isadora, Glécia, Larissa e Mateus por terem colaborado com a execução do trabalho.

À todas as pessoas que diretamente ou indiretamente contribuíram para a realização deste projeto.

À todos, muito obrigada!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	2
2.1 A cultura da mini alface	2
2.2 Biofortificação	3
2.3 Podridão mole causada por <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>	4
REFERÊNCIAS	7
CAPÍTULO 2. Performance agronômica de genótipos de mini alface biofortificados em duas épocas de cultivo	11
3 INTRODUÇÃO	13
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
6 CONCLUSÃO	25
CAPÍTULO 3. Seleção de genótipos de mini alface resistentes à <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>	29
3 INTRODUÇÃO	31
4 MATERIAL E MÉTODOS	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	42

RESUMO

JACINTO, ANA CAROLINA PIRES. **Seleção de progênies de mini alface biofortificadas: características agronômicas e resistência à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum***. 2021, 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.¹

A alface é a hortaliça folhosa mais consumida e de maior importância econômica mundial. Aliado a isso, o consumidor brasileiro está cada vez mais à procura de produtos diferenciados, como o segmento de mini alface. Entretanto, a produção da alface é dificultada por inúmeros patógenos, com destaque para a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, causadora da podridão-mole em alface. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho realizar a seleção de genótipos de mini alface biofortificados, com boas características agronômicas e com resistência a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. Os experimentos foram conduzidos em campo e em casa de vegetação (UFU). O delineamento experimental utilizado no experimento de seleção de genótipos de mini alface biofortificados, com boas características agronômicas foi em blocos ao acaso, com 12 tratamentos (11 genótipos de mini alface da geração F_{5:6} e a cultivar de mini alface Purpurita) e quatro repetições. Quando as plantas apresentaram o máximo desenvolvimento vegetativo, avaliaram-se: índice SPAD, diâmetro do caule e da planta, comprimento do caule, altura da planta, número de folhas, massa fresca e resistência ao pendoamento. Já para o teste de resistência ou suscetibilidade, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 13 tratamentos (11 genótipos de mini alface biofortificadas e as cultivares Vitória de Santo Antão – moderadamente resistente e Purpurita - suscetível) e três repetições. A suspensão bacteriana foi inoculada e avaliaram-se: severidade da doença aos 16 dias após a inoculação; área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), calculada separadamente aos 4, 8, 12 e 16 dias após a inoculação, bem como a soma dos dados de todos os dias de avaliação e classe de resistência à doença. Os genótipos UFU 215#1 e UFU 215#2 destacaram-se com resultados superiores para índice SPAD. Os genótipos UFU 66#4, UFU 215#1 e UFU 215#7 apresentaram alta resistência ao pendoamento. Todos os genótipos foram classificados como resistentes ou moderadamente resistentes ao isolado UFU A7 de *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*. Nesse sentido, destacam-se os genótipos UFU 66#3, UFU 66#7 e UFU MC MINIBIOFORT2, pois apresentam as três características associadas em um mesmo genótipo.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*; podridão mole; carotenoides.

¹Comitê orientador: Renata Castoldi – UFU (Orientadora), Nilvanira Donizete Tebaldi e Gabriel Mascarenhas Maciel - UFU

ABSTRACT

JACINTO, ANA CAROLINA PIRES. **Selection of biofortified mini lettuce progenies: agronomic characteristics and resistance to *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum***. 2021, 43 p. Dissertation (Master degree in Agronomy) - Federal University of Uberlândia, Minas Gerais, Brazil.¹

Lettuce is the most consumed and most economically important leafy vegetable in the world. Allied to this, the Brazilian consumer is increasingly looking for differentiated products, such as the mini lettuce segment. However, production is hampered by numerous pathogens, with emphasis on *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, which causes soft rot in lettuce. Thus, the objective of this work was to carry out the selection of biofortified mini lettuce genotypes, with good agronomic characteristics and resistance to *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. The experiments were conducted in the field and in a greenhouse (UFU). The experimental design used in the biofortified mini lettuce genotype selection experiment, with good agronomic characteristics, was in randomized blocks, with 12 treatments (11 mini lettuce genotypes of the F5: 6 generation and the Purpurita mini lettuce cultivar) and four replications. When the plants showed maximum vegetative development, the following were evaluated: SPAD index, stem and plant diameter, stem length, plant height, number of leaves, fresh weight and resistance to tipping. For the resistance or susceptibility test, the experimental design used was completely randomized, with 13 treatments (11 genotypes of biofortified mini lettuce and the cultivars Vitória de Santo Antão - moderately resistant and Purpurita - susceptible) and three replications. The bacterial suspension was inoculated and evaluated: disease severity, evaluated 16 days after inoculation; area under the disease progress curve (AUDPC), calculated separately at 4, 8, 12 and 16 days after inoculation, as well as the sum of data from all days of assessment and disease resistance class. The genotypes UFU 215#1 and UFU 215#2 stood out for their high concentration of (SPAD). The genotypes UFU 66#4, UFU 215#1 and UFU 215#7 showed high resistance to blossoming. All genotypes were classified as resistant or moderately resistant to the UFU A7 isolate from *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*. In this sense, the genotypes UFU 66#3, UFU 66#7 and UFU MC MINIBIOFORT2 stand out, as they have the three associated characteristics in the same genotype.

Key words: *Lactuca sativa*; soft rot; carotenoids.

¹Comitê orientador: Renata Castoldi – UFU (Orientadora), Nilvanira Donizete Tebaldi e Gabriel Mascarenhas Maciel - UFU

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma espécie da família Asteraceae originária de regiões do Mediterrâneo, sendo atualmente a hortaliça folhosa mais consumida e economicamente importante em todo o mundo (PAIM et al., 2020).

O elevado consumo dessa hortaliça está associado ao baixo custo de produção, a não necessidade de extensas áreas para elevada rentabilidade econômica e à busca dos brasileiros por hábitos alimentares mais saudáveis (CARVALHO; KIST; TRICHEL, 2016), já que a folhosa apresenta consideráveis teores de fósforo (20 mg/100g), potássio (141 mg/100g), vitamina C (2,8 mg/100g) e provitamina A (25µg/100g) (DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS - USDA, 2019).

Associado a isto, tem-se o cultivo de mini alfaces, componentes na confecção de saladas diferenciadas. As cultivares de mini alface apresentam tamanho reduzido em comparação às cultivares de versões similares de tamanho normal, sendo seu cultivo uma alternativa viável e rápida para os agricultores (O'CONNELL, 2021).

O maior teor de carotenoides, que são precursores da provitamina A, podem ser encontrados em folhas de alface de coloração mais escuras ou roxas. Estas, além de serem visualmente atraentes, podem ajudar a prevenir várias doenças relacionadas ao estresse oxidativo (ROCHA; REED, 2014). De acordo com Uenojo; Marostica Junior; Pastore (2007), estes pigmentos desempenham alguns papéis fundamentais na saúde humana, sendo essenciais para a visão prevenção de câncer e doenças do coração.

Dessa forma, a obtenção de cultivares ricas em carotenoides podem trazer efeitos benéficos à saúde humana atuando na proteção do organismo e na prevenção de doenças. Aliado ao aumento das propriedades nutracêuticas, as pesquisas realizadas no Brasil visam obter cultivares de alface adaptadas a diversas condições de cultivo, além de resistência à fitopatógenos que causam destruição da cultura, pois essas práticas têm significativa contribuição para a sustentabilidade da alfacicultura (SOUSA et al., 2019; WISEMAN et al., 2017).

Nesse contexto, este trabalho teve por objetivo selecionar progênies de mini alface biofortificadas resistentes a podridão mole e com características agronômicas desejáveis a comercialização em duas épocas de cultivo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da mini alface

A alface (*Lactuca sativa*), pertencente à família Asteraceae, está dentre as hortaliças folhosas mais consumidas e de maior importância econômica mundial. De acordo com dados da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS - ABCSEM (2018), as folhosas representam o segundo grupo mais importante em comercialização, estando atrás apenas do tomate, correspondendo a 15% do volume total de hortaliças produzidas no Brasil.

Consumida principalmente *in natura*, na forma de salada, representa mercado crescente, já que está intimamente correlacionada a alimentação saudável (ABSCSEM, 2018). Apresenta diversidade de formatos de cabeça, tipos e cores de folhas. Entretanto, apesar da diversidade, as variedades americana (47%) e crespa (38,5%) foram as principais comercializadas no ano de 2017 (COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO - CEAGESP, 2017; SALA; COSTA, 2016).

Entretanto, pelo fato do consumidor brasileiro, nas últimas décadas, ter mais acesso a informações, tem demandado produtos diferenciados. Os principais requisitos exigidos pelo consumidor são: diversificação de produtos (novas cultivares e hortaliças mini); produtos com maior qualidade em termos de sabor, tamanho e aparência, praticidade no momento do preparo, durabilidade e produtos orgânicos (ABSCSEM, 2018; CNA, 2017).

As mini alfaces caracterizam-se por apresentarem menores diâmetros de plantas, sendo vantajosas por evitarem desperdícios e, por serem comercializadas sem cortes múltiplos, como ocorre com as alfaces minimamente processadas, restando, dessa forma, a qualidade visual e o conteúdo fitoquímico (O, CONNELL, 2021).

Além disso, a mini alface pode ser colhida em média de 7 a 20 dias mais precocemente do que as alfaces do mesmo grupo, porém de dimensões maiores, indicando maior aproveitamento da área de cultivo, o que pode resultar em maiores

lucros (JAYALATH et al., 2017; WALLACE et al., 2012). Dessa forma, há um real potencial de expansão do mercado de hortaliças de tamanho reduzido.

2.2 Biofortificação

A biofortificação consiste no enriquecimento nutricional dos alimentos, podendo ser realizada de duas formas: pelo manejo da cultura ou por meio do melhoramento genético (convencional ou transgenia) (GRACIANO et al., 2020).

Quando é realizada através do manejo da cultura é denominada de biofortificação agrônômica e, consiste em enriquecer os alimentos com nutrientes ou minerais, especialmente Fe e Zn, através de tratamentos culturais diferenciados (VERGÜTZ et al., 2016).

A biofortificação agrônômica pode ser feita por meio de algumas técnicas, tais como, adubação via solo ou via foliar e tratamento de sementes, que caracterizam como técnicas de menor custo, mais acessíveis e de resultado rápido, pois influencia somente na adubação (LOUREIRO et al., 2018).

Por outro lado, a biofortificação genética é realizada por meio do melhoramento genético vegetal, sendo caracterizada por selecionar ou modificar o material genético das plantas, aumentando, dessa forma, a concentração de nutrientes, minerais e pigmentos nele presentes como provitamina A, betacaroteno e proteínas (GRACIANO et al., 2020).

Como forma de melhorar a alimentação dos brasileiros, especialmente das populações mais carentes, surgiram projetos objetivando diminuir a desnutrição e garantir maior segurança alimentar através do aumento dos teores de ferro, zinco e vitamina A na dieta da população. O processo de biofortificação genética é feito através de cruzamentos de plantas de mesma espécie, gerando cultivares mais nutritivas, sendo este conhecido como melhoramento genético convencional (BETEMPS, 2015).

Há diversos estudos na literatura com biofortificação de alimentos, tais como: batata-doce com alto teor de beta-caroteno, fonte de pró-vitamina A (ALVES et al., 2012); cultivares de alface com alto teor de zinco (GRACIANO et al., 2020); seleção de cultivares de feijão caupi, milho, trigo, e arroz; ricos em ferro e zinco (NUTTI et al., 2009; RIOS et al., 2009); e divergência genética entre genótipos de alface

biofortificados e com boas características agronômicas (CASSETARI et al., 2015; JACINTO et al., 2019; SILVEIRA et al., 2019).

De acordo com WHO/UNIVF (2004), as principais estratégias que auxiliam o combate às deficiências nutricionais nos países em desenvolvimento são: diversificação da dieta alimentar, suplementação de vitaminas e minerais e fortificação dos alimentos com nutrientes por meio de tecnologias pós-colheita. Porém, todos esses processos dependem de infraestruturas de mercado e sistemas de saúde altamente funcionais que permitam o acesso das populações aos produtos gerados.

Dessa forma, a introdução de produtos agrícolas biofortificados, através de cultivares melhoradas, que apresentem maior conteúdo de minerais e vitaminas, além de complementar as intervenções em nutrição existentes, proporcionam maior sustentabilidade e custo mais baixo para produtores e consumidores, comparativamente as tecnologias pós-colheita (RIOS et al., 2009).

A alface é uma importante hortaliça folhosa, conhecida como um dos vegetais mais eficientes na absorção de minerais. Além disso, as *baby leaf* cresceram muito em popularidade nos últimos anos, sendo vegetais prontos para consumo e por serem boas fontes de vitaminas e minerais (SAGO; WANTANABE; MINAMI, 2018). Dessa forma, qualquer estratégia que vise melhorar a quantidade de vitaminas e minerais presentes neles, pode ser uma alternativa de redução de doenças crônicas e desnutrição, principalmente em populações mais carentes.

O déficit de vitamina A representa sério problema de saúde pública em diversas partes do mundo, podendo levar a perda de visão. A disponibilidade de alimentos saudáveis contendo expressiva quantidade de frutas, hortaliças e legumes e, conseqüentemente, de carotenoides, em longo prazo podem reduzir os fatores de risco cardiovascular (como hipertensão e colesterol), diabetes, algumas formas de câncer, dentre outros benefícios (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE- OPAS, 2021).

2.3 Podridão mole causada por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*

No Brasil já foram descritas as seguintes espécies de bactérias em alface: *Burkholderia cepacia*, *Dickeya* sp., *Enterobacter cloacae*, *Pantoea agglomerans* (sin.: *Erwinia herbicola*), *Pectobacterium atrosepticum* (sin.: *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*), *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, *Pseudomonas aeruginosa*, *P.*

cichorii, *P. fluorescens*, *P. marginalis*, *P. viridiflava*, *P. viridilivida*, *Rhizobium radiobacter* (sin.: *Agrobacterium tumefaciens*), *Serratia marcescens* e *Xanthomonas axonopodis* pv. *vitians* (COLARICCIO; CHAVES, 2017).

De todas estas espécies listadas, seguramente as que causam os principais danos são aquelas relacionadas aos sintomas de podridão mole causados pelos gêneros *Dickeya*, *Pectobacterium*, *Enterobacter*, *Serratiae* e também *Pseudomonas cichorii* (COLARICCIO; CHAVES, 2017).

A podridão mole, cujo agente causal é a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* é pertencente à Família Enterobacteriaceae e gênero *Pectobacterium*. As espécies pertencentes a esse gênero são gram-negativas, anaeróbicas facultativas, móveis por flagelos petríquios. Em meio de cultura têm crescimento ótimo entre 28 a 30°C, formando colônias pigmentadas de coloração creme, opacas, circulares, e com bordos irregulares (MARIANO et al., 2005).

O gênero *Pectobacterium* foi inicialmente denominado de *Erwinia*, formado pelos grupos: Amylovora, Carotovora, e Herbicola (WINSLOW et al., 1917) e, posteriormente, foi separado em quatro grupos filogenéticos: Grupo I: *Erwinia amylovora*, e *Erwinia psidii*; Grupo II: *Pectobacterium*; Grupo III: *Brenneria* (*E. alni*, *E. nigrifluores*); Grupo IV: *Pantoea*; (HAUBEN et al., 1998).

Espécies de *Pectobacterium* são denominadas de pectobactérias porque são produtoras de enzimas pectinolíticas, que atuam na lamela média. O tecido afetado se desintegra em uma massa pastosa de células desorganizadas rodeadas por bactérias e suas enzimas, levando ao sintoma de podridão mole. A maceração do tecido vegetal é resultante da perda de componentes da parede celular e liberação de fluidos celulares (KADO, 2010).

A podridão mole é uma das doenças mais destrutivas para a cultura, podendo ser limitante para o desenvolvimento da alface, principalmente em condições favoráveis de temperatura e umidade. Em condições de campo é verificada principalmente no verão, já que as condições ideais para crescimento do patógeno são: temperatura elevada (próxima de 30°C) e alta umidade do solo. A bactéria é capaz de sobreviver no solo, em restos culturais, em superfícies de equipamentos e na água, sendo disseminada pela água de irrigação, por insetos, sementes e implementos contaminados (LOPES; QUEZADO-DUVAL; REIS, 2010).

A penetração ocorre através de ferimentos ou aberturas naturais, localizando-se nos espaços intercelulares dos tecidos parenquimatosos e eventualmente no tecido vascular (PÉROMBELON; KELMAN, 1980).

Os sintomas são caracterizados inicialmente por murcha das folhas mais velhas e pigmentação das folhas de cor rosa a marrom. Progressivamente a medula do caule torna-se encharcada, macerada e esverdeada, podendo ocasionar apodrecimento total da planta (FÉLIX et al., 2014).

O controle da doença é dificultado, devido à elevada capacidade de sobrevivência da fitobactéria em restos culturais, água e solo; ampla gama de hospedeiros e alta variabilidade genética (FÉLIX et al., 2014).

Embora produtores utilizem produtos à base de casugamicina e sulfato de cobre, para o controle da doença (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, 2019), ainda não existem produtos eficazes registrados para o controle de podridão mole em alface.

Portanto, o uso de cultivares resistentes é o método de controle mais viável e o mais eficiente, principalmente se levar em consideração o fato de que a alface, assim como outras hortaliças, apresenta o ciclo biológico curto e, os produtos fitossanitários podem se acumular no órgão a ser comercializado, causando sérios prejuízos a saúde humana.

A resistência de genótipos a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* foi constatada em várias hortaliças como em: pack choi (KOH et al., 2013), batata (AZADMANESH et al., 2017) e alface (FÉLIX et al., 2014).

Apesar destes relatos, são poucos os trabalhos com resistência de genótipos de alface a podridão mole, principalmente para a mini alface biofortificada. Posto isto, se torna necessário o desenvolvimento de genótipos que sejam resistentes a esta doença que além de ser de difícil controle pode levar a perdas severas.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS - ABSCM. **3º Seminário Nacional de Folhosas é sucesso em Campinas (SP)**. Campinas, SP, 2018. Disponível em: <https://www.abcsem.com.br/revista-eletronica-da-abcsem>. Acesso em: 01 jan. 2020.
- ALVES, R. M. V.; ITO, D.; CARVALHO, J. L. V.; MELO, W.F.; GODOY, R. L.O. Estabilidade de farinha de batata-doce biofortificada. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 59-71, 2012.
- AZADMANESH, S.; MOZAFARI, J.; HASANZADEH, N.; MOSLEMKHANI, C. In vitro evaluation of potato genotypes for resistance against bacterial soft rot (*Pectobacterium carotovorum*) – a new tool for studying disease resistance. **Journal of Plant Protection Research**, Poznań, v. 57, n. 1, p.1–8, 2017.
- BETEMPS, C. **Alimentos biofortificados buscam reduzir a desnutrição da população**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3254365/alimentos%20biofortificados-buscam-reduzir-a-desnutricao-da-populacao>. Acesso em: 25 maio 2019.
- CARVALHO, C.; KIST, B. B.; TREICHEL, M. **Anuário Brasileiro das hortaliças**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 64 p.
- CASSETARI, L.S.; GOMES, M.S.; SANTOS, D.C.; SANTIAGO, W.D.; ANDRADE, J.; GUIMARÃES, A.C.; SOUZA, J.A.; CARDOSO, M.G.; MALUF, W.R.; GOMES, L.A. β -Carotene and chlorophyll levels in cultivars and breeding lines of lettuce. **Acta Horticulturae**, Lisboa, v. 1083, p. 469-474, 2015.
- COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO - CEAGESP. **Conheça os benefícios da alface crespa, o produto destaque da semana (27/12)**. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/comunicacao/noticias/%ef%bb%bfconheca-os-beneficios-da-alface-crespa-o-produto-destaque-da-semana-2712/>. Acesso em: 01 jan. 2020.
- CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Mapeamento e qualificação da cadeia produtiva das hortaliças do Brasil**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/bibliotecas/livro_final3_mapeamento_e_q uantificacao_da_cadeia_de_hortalicas_08.pdf. Acesso em: 01 jan. 2020.
- COLARICCIO, A.; CHAVES, A.L.R. **Aspectos Fitossanitários da Cultura da Alface**. São Paulo: Instituto Biológico. 2017. 126p. (Instituto Biológico. Boletim Técnico 29).
- CONNELL, S.O. Miniature Head Lettuce Yield and Anthocyanin Concentration under High Tunnels and the Field in Georgia. **Hort Technology**, Alexandria, v.31, p.53-63, 2021.

FÉLIX, K. C. S.; OLIVEIRA, W. J.; MARIANO, R. L. R.; SOUZA, E. B. Selection for lettuce genotypes resistance to soft rot caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 71, p. 287-291, 2014.

GRACIANO, P. D.; JACINTO, A. C. P.; SILVEIRA, A. J.; CASTOLDI, R.; LIMA, T. M.; CHARLO, H. C. O.; SILVA, I. G.; MARIN, M. V. Agronomic biofortification with zinc in curly lettuce cultivars. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.15, p.1-9, 2020.

HAUBEN, L.; MOORE, E. R.; VAUTERIN, L.; STEENACKERS, M.; MERGAERT, J.; VERDONCK, L.; SWINGS, J. Phylogenetic position of phytopathogens within the Enterobacteriaceae. **Systematic and Applied Microbiology**, [s.l.], v.21, p.384-397, 1998.

JACINTO, A.C.P.; SILVEIRA, A.J.; CASTOLDI, R.; MACIEL, G.M.; SIQUIEROLI, A.C.S.; MENDONÇA, T.F.N.; SOUZA, A.P.; MARIN, M.V.; BRAZ, L.T. Genetic diversity, agronomic potential and reaction to downy mildew in genotypes of biofortified mini lettuce. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 18, n. 1, p.1-10, 2019.

JAYALATH, T.C.; BOYHAN, G.E.; LITTLE, E.L.; TATE, R.I.; O'CONNELL, S. High tunnel and field system comparison for spring organic lettuce production in Georgia **Horticultural Science**, República Tcheca v. 52, n. 11, p. 53-63, 2017.

KADO, C.I. **Plant Bacteriology**. Saint Paul: APS Press, 2010.336p.

KOH, Y.; PARK, J.; AHMED, N.U.; JUNG, H.; KANG, K.; HUR, Y.; LIM, Y.; NOU, N. Aumento da resistência à podridão-mole (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*) em *Brassica rapa* transgênica. **European Journal Plant Pathology**, [s.l.], v.136, p. 317–322, 2013.

LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; REIS, A. **Doenças da alface**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2010. 68 p.

LOUREIRO, M. P.; CUNHA, L. R.; NASTARO, B. T.; PEREIRA, K. Y. S.; NEPOMOCENO, M. L. Biofortificação de alimentos: problema ou solução? **Segurança Alimentar Nutrição**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 66-84, 2018.

MARIANO, R.L.P.; SILVEIRA, E.B.; ALVORADI, I.C.M; SILVA, A.M.F. Bactérias pectinolíticas dos gêneros *Pectobacterium* e *Dickeya*. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v.2, p.121-153, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 28 maio 2019.

NUTTI, M. R. *et al.* Biofortificação do feijão-caupi no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI. **Anais [...]**. Teresina: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 1 CD-ROM.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **Public food procurement and service policies for a healthy diet.** Suíça: World Health Organization, 2021. 74 p.

PAIM, B.T.; CRIZEL, R.L.; TATIANE, S.J.; RODRIGUES, R.; ROMBALDI, C.V.; GALLI, V. Mild drought stress has potential to improve lettuce yield and quality. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 272, p. 1-7, 2020.

PÉROMBELON, M.; KELMAN, A. Ecology of the soft rot *Erwinia*. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.12, p.361-387, 1980.

RIOS, S. A.; ALVES, K. R.; COSTA, N.M.B.; MARTINO, H.S.D. Biofortificação: culturas enriquecidas com micronutrientes pelo melhoramento genético. **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, p.713-718, 2009.

ROCHA, D.S., REED, E. Pigmentos naturais em alimentos e sua importância para a saúde. **Journal Environmental Sciences and Health**, Goiânia, v.41, n.1, p.76–85, 2014.

SAGO, Y.; WATANABE, N.; MINAMI, Y. Zinc biofortification of hydroponic baby leaf lettuce grown under artificial lighting with elevated wind speed and root zone temperature. **Journal of Agricultural Meteorology**, Japan, v.74, n.4, p.173-177, 2018.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Melhoramento de alface. In: NICK, C.; BORÉM, A. **Melhoramento de hortaliças**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2016. p. 95-127.

SILVEIRA, A.J.; FINZI, R.R.; CABRAL NETO, L.D.; MACIEL, G.M.; BELOTI, I.F.; JACINTO, A.C.P. Genetic dissimilarity between lettuce genotypes with different levels of carotenoids biofortification. **Nativa**, Sinop, v.7, n.6, p.656-660, 2019.

SOUSA, L.A.; JACINTO, A.C.P.; SILVEIRA, A.J.; CASTOLDI, R.; MACIEL, G. M.; BELOTI, I.F. Agronomic potential of biofortified crisphead lettuce (*Lactuca sativa*) and its reaction to Root-knot nematodes. **Australian Journal Crop of Science**, Melbourne, v.13, n.5, p.773-779, 2019.

UENOJO, M.; MAROSTICA JUNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, São Paulo, v.30, n.3, p.616-622, 2007.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release.** USA, 2019. Disponível em: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/301895>. Acesso em: 01 abr. 2019.

VERGÜTZ, L.; LUZ, J. M. R.; SILVA, M. C. S.; KASUYA, M. C. M. Biofortificação de alimentos: saúde ao alcance de todos. **Boletim Informativo da SBCS**, Viçosa: MG, v. 42, n. 2, p. 20-23, 2016.

WALLACE, R.W.; WSZELAKI, A.L.; MILES, C.A.; COWAN, J.S.; MARTIN, J.; ROZEN, J.; GUNDERSON, B.; INGLIS, D.A. Lettuce yield and quality when grown in

high tunnel and open-field production systems under three diverse climates. **Hort Technology**, Alexandria, v. 22, n. 5, p. 53-63, 2012.

WINSLOW, C. E. .A.; BROADHURST, J.; BUCHANAN, R. E.; KRUMWIEDE JUNIOR, C.; ROGERS, L.A.; SMITH, G. H. The families and genera of the bacteria. Preliminary report of the Committee of the Society of American Bacteriologists on characterization and classification of bacterial types. **Journal of Bacteriology**, Washington, v.2, p.505-566, 1917.

WISEMAN, E.M.; DADO, S.B.; REIFEN, R. The vicious cycle of vitamin a deficiency: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 57, n. 17, p. 3703-3714, 2017.

WHO/UNICEF. **World Health Organization/Fundo das Nações Unidas para a Infância, Focusing on anaemia**. 2004. Disponível em: http://www.who.int/topics/anaemia/en/who_unicefanaemiastatement.pdf. Acesso em: 17 jun. 2020.

CAPÍTULO 2. Performance agronômica de genótipos de mini alface biofortificados em duas épocas de cultivo

RESUMO

A alfacicultura apresenta demanda crescente por produtos diferenciados como o segmento de mini alface com elevada qualidade e enriquecidas nutricionalmente. Objetivou-se com este trabalho realizar a seleção de genótipos de mini alface biofortificados com características morfoagronômicas desejáveis a comercialização. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Hortaliças, da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo. Os experimentos foram conduzidos em duas épocas de cultivo (outono/inverno e primavera/verão). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 12 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de 11 genótipos de mini alface (UFU 66#3, UFU 66#4, UFU 66#7, UFU 66#8, UFU 215#1, UFU 215#2, UFU 215#6, UFU 215#7, UFU 215#10, UFU 215#13 e UFU MC MINIBIOFORT2) e a cultivar de mini alface Purpurita. A parcela experimental foi constituída por quatro linhas de plantio, contendo 28 plantas cada, sendo considerada para as avaliações 10 plantas centrais de cada parcela. Quando as plantas apresentaram o máximo desenvolvimento vegetativo, avaliaram-se: índice SPAD, diâmetro do caule, diâmetro da planta, comprimento do caule, altura da planta, número de folhas por planta, massa fresca e resistência ao pendoamento. Os dados obtidos foram submetidos a testes de pressuposições, posteriormente realizou-se a análise conjunta e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Houve interação significativa entre genótipos e época de plantio para todas as características avaliadas, exceto para massa fresca. Para a maioria das características os genótipos obtiveram ótimo desempenho quando cultivados no período do inverno, devido às condições favoráveis ao desenvolvimento da alface, podendo ser cultivados nessa época. Todos os genótipos avaliados são biofortificados, entretanto, se destacam os genótipos UFU 215#1 e UFU 215#2, por apresentarem maior índice SPAD em relação ao parental Uberlândia 10.000. Os genótipos UFU 66#4, UFU 215#1 e UFU 215#7 apresentam alta tolerância ao pendoamento, se assemelhando a cultivar Purpurita, podendo ser recomendado para o cultivo de verão.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*; baby leaf; carotenoides; pendoamento

ABSTRACT

Alficultura has a growing demand for differentiated products such as the mini lettuce segment, with high quality and nutritionally enriched. The objective of this work was to carry out the selection of biofortified mini lettuce genotypes with desirable morpho-agronomic characteristics for commercialization. The experiment was conducted at the Experimental Vegetable Station, at the Federal University of Uberlândia, Campus Monte Carmelo. The experiments were carried out in two growing seasons (autumn / winter and spring / summer). The experimental design was in randomized blocks, with 12 treatments and four replications. The treatments consisted of 11 mini lettuce genotypes (UFU 66#3, UFU 66#4, UFU 66#7, UFU 66#8, UFU 215#1, UFU 215#2, UFU 215#6, UFU 215#7, UFU 215#10, UFU 215#13 and UFU MC MINIBIOFORT2) and the Purpurita mini lettuce cultivar. The experimental plot was constituted of four planting lines, containing 28 plants each, being considered for the evaluations 10 central plants of each plot. When the plants showed maximum vegetative development, the following were evaluated: SPAD index, stem diameter, plant diameter, stem length, plant height, number of leaves per plant, fresh weight, productivity and resistance to budding. The data obtained were subjected to assumption tests, then the joint analysis was performed and the means were compared using the Scott-Knott test at 5% significance. There was a significant interaction between genotypes and planting time for all traits evaluated, except for fresh weight. For most traits, genotypes achieved excellent performance when grown in the winter period, due to the favorable conditions for the development of lettuce, which can be grown at this time. All genotypes evaluated are biofortified, however, the UFU 215#1 and UFU 215#2 genotypes stand out, as they have a higher SPAD index in relation to the parental / witness Uberlândia 10,000. The genotypes UFU 66#4, UFU 215#1 and UFU 215#7 have high tolerance to budding, resembling the Purpurita cultivar, and can be recommended for summer cultivation.

Keywords: *Lactuca sativa*; baby leaf; carotenoids; bolting

3 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa*) é considerada a hortaliça folhosa mais consumida e de maior importância econômica mundial. Estima-se que a produção de alface no Brasil, esteja em torno de 671.509 toneladas, sendo a 5ª hortaliça mais produzida (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI; FRUTI, 2020).

Entretanto, o consumidor brasileiro tem tido mais acesso a informações, e por isso tem demandado produtos diferenciados. Dentre esses produtos, destacam-se as “*baby leaf*”, que têm ganhado popularidade nos últimos anos (HORTIFRUTI BRASIL, 2013).

O conceito de *baby leaf* ou mini alface se baseia na colheita da planta quando as primeiras quatro folhas verdadeiras atingem cerca de 5 a 13 cm ou, aproximadamente 30 dias após o plantio (SIMKO, 2019). Porém, este termo pode referir-se ainda a cultivares específicas para essa finalidade de cultivo, que apresentam características peculiares, além do seu tamanho reduzido, tais como: folhas mais alongadas, limbo foliar mais estreito, folhas mais espessas e nervura central mais grossa. (SALA; COSTA, 2012).

A alface é sensível a condições adversas de temperatura, sendo tradicionalmente mais adaptada às temperaturas amenas, produzindo melhor nas épocas mais frias do ano. Os fatores climáticos podem interferir na produção com destaque para a temperatura e fotoperíodo, os quais estimulam o florescimento precoce, à medida que aumentam (SEDIYAMA et al., 2019). Nesta época também, as chuvas, bem como o calor excessivo prejudicam a qualidade das folhas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2019)

No entanto, a maior demanda por folhosas é no verão, quando as temperaturas estão elevadas e, portanto, a preferência do consumidor é por produtos mais leves. Deste modo, o lançamento de cultivares adaptadas às distintas condições climáticas, principalmente condições de verão, quando se têm elevada pluviosidade e ocorre aparecimento de maior quantidade de doenças, deve ser o foco de programas de melhoramento de alface (SALA; COSTA, 2016).

Além disso, o fato da alface ser uma folhosa encontrada com facilidade nas redes de supermercados e sacolões, qualquer estratégia que possa enriquecê-la nutricionalmente resultaria em inúmeros benefícios à saúde.

Uma destas estratégias é o aumento no teor de carotenoides, precursor da vitamina A. As folhas de alface contêm fibras alimentares, vitaminas B₉ e C e compostos bioativos, como carotenoides e compostos fenólicos (KIM et al., 2016), que contribuem para os benefícios nutricionais humanos.

O controle genético dos carotenoides em alface possui alta herdabilidade (84%) e, portanto, pode ser potencializado via melhoramento genético clássico (CASSETARI et al., 2015). Deste modo, a biofortificação da alface em beta-caroteno pode resultar em um alimento com alto teor de carotenóides.

Portanto, objetivou-se com este trabalho selecionar progênies de mini alface biofortificadas com características agrônômicas desejáveis à comercialização em duas épocas de cultivo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Monte Carmelo, cujas coordenadas geográficas são “18°43’36,03” latitude Sul, “47°31’28,59” longitude Norte e altitude de 903m.

Os experimentos foram conduzidos em duas épocas: outono/inverno (E1), compreendido entre o período de 04 de maio a 30 de julho de 2019 e; primavera/verão (E2), compreendido entre o período de 14 de novembro de 2019 a 20 de fevereiro de 2020.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é temperado úmido, caracterizado por verões quentes e invernos secos, sendo os dados de temperatura e precipitação pluviométrica obtidos pela Estação Meteorológica da Cooxupé (Figura 1).

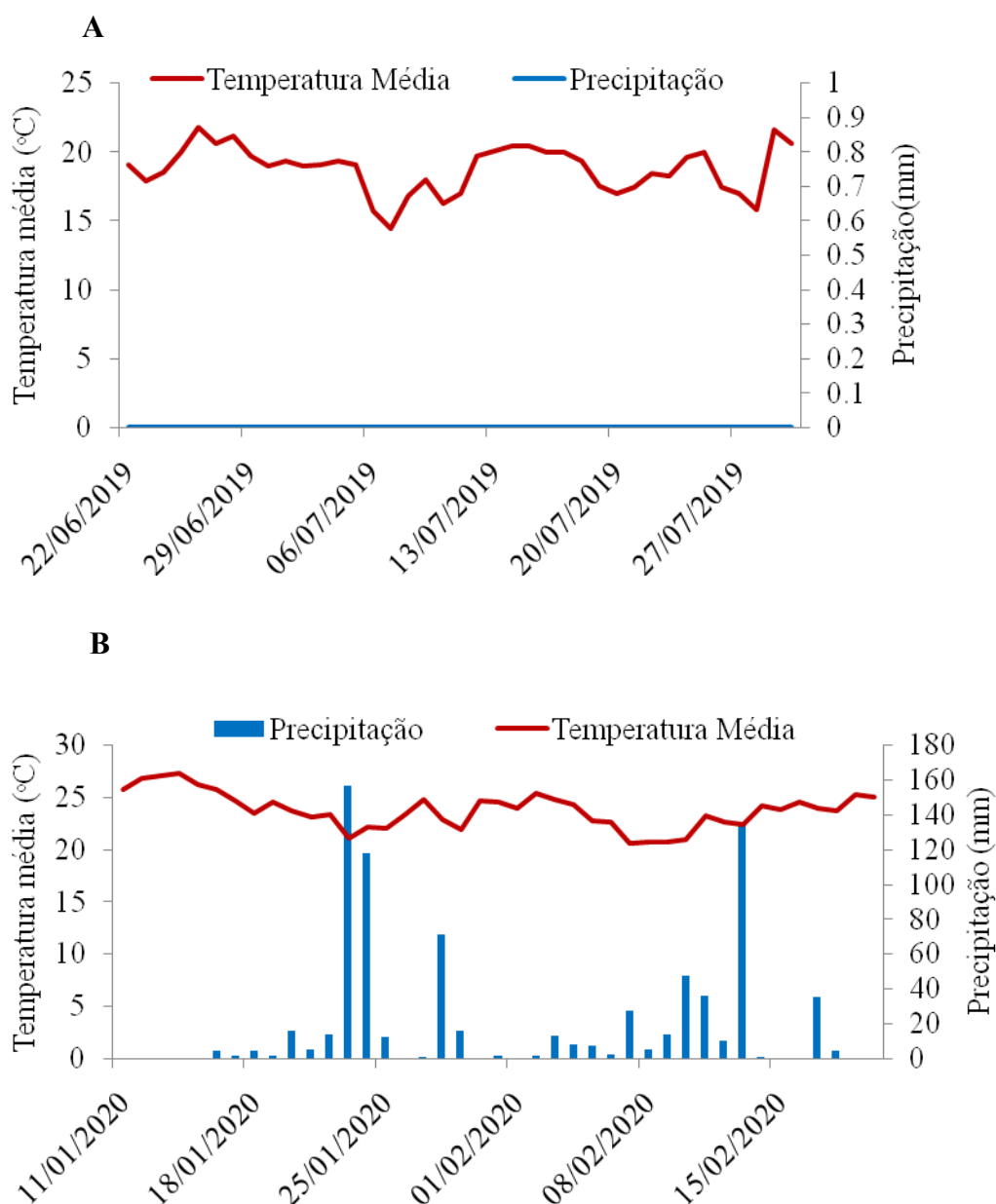


FIGURA 1 - Variação da temperatura média do ar (°C) e da precipitação pluviométrica (mm), no decorrer dos experimentos. A. Experimento outono- inverno. B. Experimento primavera-verão.

Fonte: A autora.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com 12 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de 11 genótipos da geração $F_{5:6}$, provenientes do cruzamento entre a linhagem Uberlândia 10.000 (UDI 10.000) e a cultivar Pira 72 (Belíssima), sendo eles: UFU 66#3, UFU 66#4, UFU 66#7, UFU 66#8, UFU 215#1, UFU 215#2, UFU 215#6, UFU 215#7, UFU 215#10, UFU 215#13, UFU MC MINIBIOFORT2 e a cultivar de mini alface Purpurita.

Os genótipos pertencem ao Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFU, Campus Monte Carmelo e já se encontram previamente selecionados para níveis elevados de carotenoides nas folhas.

Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas de plantio, com 1,05 m de comprimento, dispostas no espaçamento de 0,15 m entre plantas e 0,15 m entrelinhas, sendo consideradas para avaliação dez plantas por parcela, das duas linhas centrais.

As sementeiras foram realizadas em bandejas de poliestireno expandido de 200 células, preenchidas com o substrato a base de fibra de coco Maxfertil®. As mudas foram mantidas em casa de vegetação (7 m x 4 m), coberta com plástico transparente anti UV de 150 micra até o transplante.

Antes da instalação dos experimentos, o solo foi amostrado na profundidade de 0 a 20 cm para análise química e física, apresentando os seguintes resultados: textura muito argilosa= 78% de argila; pH em CaCl_2 = 4,8; P meq= 32,9 mg dm^{-3} ; K= 0,17 cmolc dm^{-3} ; Ca= 2,5 cmolc dm^{-3} ; Mg=0,5 cmolc dm^{-3} ; B= 0,10 mg dm^{-3} ; Cu= 2,8 mg dm^{-3} ; Fe= 31mg dm^{-3} ; Mn=10,7 mg dm^{-3} ; Zn= 7,1 mg dm^{-3} ; H+Al=2,60 cmolc dm^{-3} ; Mn= 10,7 mg dm^{-3} ; Zn= 7,1 mg dm^{-3} ; H+Al= 2,60 cmolc dm^{-3} ; SB= 3,09 cmolc dm^{-3} ; T=5,69 cmolc dm^{-3} ; V(%)= 54%.

Quando as mudas apresentavam de três a cinco folhas definitivas foram transplantadas para canteiros. Antes do transplante, realizou-se a calagem, para elevar a saturação por bases a 70%. A adubação de plantio, tanto no experimento de outono/inverno quanto no de primavera/verão, consistiu de 30 Kg ha^{-1} de N, 300 Kg ha^{-1} de P_2O_5 e 18 Kg ha^{-1} de K_2O , conforme resultados da análise de solo e recomendações propostas por Fontes (1999). Já a adubação de cobertura constou de 30 Kg ha^{-1} de N e 18 Kg ha^{-1} de K_2O aos 15 dias após a adubação de plantio; e de 45 Kg ha^{-1} de N e 27 Kg ha^{-1} de K_2O aos 30 e 45 dias após o transplante, sendo que no experimento de primavera/verão esta última adubação não foi realizada (Fontes, 1999).

Foram realizadas capinas manuais, quando necessário, para o controle de plantas daninhas. Além disso, quando se verificou a incidência de insetos-praga e doenças realizou-se o controle químico utilizando-se para isto produtos registrados para a cultura.

O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão, com dois turnos de rega até atingir a capacidade de campo.

A colheita foi realizada quando as plantas apresentaram o máximo desenvolvimento vegetativo, sendo então avaliados os seguintes caracteres agronômicos: diâmetro do caule (mm), diâmetro da planta (cm), comprimento do caule (cm), altura da planta (cm), número de folhas por planta e massa fresca (g). Parte da parcela de todos os tratamentos permaneceu em campo para a determinação da resistência ao pendoamento, ou seja, número de dias do transplântio até a emissão do pendão floral. O pendoamento não foi avaliado no genótipo UFU 215#10 porque as plantas morreram antes do pendoamento, devido a doenças.

Pela manhã, um dia antes da colheita, o teor de clorofila foi medido em 10 plantas da área útil de cada parcela, em quatro pontos no terço médio de cada planta em folhas recentemente maduras, usando um medidor de clorofila SPAD (Minolta SPAD-502 CFL1030).

Os dados de ambos os experimentos foram testados para determinar se atendiam aos pressupostos da ANAVA de normalidade residual, homogeneidade de variâncias e aditividade a 1% de probabilidade.

Uma vez atendidos os pressupostos, foi realizada a análise conjunta e, quando a interação das épocas foi significativa, os caracteres agronômicos foram submetidos à decomposição e posteriormente comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Para tais análises foi utilizado o software estatístico R: Core Team (2019) e o Agro Estat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

Já para a confecção das figuras, foi utilizado o software SigmaPlot® versão 10 (SYSTAT SOFTWARE Inc., 2006).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas interações significativas entre genótipos e épocas de cultivo para todas as variáveis agronômicas avaliadas (Figuras 2 e 3), exceto para a massa fresca da parte aérea (Figura 3D).

Maiores diâmetros do caule foram observados no cultivo de outono/inverno em relação ao cultivo de primavera/verão (Figura 2A). No cultivo de outono/inverno o

diâmetro do caule dos genótipos variou em 56% entre a cultivar comercial Purpurita (9,42 mm) e o genótipo UFU 66#3 (Figura 2A).

Comportamento semelhante foi observado para a variável diâmetro da planta, ou seja, o cultivo de outono/inverno proporcionou plantas com maiores dimensões em relação ao cultivo de primavera/verão para todos os genótipos avaliados (Figura 2B). Nas duas épocas de cultivo avaliadas, os genótipos UFU 66#3, UFU 66#4, UFU 66#7, UFU 66#8, UFU 215#2, UFU 215#6, UFU 215#7, UFU 215#13 e UFU MC MINIBIOFORT2 apresentaram diâmetros das plantas superiores ao observado na cultivar Purpurita (Figura 2B), a qual é considerada padrão de mercado dentro das cultivares do segmento mini roxa. Os valores de diâmetro da planta observados no presente estudo são próximos aos relatados por Takahashi & Cardoso (2014) com a cultivar Sartre (16,31 cm).

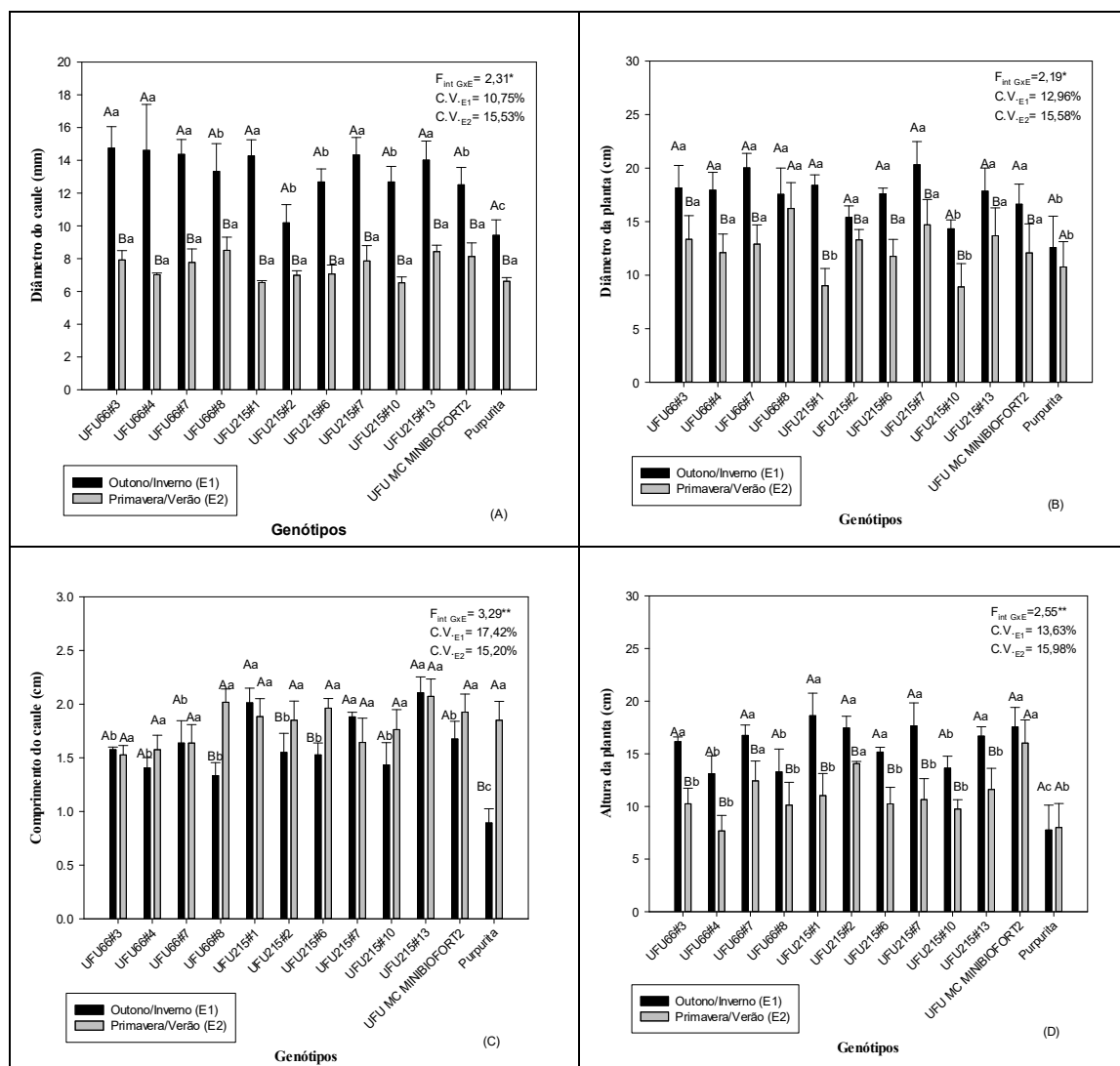


Figura 2 - Valores médios para diâmetro do caule (mm) (A), diâmetro da planta (cm) (B), comprimento do caule (cm) (C) e altura da planta (cm) (D), de 11 genótipos de mini alface biofortificados e para a cultivar de mini alface Purpurita, em duas épocas de cultivo (outono/inverno – E1 e primavera/verão – E2). Monte Carmelo-MG, UFU, 2019-2020. Letras maiúsculas nas barras comparam as épocas de cultivo dentro de cada genótipo e letras minúsculas comparam os genótipos dentro de cada época de cultivo.

Fonte: A autora.

Os genótipos UFU 66#3, UFU 66#4, UFU 66#7, UFU 215#1, UFU 215#7, UFU 215#10, UFU 215#13 e UFU MC MINIBIOFORT2 não tiveram o comprimento do caule influenciado pelas épocas de cultivo (Figura 2C), indicando a possibilidade de alta tolerância

ao pendoamento precoce, pois quando ocorre este distúrbio fisiológico, há aumento no comprimento do caule e, dentro de certos limites, aumento da altura da planta.

O comprimento de caule está relacionado ao pendoamento, visto que, à medida que a planta inicia a fase de florescimento, o caule vai se alongando até a emissão do pendão floral (conhecido como pendoamento). Assim, o comprimento do caule é uma característica importante a ser avaliada na seleção de genótipos tropicais (RESENDE et al., 2010). Segundo esses autores, quanto menor o caule, melhor é a qualidade do vegetal para comercialização e maior sua resistência ao pendoamento.

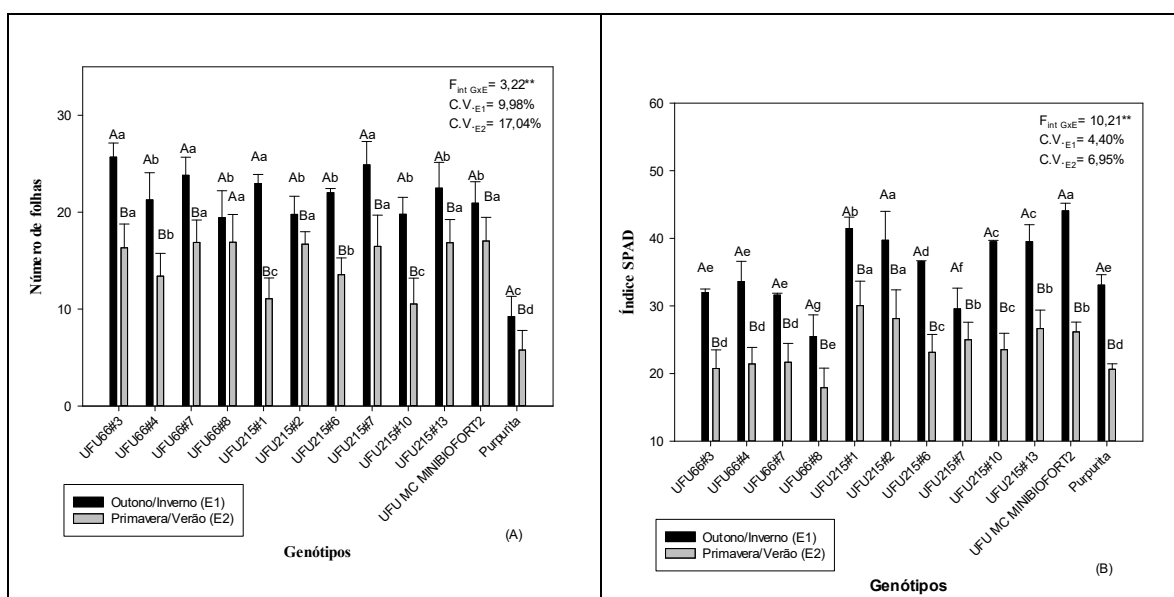
No cultivo de outono/inverno observou-se maior altura de plantas em todos os genótipos avaliados, exceto para a cultivar Purpurita e UFU MC MINIBIOFORT2 (Figura 2D). Os genótipos UFU 66#7, UFU 215#2 e UFU MC MINIBIOFORT2 foram os genótipos que apresentaram altura de plantas superior aos demais genótipos nas duas épocas de cultivo (Figura 2D). De forma semelhante, maior número de folhas foi observado no cultivo de outono/inverno em relação ao de primavera/verão, em todos os genótipos (Figura 3A). Em ambas as épocas de cultivo, os genótipos desenvolvidos na Universidade Federal de Uberlândia apresentaram número de folhas superiores a cultivar Purpurita (Figura 3A), sendo esta uma característica importante de qualidade em mini alface.

Em função do maior diâmetro de caule, número de folhas e/ou diâmetro das plantas no cultivo de outono/inverno (Figuras 2A, 2B e 3A) em todos os genótipos avaliados, a massa fresca da parte aérea no cultivo de outono/inverno foi superior aos valores observados no cultivo de primavera/verão (Figura 3D). Os genótipos UFU 66#3, UFU 66#7, UFU 215#7 e UFU 215#13 foram os que apresentaram maior massa fresca da parte aérea em relação a cultivar padrão Purpurita, nas duas épocas de cultivo (Figura 3D), indicando serem genótipos com alta adaptabilidade e estabilidade fenotípica. Os genótipos anteriormente citados são promissores, pois apresentam características biométricas semelhantes a diversas cultivares comerciais, as quais foram avaliadas e relatadas por Castoldi et al. (2012) e Takahashi & Cardoso (2014).

Ressalta-se que plantas de mini alface devem ter a mesma aparência de uma planta de alface padrão, porém com dimensões menores. Assim, as características diâmetro do caule e da planta, juntamente com comprimento do caule, altura da planta e número de folhas são importantes na definição da arquitetura e aparência de plantas de mini alface, bem como são indicativos de suscetibilidade ao pendoamento precoce. Santana et al. (2012) relatam que

quanto maior o diâmetro do caule, maior é a arquitetura das plantas. Todavia, a arquitetura da planta precisa ser avaliada de forma mais ampla, levando-se em consideração também o número de folhas, diâmetro e altura da planta, pois juntos dão características específicas de porte e compactidade às plantas de mini alface. Portanto, a obtenção de plantas compactas, envolve a seleção de genótipos com diâmetro de caule e da planta adequados, associados à altura relativamente reduzida e com número de folhas por planta próximo ou superior a 15, pois garantem plantas com boa aparência comercial.

As características anteriormente citadas associadas à massa fresca da parte aérea e adaptação às condições tropicais são os principais critérios de seleção de mini alface no Brasil. Neste sentido, no presente estudo, os genótipos UFU 66#3, UFU 66#7, UFU 215#7 e UFU 215#13 confirmam-se como os mais promissores para o lançamento de cultivares comerciais.



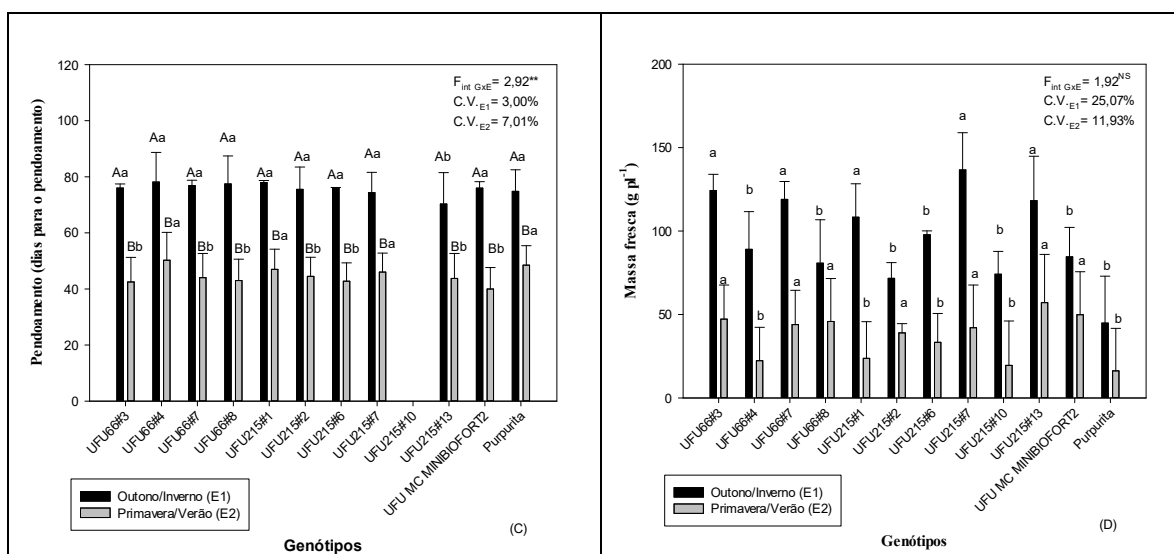


Figura 3 - Valores médios para número de folhas por planta (A), índice SPAD (B), pendoamento (C) e massa fresca (D) de 11 genótipos de mini alface biofortificados e para a cultivar de mini alface Purpurita, em duas épocas de cultivo (outono/inverno – E1 e primavera/verão – E2). Monte Carmelo-MG, UFU, 2019-2020. Letras maiúsculas nas barras comparam as épocas de cultivo dentro de cada genótipo e letras minúsculas comparam os genótipos dentro de cada época de cultivo.

Fonte: A autora.

Além destas características biométricas, um dos principais objetivos do melhoramento genético é a alface tropicalizada, caracterizada pela tolerância ao pendoamento, o que permite a adaptação de cultivo a condições climáticas de alta temperatura e pluviosidade, comuns nas regiões tropicais brasileiras (SALA; COSTA, 2016). Nesse sentido, os genótipos UFU 66#4, UFU 215#1 e UFU 215#7 e a cultivar Purpurita foram os que manifestaram maior tolerância ao pendoamento precoce com cerca de 46 a 50 dias para o pendoamento no cultivo de verão (Figura 3C).

O pendoamento envolve a emergência prematura de um caule florido, que ocorre quando os dias são longos e as temperaturas altas, tornando-os impróprios para comercialização, devido à produção de látex, associado a um sabor amargo (AQUINO et al., 2014).

O índice SPAD é utilizado para medir indiretamente o teor de clorofila. Além disso, Cassetari et al. (2015) verificou que o teor de clorofila apresenta alta correlação (81%) com o teor de carotenoides. Dessa forma, os genótipos UFU 215#2 e UFU MC MINIBIOFORT2 cultivados no outono/inverno e UFU 215#1 e UFU 215#2 cultivados na primavera/verão,

promissores em termos de biofortificação, sendo estatisticamente superiores aos demais genótipos avaliados (Figura 3B). A biofortificação desses genótipos é confirmada em outros estudos (JACINTO et al., 2019; MACIEL et al., 2019). Além disso, o genótipo UFU MC MINIBIOFORT2 foi registrado no Ministério da Agricultura e Pecuária (Processo número 35.967) como uma cultivar de mini alface biofortificada em carotenóides.

No entanto, todos os genótipos aqui estudados podem ser considerados biofortificados uma vez que seus índices SPAD variaram de 25,48 (UFU 66#8) a 44,06 (UFU MC MINIBIOFORT2) no outono/inverno e 17,91 (UFU 66#8) a 30,04 (UFU 215#1) na primavera/verão (Figura 3B), superiores aos registrados para a linhagem UDI 10.000, que é usada como padrão para o teor de carotenóides ao qual apresentou cerca de 16,22 e 19,00 para índice SPAD na primavera/verão e outono/inverno, respectivamente (JACINTO et al., 2019; MACIEL et al., 2019). Dada a correlação entre a clorofila total e os carotenóides totais (KLOOSTER et al., 2012), todos os genótipos podem ser selecionados para programas de melhoramento visando a alface rica em carotenóides.

Como esperado, o desempenho agrônômico dos genótipos no cultivo de outono/inverno foi superior ao de primavera/verão. Isso pode ser atribuído à origem mediterrânea da alface, que se adapta melhor a climas mais temperados. Como as temperaturas durante a estação outono/inverno variaram entre 14 e 23 °C sem chuva, e as da primavera/verão variaram de 23 a 29°C com chuva, as condições climáticas na primeira eram mais próximas das do centro de origem das plantas, resultando em melhor desenvolvimento, apesar de seu tamanho menor.

Todavia, vale ressaltar que, em ambas as épocas de cultivo, todos os genótipos apresentaram desempenho agrônômico superior a cultivar Purpurita, em especial os genótipos UFU 66#3, UFU 66#7, UFU 215#7 e UFU 215#13. Isto está relacionado ao fato de que tais genótipos foram previamente melhorados e selecionados com elevados teores de carotenoides pela Universidade Federal de Uberlândia para adaptação a condições tropicais.

6 CONCLUSÃO

Os genótipos avaliados são biofortificados com destaque para UFU 215#1 e UFU 215#2.

Os genótipos UFU 66#4, UFU 215#1 e UFU 215#7 apresentam alta tolerância ao pendoamento, se assemelhando a cultivar Purpurita, sendo recomendados para o cultivo de verão.

Todos os genótipos apresentaram bom desempenho no cultivo de inverno.

REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI. **Folhosas vegetables**. Santa Cruz do Sul, 2020. Disponível em: <https://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2020/>. Acesso em: 25 maio 2020.
- AQUINO, C. R.; SEABRA JUNIOR, S.; CAMILLI, E. C.; DIAMANTE, M. S.; PINTO, E. S. C. Produção e tolerância ao pendoamento de alface-romana em diferentes ambientes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, p.558-566, 2014.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat: Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos**. Versão 1.1.0.711. Jaboticabal: Unesp, 2015.
- CASSETARI, L. S.; GOMES, M. S.; SANTOS, D. C.; SANTIAGO, W.D. ANDRADE, J.; GUIMARÃES, A.C.; SOUZA, J.A.; CARDOSO, M.G.; MALUF, W.R.; GOMES, L.A. β -Carotene and chlorophyll levels in cultivars and breeding lines of lettuce. **Acta Horticulturae**, Lisboa, v. 1083, p. 469-474, 2015.
- CASTOLDI, R.; DE ANDRÉ, E.A.; BRAZ, L.T.; CHARLO, H.C.O. Performance of cultivars of crisp mini-lettuce with respect to ground cover and spacing, in three planting times. **Acta Horticulturae**, Lisboa, v. 936, p. 379-384, 2012.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Boletim Hortigranjeiro**, v.5, n.1, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/hortigranjeiros-prohort/boletim-hortigranjeiro>. Acesso em: 04 maio 2020.
- FONTES, P.C.R. Alface. In: A. C. RIBEIRO.; P. T. G. GUIMARÃES.; V. H. A. ALVAREZ (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999, p.177.
- HORTIFRUTI BRASIL. **Mini e “Baby” frutas e hortaliças**. 2013. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/capa/o-mercado-de-mini-e-baby-hf-e-gigante.aspx>. Acesso em 07 jul. 2020.
- JACINTO, A.C.P.; SILVEIRA, A.J.; CASTOLDI, R.; MACIEL, G.M.; SIQUIEROLI, A.C.S.; MENDONÇA, T.F.N.; SOUZA, A.P.; MARIN, M.V.; BRAZ, L.T. Genetic diversity, agronomic potential and reaction to downy mildew in genotypes of biofortified mini lettuce. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 18, n. 1, p.1-10, 2019.
- KIM, M. J.; MOON, Y.; TOU, J. C.; MOU, B.; WATERLAND, N. L. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Journal of Food Composition and Analysis**, [s.l.], v.49, p.19–34, 2016.
- KLOOSTER, W.S.; CREGG, B.M.; FERNANDEZ, R.T.; NZOKOU, P. Growth and physiology of deciduous shade trees in response to controlled release fertilizer. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.135, p.71–79, 2012.

MACIEL, G.M.; GALLIS R.B.A.; BARBOSA, R.L.; PEREIRA, L.M.; SIQUEROLI, A.C.S.; PEIXOTO, J.V.M. Image phenotyping of inbred red lettuce lines with genetic diversity regarding carotenoid levels. **Int J Appl Earth Obs Geoinformation**, Enschede, v.81, p.154–160, 2019.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 05 mar. 2020.

RESENDE, G.M.; ALVARENGA, M.A.R.; YURI J.E.; SOUZA, R.J. Yield and postharvest quality of winter growing crisphead lettuce as affected by doses of nitrogen and molybdenum. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 441- 445, 2010.

SALA F.C.; COSTA, C.P. Retrospectiva e tendência da alfaceicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.30, p. 187-194, 2012.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. Melhoramento de alface. *In*: NICK, C.; BORÉM, A. **Melhoramento de hortaliças**. Viçosa, UFV, 2016, p.98-127.

SANTANA, C. T.; SANTI, A.; DALLACORT, R.; SANTOS, M.L.; MENEZES, C.B. Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 22-29, 2012.

SEDIYAMA, M. A. N.; RIBEIRO, J. M. O.; PEDROSA, M. W. PEREZ, A. L. Alface (*Lactuca sativa* L.). *In*: PAULA JÚNIOR, T.J.; VENZON, M. **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. 2 ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 2019, p.58-66.

SIMKO, I. Genetic variation and relationship among content of vitamins, pigments, and sugars in baby leaf lettuce. **Food Science & Nutrition**, Malden, v. 7, p. 3317–3326, 2019.

SYSTAT SOFTWARE Inc. – SSI. **Sigmaplot for Windows, version 10**. 2006. Disponível em: <https://www.systat.com/products/sigmaplot/>. Acesso em: 04 mar. 2020.

TAKAHASHI, K.; CARDOSO, A. II. Plant density in production of mini lettuce cultivars in organic system management. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.32, p.342-347. 2014.

CAPÍTULO 3. Seleção de genótipos de mini alface resistentes à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*

RESUMO

O uso de cultivares resistentes é o método de controle mais viável para podridão-mole em alface, visto que não existem produtos registrados para a cultura. Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo selecionar genótipos de mini alface resistentes a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na estação Experimental de Hortaliças e no Laboratório de Bacteriologia Vegetal (LABAC), ambos pertencentes à Universidade Federal de Uberlândia. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 13 tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram de 11 genótipos de mini alface biofortificadas da geração F_{5:6}, pertencentes ao Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFU, Campus Monte Carmelo (UFU 66#3, UFU 66#4, UFU 66#7, UFU 66#8, UFU 215#1, UFU 215#2, UFU 215#6, UFU 215#7, UFU 215#10, UFU 215#13, e UFU MC MINIBIOFORT2) e duas cultivares de alface comerciais (Vitória de Santo Antão, considerada moderadamente resistente e Purpurita, considerada suscetível). Cada parcela experimental foi constituída por 3 vasos, contendo 3 plantas cada, e um vaso contendo a testemunha (sem inoculação com a suspensão bacteriana). Aos 35 dias após a semeadura, as plantas foram inoculadas na região central do caule com 50µL da suspensão bacteriana e submetidas a 12 horas de câmara úmida. Avaliaram-se: severidade da doença aos 16 dias após a inoculação; área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), calculada separadamente aos 4, 8, 12 e 16 dias após a inoculação, bem como, pela soma dos dados de todos os dias de avaliação e; classe de resistência à doença. Após a obtenção dos dados, estes foram submetidos a testes de pressuposições da ANAVA. Atendidas as pressuposições, as médias dos tratamentos foram comparadas para severidade da doença e para o somatório da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), utilizando o teste de Scott-Knott com significância de 5%. Para cada um dos dias de avaliação, nas duas épocas de instalação do experimento, confeccionou-se gráficos de progresso da doença, caracterizada pela área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Também foram confeccionados gráficos bidirecionais de comparação de todos os genótipos com as testemunhas Purpurita e Vitória de Santo Antão. Os genótipos não se diferenciaram quanto à área abaixo da curva de progresso da doença. Todos os genótipos apresentaram fonte de resistência, sendo classificados como resistentes ou moderadamente resistentes. Os genótipos UFU 66#3, UFU 66#7, UFU 215#1, UFU 215#6, UFU MC MINIBIOFORT2 e a cultivar Vitória de Santo Antão se mostraram resistentes ao isolado UFU A7 de *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*.

Palavras-chave: Podridão mole; *Lactuca sativa*; fontes de resistência

ABSTRACT

The use of resistant cultivars is the most viable control method for soft rot in lettuce, since there are no products registered for the crop. Thus, the present study aimed to select genotypes of mini lettuce resistant to *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. The experiments were conducted in a greenhouse at the Experimental Vegetable Station and at the Laboratory of Plant Bacteriology (LABAC), both belonging to the Federal University of Uberlândia. The experimental design used was completely randomized, with 13 treatments and three replications. The treatments consisted of 11 genotypes of biofortified mini lettuce of the F5: 6 generation, belonging to the UFU Vegetable Germplasm Bank, Campus Monte Carmelo (UFU 66#3, UFU 66#4, UFU 66#7, UFU 66#8, UFU 215#1, UFU 215#2, UFU 215#6, UFU 215#7, UFU 215#10, UFU 215#13, and UFU MC MINIBIOFORT2) and two commercial lettuce cultivars (Vitória de Santo Antão, considered moderately resistant and Purpurita, considered susceptible). Each experimental plot consisted of three pots, containing 3 plants each, and a pot containing the control (without application of the bacterial suspension). At 35 days after sowing, the plants were inoculated in the central region of the stem with 50µL of the bacterial suspension. After inoculation, the plants were subjected to 12 hours in a humid chamber. The following were evaluated: disease severity at 16 DAI; area under the disease progress curve (AUDPC), calculated separately at 4, 8, 12 and 16 days after inoculation, as well as the sum of data from all days of evaluation and reaction class to the disease. After obtaining the data, they were subjected to ANOVA assumption tests. Given the assumptions, the averages of treatments were compared for disease severity and for the sum of the area under the disease progress curve (AUDPC), using the Scott-Knott test with a significance of 5%. For each of the evaluation days, in the two times of installation of the experiment, charts of disease progress were made, characterized by the area under the disease progress curve (AUDPC). Bidirectional graphs were also made to compare all genotypes with the controls Purpurita and Vitória de Santo Antão. The genotypes did not differ in terms of the area under the disease progress curve. All genotypes showed a source of resistance, as they were classified as resistant or moderately resistant. The genotypes UFU 66#3, UFU 66#7, UFU 215#1, UFU 215#6, UFU MC MINIBIOFORT2 and the cultivar Vitória de Santo Antão were resistant to the isolate UFU A7 from *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*.

Keywords: Soft rot; *Lactuca sativa*; resistance

3 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais importante economicamente para o Brasil, além de ter destaque na agricultura familiar e na alimentação humana.

Ao longo dos anos, o melhoramento de hortaliças tem proporcionado o desenvolvimento de cultivares de alface com características peculiares e adaptadas às diversas condições ambientais, tornando o processo produtivo cada vez mais sustentável. Entretanto, um dos grandes entraves para obtenção de altas produtividades na cultura é o aparecimento de inúmeras pragas e doenças, as quais afetam significativamente a área cultivada e, conseqüentemente, a produtividade.

Dentre as doenças que ocorrem na alface, a podridão mole, cujo agente causal é a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, é considerada a doença bacteriana mais destrutiva da cultura (FÉLIX et al., 2014). A bactéria tem sido relatada como altamente variável em relação às características fisiológicas, possuindo ampla gama de hospedeiros, rápida disseminação e reprodução, o que dificulta o seu manejo (KUMAR et al., 2015).

Os sintomas vão desde a murcha nas folhas mais externas, devido ao colapso dos tecidos vasculares, até o encharcamento e maceração da medula do caule, com posterior apodrecimento (NORONHA; ASSUNÇÃO, 2015).

O uso de produtos fitossanitários, aliado ao uso de cultivares resistentes são as principais medidas de controle. Entretanto, no Brasil, o custo com produtos fitossanitários representa 9,72% do total do custo de insumos na produção de alface (ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRIANUAL, 2020) o que pode inviabilizar o seu cultivo. Além disso, vários compostos químicos que são utilizados para controle da podridão-mole não são eficazes (SOLEIMANI-DELFAN et al., 2015), além de não serem registrados para a cultura.

Dessa forma, o uso de cultivares resistentes é a alternativa de controle mais eficiente, pois, além de representar menor custo ao produtor, também é ambientalmente correto, por reduzir a utilização de produtos fitossanitários.

Apesar da grande variação genética que ocorre nas bactérias patogênicas das plantas devido a mutações, rearranjos intra-genômicos e mecanismos horizontais de transferência de genes (BARTOLI; ROUX; LAMICHHANE, 2016), Félix et al. (2014) identificou 19 cultivares de alface disponíveis para comercialização e com fonte de

resistência para a podridão-mole, confirmando que há possibilidade de expansão dos estudos sobre resistência de genótipos de alface à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

Levando em consideração a importância da alfacultura e o fato da podridão mole ser uma doença limitante em condições favoráveis, objetivou-se com o presente trabalho selecionar genótipos de mini alface com resistência à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, cultivados em duas épocas de cultivo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação da estação Experimental de Hortaliças e no Laboratório de Bacteriologia Vegetal (LABAC), ambos pertencentes a Universidade Federal de Uberlândia. Os experimentos foram realizados no período de 04 de maio a 27 de julho de 2019 (outono/inverno), e no período de 14 de novembro de 2019 a 07 de março de 2020 (primavera/verão).

O isolado UFU A7 de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* foi coletado em março de 2009, proveniente de planta de alface oriunda de Uberlândia MG foi mantido e preservado na coleção do Laboratório Bacteriologia Vegetal da UFU (LABAC), identificado por caracterização bioquímica Gram negativa, O/F=F, catalase+, oxidase negativa, crescimento a 37°C, atividade pectolítica+, HRfumo+, e não utilizada em outro estudo disponível na literatura.

O isolado foi cultivado em meio 523 (10 g de sacarose, 8 g de caseína hidratada, 4 g de extrato de levedura, 2 g de fosfato potássio bifásico, 0,3 g de sulfato de magnésio, 15 g de Agar, 1000 mL de água destilada) (KADO; HESKETT, 1970) por 48 horas a temperatura de 28°C. A suspensão bacteriana foi preparada em água filtrada esterilizada e a concentração da suspensão foi ajustada em espectrofotômetro a 570 nm para $A_{570} = 0,36$ correspondendo a, aproximadamente, 1×10^9 UFC mL⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 13 tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram dos mesmos 11 genótipos de alface biofortificados da linha F_{5:6} usados na avaliação de características agrônomicas, e duas cultivares de alface (Vitória de Santo Antão - considerada moderadamente resistente, de acordo com Félix et al. (2014) e Purpurita - considerada suscetível pela empresa Feltrin®).

Cada parcela experimental foi constituída por 3 vasos, contendo 3 plantas cada, e um vaso contendo a testemunha (sem aplicação da suspensão bacteriana).

A semeadura foi realizada conforme descrita para o experimento de avaliação agrônômica e, 20 dias após semeadura, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de cinco litros, contendo substrato a base de fibra de coco Maxfertil®, solo e areia, na proporção de 1:1:1 (v/v).

Aos 35 dias após a semeadura, as plantas foram inoculadas na região central do caule com 50 µL da suspensão bacteriana, utilizando-se para isto uma seringa de insulina Descarpac®, de acordo com a metodologia de Mello et al. (2011) com adaptações. A região da inoculação foi marcada com um palito de madeira, para que, os cortes em todas as plantas, no momento das avaliações das lesões, fossem realizados sempre no mesmo sentido. Após a inoculação, as plantas foram submetidas a 12 horas de câmara úmida, em casa de vegetação, com auxílio de sacos plásticos.

A irrigação foi frequente para manter a umidade do solo, favorecendo o desenvolvimento da doença.

Para avaliação do comprimento da lesão, as plantas foram cortadas longitudinalmente, paralelamente à direção da inoculação e aos 4, 8, 12 e 16 dias após a inoculação (DAI), as plantas infectadas foram classificadas por meio da escala descritiva proposta por Ren, Petzoldt e Dickson (2001), com adaptações, para determinar os seguintes componentes epidemiológicos:

a) Severidade da doença (SEV): avaliada aos 16 dias após a inoculação, de acordo com a escala de notas, proposta por Ren, Petzoldt e Dickson (2001), com adaptações, sendo esta, de 1 a 8, em que: 1 = ausência de lesões no ponto de inoculação, 2 = lesões menores que 5 mm, 3 = lesões entre 5 e 10 mm, 4 = lesões maiores que 10 mm, porém não atingindo as folhas, 5 = lesões maiores que 10 mm, atingindo o limbo foliar próximo da inoculação, 6 = lesões maiores que 10 mm, atingindo folhas próximas e distantes da inoculação, 7 = planta inteira próxima a morte, 8 = planta morta.

b) Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), calculada separadamente aos 4, 8, 12 e 16 dias após a inoculação, bem como o somatório de todos os dias de avaliação, usando a fórmula:

$$AACPD = \sum [(y_1 + y_2)/2] \times (t_2 - t_1)$$

Onde, y_1 e y_2 referem-se a duas avaliações sucessivas da proporção de tecido lesionado realizadas nos tempos t_1 e t_2 , respectivamente.

d) Classe de reação a doença (CR): a partir do somatório das notas de AACPD obtidas em todos os dias de avaliação, os genótipos foram agrupados em classes de reação da doença, de acordo com Guerra et al. (2007), com adaptações, onde 1,00 a 2,00 = resistente (R); 2,01 a 4,00 = moderadamente resistente (MR); 4,01 a 7,00 = suscetível (S); e 7,01 a 9,00 = altamente suscetível (AS).

Após a obtenção dos dados, estes foram submetidos a testes de pressuposições da ANAVA (normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias). Atendidas as pressuposições, as médias dos tratamentos foram comparadas para severidade da doença e para o somatório da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), utilizando o teste de Scott-Knott com significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas usando R: Core Team (2019).

Para cada um dos dias de avaliação, nas duas épocas de instalação do experimento, confeccionou-se gráficos de progresso da doença, caracterizada pela área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Também foram confeccionados gráficos bidirecionais de comparação de todos os genótipos com as testemunhas Purpurita (considerada suscetível pela empresa Feltrin®) e Vitória de Santo Antão (considerada moderadamente resistente de acordo com Félix et al., 2014), utilizando-se o software SigmaPlot® versão 10 (SYSTAT SOFTWARE Inc., 2006).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da resistência a *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* não indicou diferença significativa entre os genótipos ($p > 0,05$) para área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), nas duas épocas de avaliação (Tabela 1).

Tabela 1 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da podridão mole da alface de todos os dias de avaliação, severidade da doença (SEV) e classe de reação (CR) de 11 genótipos de mini alface biofortificados e duas cultivares de alface em duas épocas de cultivo. Monte Carmelo-MG, UFU, 2019-2020.

Genótipos	Inverno			Verão		
	AACPD	SEV ¹	CR	AACPD	SEV	CR
UFU 66#3	26,00 a	1,89 b	R	28,89 a	2,00 b	R
UFU 66#4	26,89 a	2,33 a	MR	29,56 a	2,78 a	MR
UFU 66#7	26,45 a	1,89 b	R	27,55 a	2,00 b	R
UFU 66#8	28,00 a	2,20 a	MR	29,11 a	2,11 b	MR
UFU 215#1	26,00 a	1,67 b	R	28,44 a	2,00 b	R
UFU 215#2	24,00 a	2,00 b	R	28,67 a	2,11 b	MR
UFU 215#6	28,67 a	2,33 a	MR	27,56 a	2,00 b	R
UFU 215#7	27,56 a	2,00 b	R	28,44 a	2,22 b	MR
UFU 215#10	27,33 a	1,89 b	R	28,66 a	2,56 a	MR
UFU 215#13	29,11 a	2,11 a	MR	28,22 a	2,11 b	MR
UFU MC MINIBIOFORT2	24,45 a	2,00 b	R	27,56 a	2,00 b	R
Purpurita	26,89 a	2,11 a	MR	29,55 a	2,78 a	MR
Vitória de Santo Antônio	27,78 a	1,89 b	R	28,00 a	2,00 b	R
CV (%)	8,44	8,52	-	5,58	10,77	-

¹ Severidade doença avaliada aos 16 dias após a inoculação. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Embora as médias para a AACPD não tenham se diferenciado entre os genótipos, observou-se resultados médios entre 24,00 a 29,11 (outono/inverno), e 27,55 a 29,56 (primavera/verão), os quais podem ser considerados promissores quando comparados aos resultados encontrados por Silva et al. (2012), que obtiveram AACPD variando de 68,10 a 132,30 para *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* em alface crespa.

A quantificação da doença usando AACPD foi utilizada em inúmeros patossistemas como *Capsicum* x *Sclerotium rolfsii* (SOARES; BENTES; GASPAROTTO, 2017), cebola x *Peronospora destructor* (MARCUIZZO; MENEZES JUNIO; GONÇALVES, 2016), cenoura x *Alternaria dauci* (MARCUIZZO; TEIXEIRA, 2019), sendo esperados valores baixos para identificação de possíveis fontes de resistência.

A podridão mole é considerada uma das doenças mais destrutivas na cultura da alface, e apresenta maior incidência no verão em condições de temperaturas elevadas (30°C) e alta umidade do solo (NAZERIAN et al., 2013). Os resultados obtidos corroboram com tal afirmação, pois a doença causou maiores impactos no verão,

quando se observou que os genótipos UFU 215#2, UFU 215#7, e UFU 215#10 se comportaram como resistentes no inverno, entretanto, moderadamente resistentes no verão (Tabela 1).

Os genótipos UFU 66#3, UFU 66#7, UFU 215#1, UFU MC MINIBIOFORT2 e a cultivar Vitória de Santo Antão apresentaram melhor desempenho por serem resistentes em ambas às épocas de cultivo, apresentando valores médios para severidade entre 1,67 a 2,00.

Félix et al. (2014) também verificaram que a cultivar Vitória de Santo Antão foi fonte promissora de resistência estável e durável a podridão mole, apesar de ter sido classificada como moderadamente resistente.

Todos os genótipos estudados apresentaram escores de severidade entre 1,67 a 2,33 (outono/inverno) e de 2,00 a 2,78 (primavera/verão), ou seja, valores menores do que os observados por Félix et al. (2014), que obtiveram valores médios entre 2 a 4. As médias da severidade da doença foram maiores na primavera/verão comparativamente ao outono/inverno, devido às condições climáticas de temperatura e umidade relativa serem maiores na primeira época e, conseqüentemente, propiciarem aparecimento dos sintomas de podridão mole.

De maneira geral, verifica-se que a doença evoluiu consideravelmente a partir dos 4 aos 8 dias após a inoculação, ocorrendo, posteriormente, estabilização para os genótipos UFU 66#7, UFU 215#7 e UFU 215#10 no outono/inverno (Figura 1A) e para os genótipos UFU 66#3, UFU 66#7, UFU 66#8 e UFU 215#6 na primavera/verão (Figura 1B).

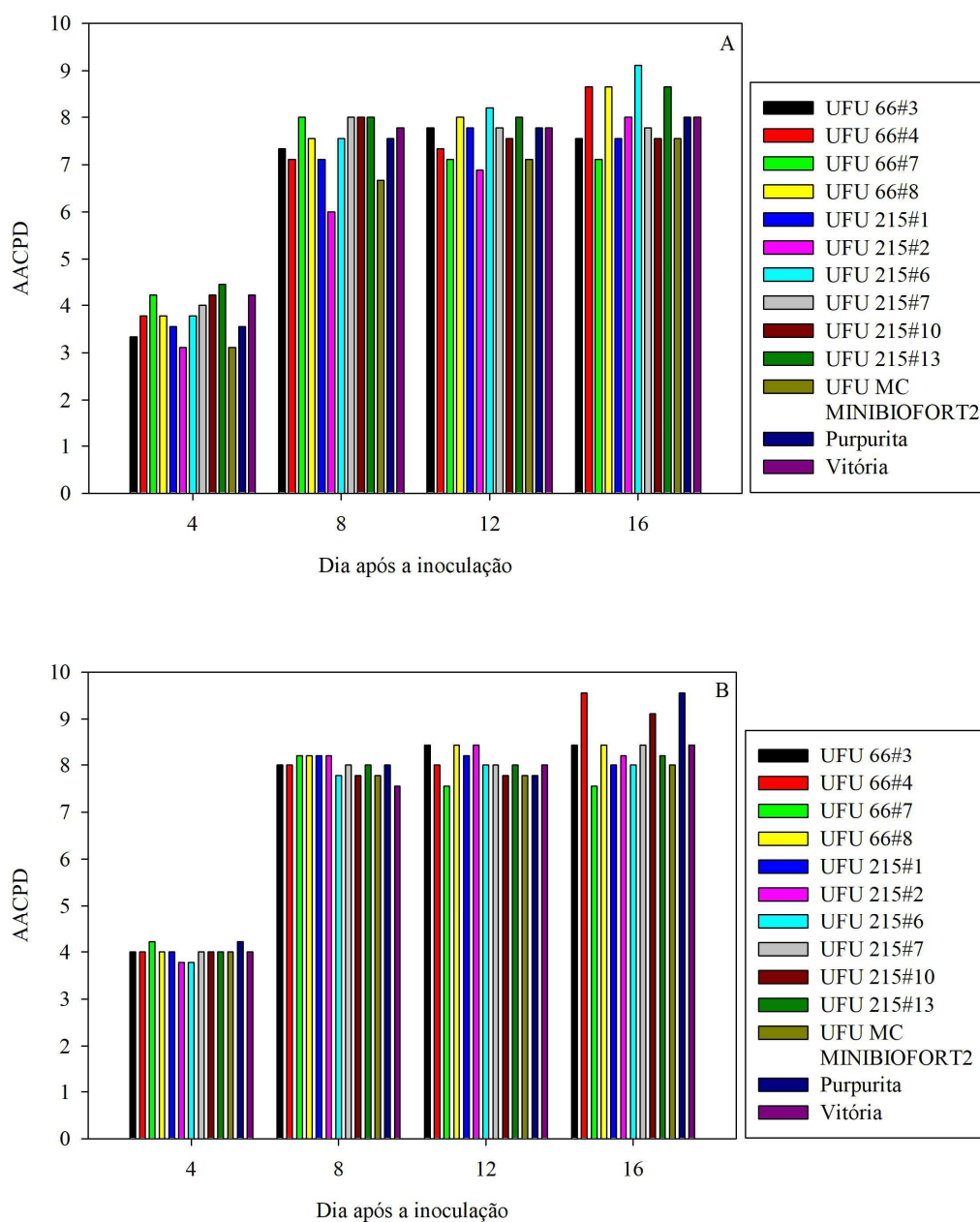


FIGURA 1 - Progresso da doença, demonstrado pela área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da podridão mole da alface em cada um dos dias de avaliação, para 11 genótipos e duas cultivares de mini alface. A: Experimento realizado no período de maio a julho de 2019 (inverno). B: Experimento realizado no período de novembro de 2019 a março de 2020 (verão).

Fonte: A autora.

Nas Figuras 2 e 3 são apresentados os incrementos relativos de AACPD para os genótipos avaliados em cada um dos dias de avaliação, com base no valor de referência da AACPD obtida para a cultivar Purpurita, considerada suscetível pela empresa

Feltrin® (Figura 2) e para a cultivar Vitória de Santo Antão, considerada moderadamente resistente por Félix et al. (2014) (Figura 3).

Tanto no experimento de outono/inverno quanto no de primavera/verão, apenas o genótipo UFU MC MINIBIOFORT2 apresentou valores de AACPD menores ou iguais ao da cultivar Purpurita, em todos os dias de avaliação (Figuras 2A e 2B), o que pode ter levado esse genótipo ser classificado como resistente em ambos os experimentos (Tabela 1).

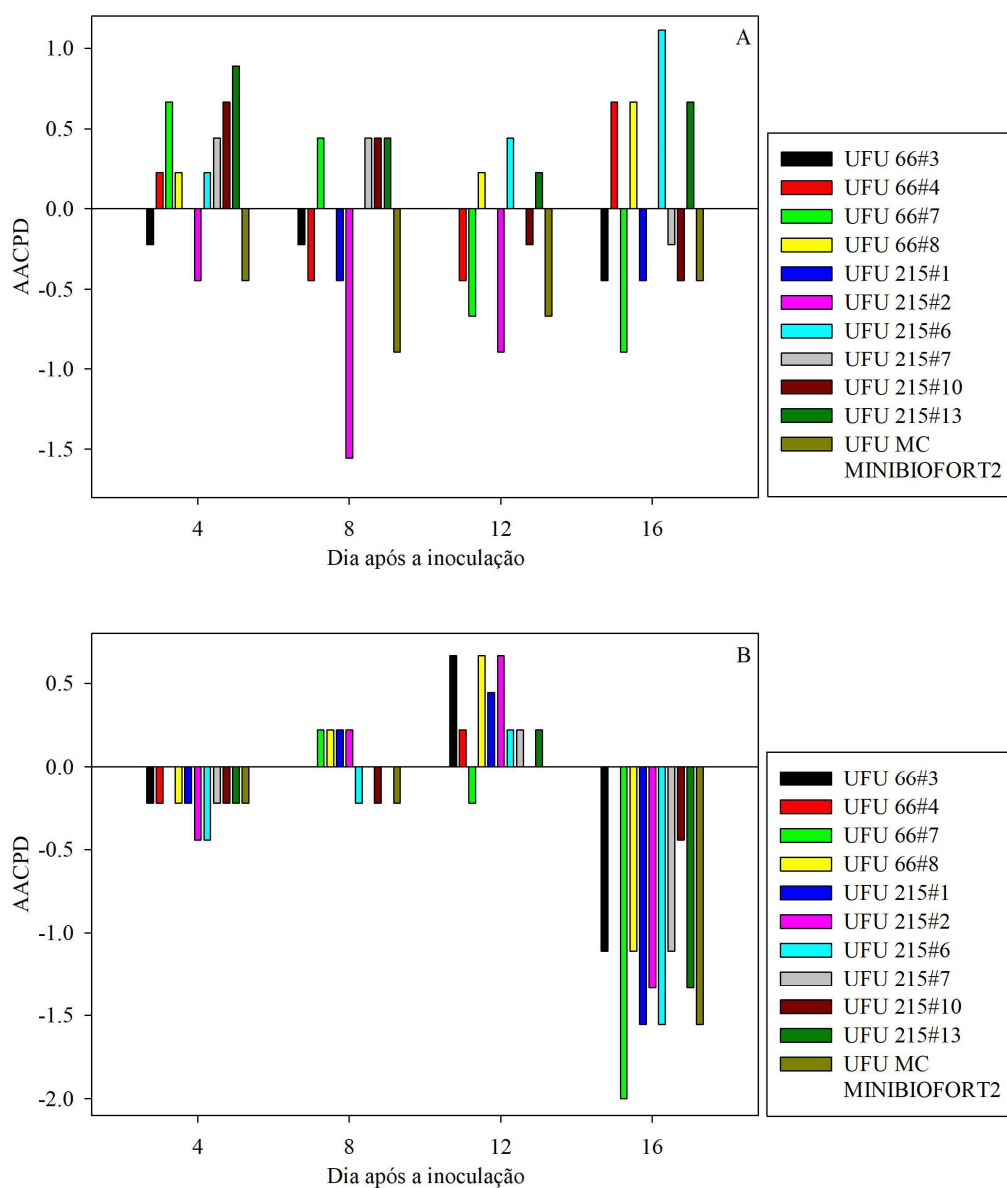


FIGURA 2 - Gráfico bidirecional de comparação de todos os genótipos com a testemunha suscetível Purpurita para área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da podridão mole da alface ao longo dos dias de avaliações. A: Experimento

realizado no período de maio a julho de 2019 (inverno). B: Experimento realizado no período de novembro de 2019 a março de 2020 (verão).

Fonte: A autora.

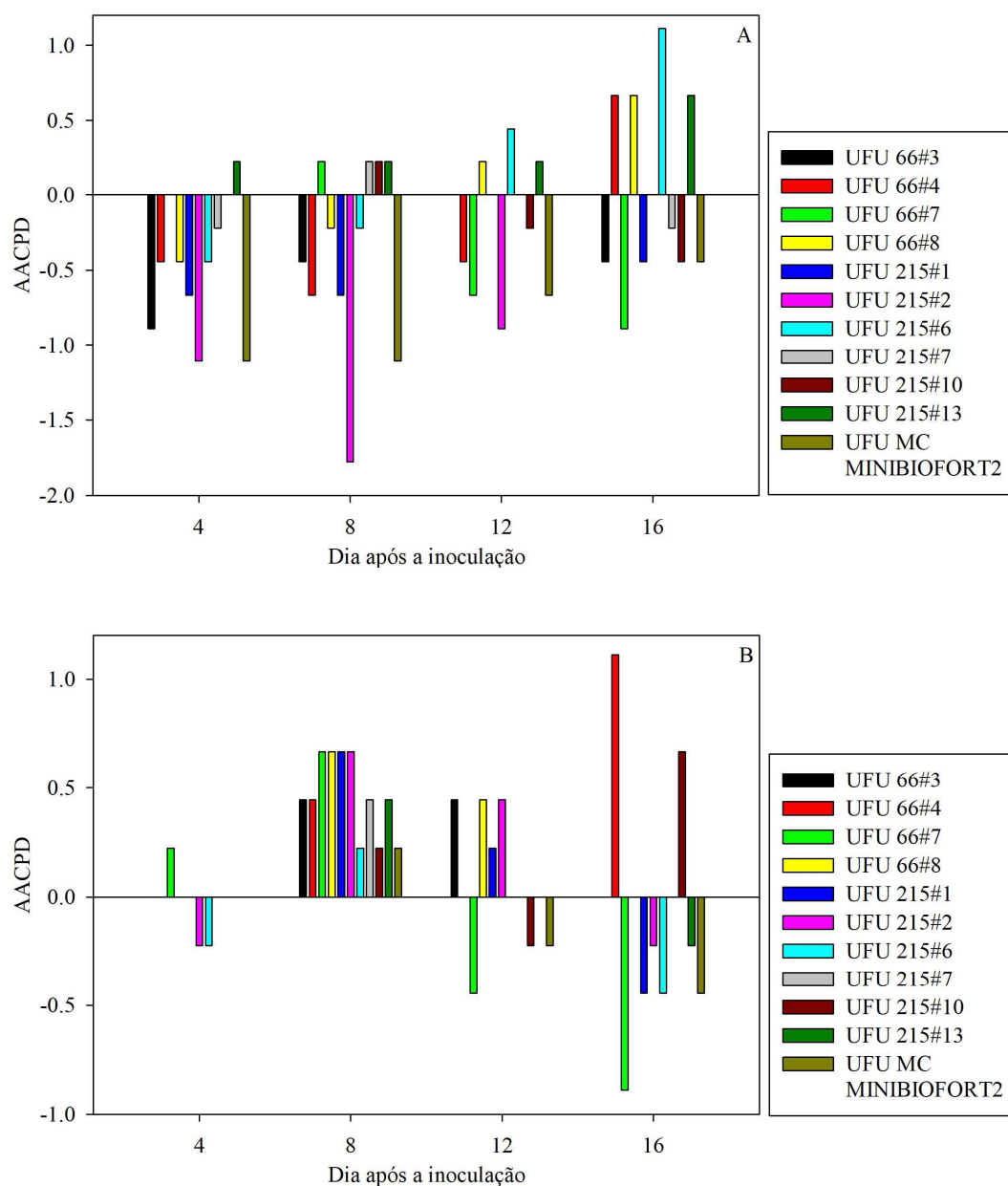


FIGURA 3 - Gráfico bidirecional de comparação de todos os genótipos com a testemunha moderadamente resistente Vitória de Santo Antão para a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da podridão mole da alface ao longo dos dias de avaliações. A: Experimento realizado no período de maio a julho de 2019 (inverno). B: Experimento realizado no período de novembro de 2019 a março de 2020 (verão).

Fonte: A autora.

Quando comparados com a cultivar Vitória de Santo Antão (considerada moderadamente resistente por Félix et al., 2014), os genótipos UFU 66#3, UFU 215#1, UFU 215#2 e UFU MC MINIBIOFORT2 foram considerados promissores pelos seus baixos valores de AACPD no outono/inverno em relação à cv. Vitória de Santo Antão (Figuras 3A e 3B).

Com relação ao experimento de verão, aos 16 DAI todos os genótipos tiveram AACPD inferiores ou igual a cultivar Vitória de Santo Antão, exceto os genótipos UFU 66#4 e UFU 215#10.

Os genótipos UFU 66#3, UFU 66#7, UFU 215#1, UFU 215#6 e UFU MC MINIBIOFORT2 demonstraram ter potencial de utilização em programas de melhoramento genético de alface, por terem fonte de resistência à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Tabela 1), e por se destacarem quando comparados as cultivares Purpurita e Vitória de Santo Antão (Figuras 2 e 3).

Esses dados corroboram com Félix et al. (2014), que relataram quatro cultivares de alface com fonte de resistência quando utilizado um isolado de *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* de moderada virulência. Enquanto Silva et al. (2007) relataram a existência de resistência varietal nas cultivares Verdinha e Salad Bowl, por apresentaram menor incidência da doença.

Assim sendo, genótipos resistentes à podridão mole são promissores para os futuros programas de melhoramento. Além disso, verificar fontes de resistência pode ser o método de controle mais viável, principalmente quando se trata de hortaliças.

Considerando que todos os genótipos desenvolvidos pela Universidade Federal de Uberlândia e avaliados neste estudo são considerados biofortificados, os genótipos mais promissores para serem lançados como cultivares são aqueles que apresentaram desempenho agrônômico superior em ambas as épocas de cultivo e que apresentaram alta resistência a *P. carotovorum* principalmente no verão.

6 CONCLUSÃO

Todos os genótipos apresentam fonte de resistência, por serem classificados como resistentes ou moderadamente resistentes.

Os genótipos UFU 66#3, UFU 66#7, UFU 215#1, UFU 215#6, UFU MC MINIBIOFORT2 e a cultivar Vitória de Santo Antão se mostraram resistentes ao isolado UFU A7 de *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL: **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, p.110-112, 2020.
- BARTOLI, C.; ROUX, F.; LAMICHHANE, J. R. Molecular mechanisms underlying the emergence of bacterial pathogens: an ecological perspective. **Molecular Plant Pathology**, London, v.17, n.2, p.303–310, 2016.
- FÉLIX, K. C. S.; OLIVEIRA, W. J.; MARIANO, R. L. R.; SOUZA, E. B. Selection for lettuce genotypes resistance to soft rot caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 71, p. 287-291, 2014.
- GUERRA, M.L.; ABREU, L.M.; CARDOSO, E.; MARIANO, R.L.R. Reação de cultivares de alface e couve-chinesa à podridão-mole. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFRPE, 2007, Recife, **Anais [...]**. Recife: UFRPE, 2007
- KADO, C.I.; HESKETT, M.G. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*. **Phytopathology**, São Paulo, v. 60, p. 969-976, 1970.
- KUMAR, A.; HUNJAN, M. S.; KAUR, H.; SINGH, P. P. Characterization of *Dickeya zeae* isolates causing stalk rot of maize based on biochemical assays and antibiotic sensitivity. **Indian Phytopathology**, [s.l.], v. 68, n. 4, p.375-379, 2015.
- MARCUZZO, L.L.; TEIXEIRA, V.R. Reação de genótipos de cenoura a queima das folhas na região do Alto Vale do Itajaí/SC. **Revista Thema**, Pelotas, v.16, n.1, p.4-9, 2019.
- MARCUZZO, L.L.; MENEZES JUNIO, F.O.G; GONÇALVES, P.A.S. Severidade do míldio da cebola em diferentes sistemas de produção. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.42, n.4, p.366-368, 2016.
- MELLO, M.R.F.; SILVEIRA, E.B.; VIANA, I.O.; GUERRA, M.L.; MARIANO, R.L.R. Uso de antibióticos e leveduras para controle da podridão-mole em couve-chinesa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, p.78-83, 2011.
- NAZERIAN, E.; SIJAM, K.; MEOR AHMAD, Z. A.; VADAMALAI, G. Characterization of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* as a new disease on Lettuce in Malaysia. **Australasian Plant Disease Notes**, [s.l.], v.8, p.105-107, 2013.
- NORONHA, M.A.; ASSUNÇÃO, N.C. **Identificação e Manejo das Principais Doenças do Coentro e da Alface no Estado de Alagoas**. Embrapa, Brasília, 2015. 12p. (Comunicado Técnico 172).

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 05 mar. 2020.

REN, J.; PETZOLDT, R.; DICKSON, M.H. Genetics and population improvement resistance to bacterial soft rot Chinese cabbage. **Euphy**, Dordrecht, v.118, p.271-280, 2001.

SILVA, A.M.F.; MARIANO, R.L.R.; MICHEREFF, S.J, SILVEIRA, E.B.; MEDEIROS, F.H.V. Levantamento da intensidade da podridão-mole em alface e couve-chinesa em Pernambuco, **Caatinga**, Mossoró, v. 20, p.84-93, 2007.

SILVA, C. L.; SOUZA, E. B.; FELIX, K. C. S.; SANTOS, A. M. G.; SILVA, M. V.; MARIANO, R. L. R. Óleos essenciais e extratos vegetais no controle da podridão mole em alface crespa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.30, p. 632-638, 2012.

SOARES, J.V.C.; BENTES, J.L.S.; GASPAROTTO, L. Reação de genótipos de *Capsicum* spp. à podridão do colo (*Sclerotium rolfsii*). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.43, n.1, p.58-59, 2017.

SOLEIMANI-DELFAN, A.; ETEMADIFAR, Z.; EMTIAZI, G.; BOUZARI, M. Isolation of *Dickeya dadantii* strains from potato disease and biocontrol by their bacteriophages. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 46, n. 3, p.791-797, 2015.

SYSTAT SOFTWARE Inc. – SSI. **Sigmaplot for Windows, version 10**. 2006. Disponível em: <https://www.systat.com/products/sigmaplot/>. Acesso em: 04 mar. 2020.