



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



LUAN SANTOS DE OLIVEIRA

PROEXADIONA CÁLCICA NA FISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DA BATATA

Botucatu

2020

LUAN SANTOS DE OLIVEIRA

PROEXADIONA CÁLCICA NA FISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DA BATATA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Agricultura)

Orientador: Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes

Coorientador: Prof. Dr. Rogério Peres Soratto

Botucatu

2020

O48p Oliveira, Luan Santos de
Proexadiona cálcica na fisiologia e produtividade da batata / Luan Santos de Oliveira. -- Botucatu, 2020
95 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Adalton Mazetti Fernandes
Coorientador: Rogério Peres Soratto

1. Batata. 2. Hormônios vegetais. 3. Reguladores de crescimento. 4. Produtividade agrícola. 5. Tubérculo (Botânica). I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA TESE: PROEXADIONA CÁLCICA NA FISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DA BATATA

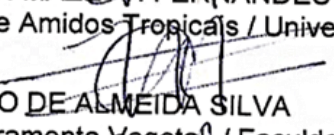
AUTOR: LUAN SANTOS DE OLIVEIRA

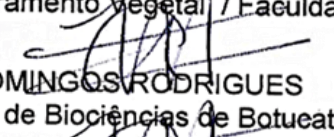
ORIENTADOR: ADALTON MAZETTI FERNANDES

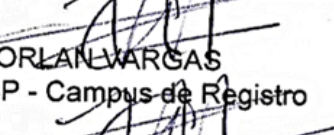
COORIENTADOR: ROGÉRIO PERES SORATTO

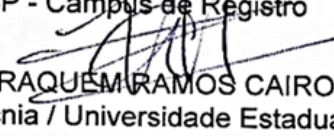
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES
Centro de Raízes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista - UNESP


Prof. Dr. MARCELO DE ALMEIDA SILVA
Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. PABLO FORLAN WARGAS
Agronomia / UNESP - Campus de Registro


Prof. Dr. PAULO ARAQUEM RAMOS CAIRO
Fitotecnia e Zootecnia / Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Botucatu, 25 de agosto de 2020

À MINHA MÃE ELIANE AGUIAR SANTOS,
AO MEU PAI ALEXANDRE CARVALHO DE OLIVEIRA,
AOS MEUS AVÓS E TIOS,
EM ESPECIAL, A JOSÉ LUIZ, MARLY OLIVEIRA.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À minha família, pela vida, apoio e incentivo durante todas as etapas da minha trajetória acadêmica.

Ao meu companheiro Benedito pelo apoio incondicional, carinho e compreensão.

Ao Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes, pela atenção, por se fazer presente, em todas as etapas da execução dos experimentos, pela disponibilidade, orientação técnica e científica e pelas descontrações mesmo num processo de formação de ensino e pesquisa, pelas oportunidades oferecidas e por aconselhar sempre para o caminho melhor.

Ao professor Dr. Rogério Peres Soratto, pela excelente orientação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado – Código de Financiamento 1636040”

À FAPESP pelo financiamento do projeto de pesquisa, processo nº 2017/06505-8, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Ao grupo Ioshida pela concessão das áreas para a condução dos experimentos, e doação de batata-semente cv. Mondial.

Ao Sr. Ivan pela doação das batata-semente cv. Ágata.

Aos professores Marcelo de Almeida Silva; Elizabeth Orika Ono; Paulo Mazzafera e ao Centro de Isótopos Estáveis que cederam equipamentos e laboratório para realização das análises.

Aos professores do departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, pelos conhecimentos transmitidos em aulas e pessoalmente.

Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais - CERAT pelo suporte e apoio institucional. Aos funcionários, pelo auxílio direto e indireto, que permitiu a realização deste trabalho, em especial Elder Candido de Mattos e Luiz Henrique Urbano pelo auxílio durante todo o período de condução dos experimentos, nas coletas e processamento de amostras.

Aos estagiários de iniciação científica que ajudaram na condução da pesquisa Eduardo Alves de Oliveira e Daniela Han.

Aos companheiros de trabalho de todas as horas, Francisca Gyslane S Garreto; Jessica Aparecida da Silva; Rudieli Machado da Silva; Ricardo Tajra Figueiredo; Nathalia Pereira Ribeiro; Jesion Geibel da Silva Nunes e Jason Geter da Silva Nunes por me ajudarem nas coletas de amostras e, principalmente, pela amizade e descontrações neste período.

Por todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho, reitero o meu apreço e a minha eterna gratidão.

RESUMO

O uso de regulador de crescimento na batateira pode ser uma alternativa para reduzir o porte da planta e aumentar a produtividade de tubérculos. Esta técnica em associação com a adubação nitrogenada pode ser uma estratégia para potencializar a produção de tubérculos das classes com tubérculos maiores. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada e de doses e épocas de aplicação da proexadiona cálcica (PCA) sobre as características morfofisiológicas da planta, partição de matéria seca, produtividade e qualidade de tubérculos das cultivares de batata Ágata e Mondial. Foram conduzidos quatro experimentos, sendo dois em condições de casa de vegetação (um com Ágata e outro com Mondial) e dois em campo (um com Ágata e outro com Mondial). Na casa de vegetação o delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram representados por um controle (sem regulador) e seis diferentes manejos da aplicação de PCA (50g: 50 g ha⁻¹ aplicados uma vez, 50+50g: 50 g ha⁻¹ aplicados duas vezes, 50+50+50g: 50 g ha⁻¹ aplicado três vezes, 100g: 100 g ha⁻¹ aplicados uma vez, 100+100g: 100 g ha⁻¹ aplicados duas vezes, 100+100+100g: 100 g ha⁻¹ aplicados três vezes). Nos experimentos de campo o delineamento foi o de blocos ao acaso em esquema de parcela subdividida, com quatro repetições. As parcelas foram representadas por dois níveis de fornecimento de N (Recomendado = 120 kg ha⁻¹ e Alto = 240 kg ha⁻¹) e as subparcelas por sete manejos de aplicação de PCA (controle: sem regulador, 50g: 50 g ha⁻¹ aplicados uma vez, 50+50g: 50 g ha⁻¹ aplicados duas vezes, 50+50+50g: 50 g ha⁻¹ aplicado três vezes, 100g: 100 g ha⁻¹ aplicados uma vez, 100+100g: 100 g ha⁻¹ aplicados duas vezes, 100+100+100g: 100 g ha⁻¹ aplicados três vezes). Os resultados obtidos em casa de vegetação indicaram que o manejo da PCA com três aplicações sequenciais de 100 g ha⁻¹ do i.a. foi mais eficiente em reduzir o comprimento das hastes de ambas cultivares. Na cultivar Ágata, a aplicação de PCA não afetou a produtividade de tubérculos, mas alterou o tamanho dos tubérculos formados. Na cultivar Mondial, os tratamentos com duas e três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA aumentaram a produtividade de tubérculos, mas o incremento obtido foi reflexo do aumento no número de tubérculos de menor tamanho. Os resultados obtidos em campo indicaram que os níveis de fornecimento de N (Recomendado = 120 kg ha⁻¹ e Alto = 240 kg ha⁻¹) pouco influenciou as características analisadas para as duas cultivares. Na cultivar Ágata houve maior redução no comprimento das hastes das plantas quando foram realizadas duas ou três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA ou três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA. Porém, a aplicação de PCA não alterou a produtividade total, comercial e especial de tubérculos, bem como o formato dos tubérculos produzidos. Na cultivar Mondial foi preciso fazer mais de uma aplicação de PCA para reduzir significativamente o comprimento das hastes das plantas, e as maiores reduções ocorreram com três aplicações sequenciais de 100 g ha⁻¹ de PCA. A aplicação de PCA não alterou o formato dos tubérculos e a produtividade comercial, mas os tratamentos com duas aplicações de 50 ou 100 g ha⁻¹ de PCA aumentaram a produtividade de tubérculos da classe especial.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*. Proexadiona cálcica. Giberelina.
Nutrição mineral.

ABSTRACT

The use of plant growth regulator (PGR) in potato crop can be an alternative practice to reduce plant size and increase tuber yield. This technique in association with nitrogen (N) fertilization can be a strategy to enhance production of larger tuber classes. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen N fertilization and rates and times of prohexadione-calcium (PCA) application on plant morphophysiological features, dry matter partition, tuber yield and tuber quality of Agata and Mondial potato cultivars. Four experiments were carried out, two in greenhouse conditions (one with Agata and other with Mondial) and two in field (one with Agata and the other with Mondial). In greenhouse, the experimental design adopted was randomized blocks with four replications. Treatments were represented by a control (without PGR) and six different managements of PCA application (50g: 50 g ha⁻¹ applied once, 50+50g: 50 g ha⁻¹ applied twice, 50+50+50g: 50 g ha⁻¹ applied three times, 100g: 100 g ha⁻¹ applied once, 100+100g: 100 g ha⁻¹ applied twice, 100+100+100g: 100 g ha⁻¹ applied three times). In field experiments, the design was randomized blocks in a split-plot scheme, with four replications. Plots were represented by two levels of N supply (Recommended = 120 kg ha⁻¹ and High = 240 kg ha⁻¹) and subplots were represented by seven managements of PCA application (control: without PGR, 50g: 50 g ha⁻¹ applied once, 50+50g: 50 g ha⁻¹ applied twice, 50+50+50g: 50 g ha⁻¹ applied three times, 100g: 100 g ha⁻¹ applied once, 100+100g: 100 g ha⁻¹ applied twice, 100+100+100g: 100 g ha⁻¹ applied three times). The results obtained in greenhouse indicated that the management of PCA with three sequential applications of 100 g ha⁻¹ a.i. was more efficient in reducing stem length of both cultivars. In the Ágata cultivar, PCA application did not affect tuber yield, but changed the size of the formed tubers. In the Mondial cultivar, treatments with two and three applications of 100 g ha⁻¹ PCA increased tuber yield, but the increase obtained was a reflection of an increase in the number of smaller tubers. The results obtained in field indicated that the levels of N supply (Recommended = 120 kg ha⁻¹ and High = 240 kg ha⁻¹) had little influence on the features analyzed in both cultivars. In the Ágata cultivar, there was a greater reduction in plant stem length when two or three applications of 100 g ha⁻¹ PCA or three applications of 50 g ha⁻¹ PCA were performed. However, PCA application did not change total, marketable and special tuber yield or the shape of tubers produced. In the Mondial cultivar, it was necessary to make more than one application of PCA to significantly reduce the length of plant stems, and the greatest reductions were observed with three sequential applications of 100 g ha⁻¹ PCA. PCA application did not change tuber shapes or marketable yield, but treatments with two applications of 50 or 100 g ha⁻¹ PCA increased yield of tubers of special class.

Keywords: *Solanum tuberosum*. prohexadione-calcium. Gibberellin. Mineral nutrition.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Revolvimento do solo com uso de betoneira (A), plantio do tubérculo semente (B), e adubação de cobertura com N seguida.35
- Figura 2 - Sistema de gotejamento nos dois experimentos.....35
- Figura 3 - Analisador de gás por infravermelho (IRGA, Li-Cor® -Li6400 XT, Lincoln, NE, USA).....39
- Figura 4 - Precipitação pluvial (■), irrigação (■), temperaturas máximas (—) e mínimas (—) registradas nos experimentos com as cultivares Ágata (Taquarituba-SP) e Mondial (Itaí-SP) durante o período de condução da cultura.....42
- Figura 5 - Adubação de cobertura na cultura da batata realizada nos experimentos de campo.....43
- Figura 6 - Pulverização via foliar de PCA na cultura da batata.44
- Figura 7 - Amostragem de quinze folhas por parcela experimental (A) e avaliação no integrador de área foliar de bancada (B).45
- Figura 8 - Coleta dos tubérculos de dez plantas em cada parcela experimental (A e B) e classificação dos tubérculos produzidos (C).46
- Figura 9 - Detalhes da determinação do índice de formato dos tubérculos de batata.47
- Figura 10 - Índice relativo de clorofila (SPAD) nas folhas da cultivar Ágata, no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica .Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).49
- Figura 11 - Aspectos das plantas da cultivar Ágata aos 70 DAE. Plantas tratadas com proexadiona cálcica apresentando senescência tardia e folhas verde-escuras. Plantas do tratamento controle apresentando folhas verde-claras e senescência precoce.....50
- Figura 12 - Comprimento da maior haste (A), número de hastes por planta (B), número de folhas por planta (C) e área foliar (D) das plantas da cultivar Ágata no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).51

- Figura 13 - Aspectos das plantas de batata da cultivar Ágata aos 33 DAE. Plantas tratadas com proexadiona cálcica apresentaram menor altura do que plantas não tratadas. 52
- Figura 14 - Aspectos das plantas de batata da cultivar Ágata aos 42 DAE. Plantas tratadas com proexadiona cálcica apresentaram menor altura. Tratamentos com mesma letra não diferem entre si quanto à altura das plantas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 52
- Figura 15 - Aspectos das plantas de batata da cultivar Ágata na ocasião de fortes ventanias. Plantas tratadas com proexadiona cálcica tiveram maior resistência ao acamamento. 53
- Figura 16 - Assimilação líquida de carbono (A), taxa de transpiração (B), concentração interna de CO₂ na folha (C), condutância estomática (D), eficiência do uso da água (E) e temperatura da folha (F) das plantas da cultivar Ágata no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). 56
- Figura 17 - Número de tubérculos por planta (A), peso médio de tubérculos (B) e produtividade total de tubérculos (C) da cultivar Ágata no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). 58
- Figura 18 - Acúmulo de matéria seca nas raízes (A), parte aérea (B), tubérculos (C) e na planta inteira (D) da cultivar Ágata no tratamento sem aplicação de regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica 60
- Figura 19 - Índice relativo de clorofila (SPAD) nas folhas das plantas da cultivar Mondial no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). 61
- Figura 20 - Aspectos das plantas da cultivar Mondial aos 23 DAE. Plantas tratadas com proexadiona cálcica apresentam menor altura. 63
- Figura 21 - Aspectos das plantas da cultivar Mondial aos 42 DAE. Plantas tratadas com proexadiona cálcica apresentam menor altura. Os tratamentos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. 63

- Figura 22 - Comprimento da maior haste (A), número de hastes por planta (B), número de folhas por planta (C) e área foliar (D) da cultivar Mondial no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).64
- Figura 23 - Assimilação líquida de carbono (A), taxa de transpiração (B), concentração interna de CO₂ na folha (C), condutância estomática (D), eficiência do uso da água (E) e Temperatura das folhas (F) da cultivar Mondial no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).66
- Figura 24 - Número de tubérculos por planta (A), peso médio de tubérculos (B) e produtividade total de tubérculos (C) da cultivar Mondial no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).67
- Figura 25 - Acúmulo de matéria seca nas raízes (A), parte aérea (B), tubérculos (C) e na planta inteira (D) da cultivar Mondial no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).70

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Tratamentos com diferentes doses e épocas de aplicação de proexadiona cálcica nas cultivares de batata Ágata e Mondial em condições de casa de vegetação.....33
- Tabela 2- Atributos químicos do solo utilizado nos experimentos de casa de vegetação antes e após a correção com calcário dolomítico.....34
- Tabela 3 - Defensivos agrícolas utilizados no manejo fitossanitário das duas cultivares de batata nos experimentos em casa de vegetação.36
- Tabela 4 - Épocas de avaliação e número de vasos utilizados em cada tratamento com as doses e épocas de aplicação de proexadiona cálcica em duas cultivares de batata em casa de vegetação.37
- Tabela 5 - Tratamentos com os níveis de N (parcela) e os manejos da aplicação de proexadiona cálcica (subparcela) em duas cultivares de batata (Ágata e Mondial) em condições de campo.....41
- Tabela 6 - Atributos químicos do solo das áreas dos experimentos com as cultivares Ágata (Taquarituba) e Mondial (Itaí) na profundidade de 0-0,20 m antes da instalação da cultura.....43
- Tabela 7 - Comprimento da maior haste, número de hastes e tubérculos por planta da cultivar Ágata durante a fase de enchimento de tubérculos (45 DAE) em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica.....71
- Tabela 8 - Número de folhas por planta, área foliar por planta, índice de área foliar (IAF), índice relativo de clorofila nas folhas (SPAD) e teor de N na folha diagnóstica das plantas da cultivar Ágata durante a fase de enchimento de tubérculos (45 DAE) em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica.73
- Tabela 9 - Número, peso médio, comprimento, diâmetro e índice de formato (IFT) de tubérculos da cultivar Ágata na colheita final em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica.74
- Tabela 10 - Produtividade total e comercial de tubérculos e produtividade de tubérculos das classes especial, primeira, segunda e miúda da cultivar Ágata na colheita final em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica.75
- Tabela 11 - Desdobramento da interação significativo para a produtividade das classes especial e primeira de tubérculos na colheita final da cultivar Ágata submetida a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica.....77
- Tabela 12 - Comprimento da maior haste, número de hastes e tubérculos por planta da cultivar Mondial durante a fase de enchimento de tubérculos (38 DAE)

em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cáctica. 78

Tabela 13 - Número de folhas por planta, área foliar por planta, índice de área foliar (IAF), índice relativo de clorofila nas folhas (SPAD) e teor de N na folha diagnóstica das plantas da cultivar Mondial durante a fase de enchimento de tubérculos (38 DAE) em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cáctica. 80

Tabela 14 - Desdobramento da interação para a área foliar e índice de área foliar (IAF) da cultivar Mondial durante a fase de enchimento de tubérculos (38 DAE) em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cáctica. 81

Tabela 15 - Número, peso médio, comprimento, diâmetro e índice de formato (IFT) de tubérculos da cultivar Mondial na colheita final em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cáctica. 82

Tabela 16 - Produtividade total e comercial de tubérculos e produtividade de tubérculos das classes especial, primeira, segunda e miúda da cultivar Mondial na colheita final em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cáctica. 83

Tabela 17 - Desdobramento da interação para a produtividade da classe primeira de tubérculos da cultivar Mondial na colheita final em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cáctica. 84

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	Características das cultivares de batata	32
3.2	Experimentos em casa de vegetação	33
3.2.1	Delineamento experimental e tratamentos	33
3.2.2	Instalação e condução do experimento	34
3.2.3	Avaliações.....	37
3.2.3.1	Avaliações realizadas aos 15, 23, 33 e 43 dae	37
3.2.4	Análise estatística	40
3.3	Experimento de campo	40
3.3.1	Delineamento experimental e tratamentos	40
3.3.2	Instalação e condução do experimento	41
3.3.3	Avaliações na fase de enchimento de tubérculos (10 dias após a última aplicação, 38-45 dae).....	44
3.3.4	Avaliações na colheita final.....	46
3.3.5	Análise estatística	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1	Cultivar ágata em condição de casa de vegetação	48
4.2	Cultivar mundial em condição de casa de vegetação.....	61
4.3	Cultivar ágata em condição de campo	71
4.4	Cultivar mundial em condição de campo.....	78
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
6	CONCLUSÕES	86
	REFERENCIAS.....	87

1 INTRODUÇÃO

A cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), por apresentar ciclo curto e elevada produção por área, é considerada como exigente em termos de disponibilidade de nutrientes no solo, apresentando alta demanda por nutrientes (FERNANDES et al., 2011a; SORATTO et al., 2011; SORATTO; FERNANDES, 2016). O nitrogênio (N) é o segundo nutriente mais absorvido e exportado pela cultura da batata, e ele desempenha importante papel no crescimento e desenvolvimento da batateira (FERNANDES; SORATTO, 2012; FERNANDES et al., 2011a).

O fornecimento de N, além de aumentar o tamanho e a produtividade de tubérculos da batata, também pode aumentar desnecessariamente o crescimento da parte aérea das plantas, se for aplicado em doses excessivas. No entanto, se fornecido em quantidades adequadas o N é essencial para que a batateira possa alcançar e manter o dossel capaz de interceptar quantidades elevadas de radiação solar (ZEBARTH; ROSEN, 2007), aumentando assim a taxa fotossintética das plantas e a alocação de matéria seca (MS) para os tubérculos.

Para haver o melhor aproveitamento da adubação nitrogenada na cultura da batata é preciso adotar práticas de manejo que favoreçam o crescimento dos órgãos de reserva das plantas, ou seja, dos tubérculos. Em condições que favorecem o crescimento vegetativo excessivo da batateira, o uso de produtos reguladores do crescimento vegetal é uma alternativa interessante que permite diminuir a vegetação excessiva das plantas e favorecer a alocação de fotoassimilados para o crescimento dos tubérculos.

A maioria dos produtos comerciais utilizados na agricultura como reguladores ou retardantes do crescimento vegetal atuam inibindo a biossíntese das giberelinas (GA's) (TAIZ; ZEIGER, 2017), como é o caso da proexadiona cálcica (PCA). Esse regulador de crescimento age como redutor do comprimento das plantas e controla de forma eficaz a altura das plantas e o crescimento vegetativo por inibir a síntese das GA's (OZBAY; ERGUN, 2015; Kim et al., 2019). No entanto, esse produto apresenta ação inibitória temporária e as plantas voltam a vegetar num determinado período após a sua aplicação. Assim para que a PCA possa reduzir o crescimento vegetativo excessivo das plantas de batata e/ou aumentar a alocação de fotoassimilados para o

crescimento dos tubérculos é preciso estabelecer quais as melhores fenofases da batateira para a aplicação desse regulador vegetal.

No Brasil, grande parte da batata produzida ainda é comercializada na forma *in natura*, sendo que nesse segmento de mercado a qualidade dos tubérculos para a comercialização ainda está associada principalmente às suas características visuais, tais como formato do tubérculo, aparência, cor, brilho e textura da pele e, principalmente, o tamanho dos tubérculos. Como o N tem a capacidade de aumentar o tamanho e a produtividade de tubérculos e os reguladores de crescimento conseguem reduzir o crescimento excessivo da parte aérea das plantas e aumentar a alocação de MS para os tubérculos, a aplicação combinada de N e reguladores de crescimento em diferentes cultivares de batata pode ser uma alternativa para aumentar a produtividade de tubérculos de maior tamanho.

Assim, torna-se necessário conhecer melhor quais os benefícios que a aplicação combinada de N e de reguladores de crescimento pode proporcionar para a cultura da batata. Além disso, é preciso estabelecer quais as melhores doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento na cultura da batata, com intuito de promover incremento na alocação de MS para os tubérculos e aumento na produtividade de tubérculos da classe especial.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada e de doses e épocas de aplicação da PCA sobre as características morfofisiológicas da planta, partição de matéria seca, produtividade e qualidade de tubérculos das cultivares de batata Ágata e Mondial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Os tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) são um relevante alimento utilizado na dieta humana da maioria dos países do mundo. A batata é o quarto alimento mais importante no mundo, depois do trigo, arroz e do milho, sendo que a área cultivada com batata no mundo é de aproximadamente 19,5 milhões de hectares (FAO, 2020).

Essa importância da batata como fonte de alimento se deve ao fato de que seus tubérculos contêm quantidades balanceadas de proteínas, aminoácidos essenciais, carboidratos, fibras e potássio (K), sendo assim um produto importante para a alimentação humana (SILVA; FONTES 2008).

Essa hortaliça é amplamente cultivada no Brasil com área de plantio de cerca de 125 mil hectares plantados no ano de 2019 e produção média anual em torno de 3,7 milhões de toneladas, com destaque para os estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo, que são os três estados que mais produzem batata no Brasil (IBGE, 2019). Por se tratar de uma cultura de ciclo curto e com elevada produção por área, a batateira é uma planta exigente em termos de disponibilidade de nutrientes no solo, apresentando alta demanda por nutrientes (FERNANDES et al., 2011a; SORATTO et al., 2011; SORATTO; FERNANDES, 2016).

Devido a essas características, a batateira é a cultura que apresenta o maior consumo de fertilizantes por unidade de área no Brasil (MESQUITA et al., 2012). O potássio (K) é o nutriente mais absorvido pela batateira, enquanto que o nitrogênio (N) é o segundo nutriente mais absorvido e exportado pela cultura, este desempenha importante papel no crescimento e desenvolvimento das plantas (FERNANDES; SORATTO, 2012; FERNANDES et al., 2011a).

O N é constituinte dos ácidos nucléicos e aminoácidos (MOKHELE et al., 2012), sendo que seu fornecimento para a cultura da batateira promove o aumento no tamanho e no peso dos tubérculos produzidos (COELHO et al., 2010). Essa melhoria no crescimento dos tubérculos ocorre porque o fornecimento de N para a cultura da batateira aumenta o índice de área foliar e o tempo de duração da máxima área foliar das plantas, o que prolonga a fase linear de acumulação de matéria seca (MS) nos tubérculos (BANGEMANN et al., 2014; SOUZA, 2014).

Assim o fornecimento de N aumenta a capacidade da batateira armazenar N nas folhas e manter área foliar fotossinteticamente ativa por mais tempo, o que faz com que haja alocação crescente de MS para os tubérculos em desenvolvimento, resultando em melhorias na qualidade dos tubérculos produzidos.

Contudo, o fornecimento adequado de N é essencial para que a batateira possa alcançar e manter o dossel capaz de interceptar quantidades elevadas de radiação solar (ZEBARTH; ROSEN, 2007), aumentando assim a taxa fotossintética das plantas e a alocação de MS para os tubérculos.

No entanto, o excesso de N é tão prejudicial como a sua deficiência, uma vez que o N afeta vários parâmetros de crescimento das plantas, incluindo a distribuição de N e MS na planta e nos tubérculos (SOUZA, 2014). O excesso de N pode promover maior crescimento da planta, resultando em aumento na superfície fotossintetizante e maior produção de fotoassimilados, os quais podem ser translocados e armazenados nos tubérculos, somente quando há uma boa relação fonte/dreno (COELHO et al., 2010).

Quando há ineficiência na relação fonte/dreno, promovida pelo excesso de N, ocorre aumento da produção de MS da parte aérea sem haver o crescimento adequado dos tubérculos (COELHO et al., 2010; BEDENDO, 1995; BURTON, 1981). Altos níveis de N atrasam a tuberização, pois reduzem a translocação de carbono (C) das folhas para os tubérculos e aumentam o fluxo de C para as folhas novas, ao invés de direcionar esse C para os tubérculos em desenvolvimento (SANTELITH; EWING, 1981). O crescimento excessivo da parte aérea em resposta ao elevado fornecimento de N também pode aumentar a incidência de doenças, limitar a produtividade e prejudicar a qualidade dos tubérculos formados.

Além disso, a disponibilidade de N para a batateira pode alterar os níveis endógenos de alguns hormônios como giberelinas, ácido abscísico e citocininas, pois o N é um componente essencial para estrutura molecular dos hormônios bem como para os aminoácidos, proteínas e ácidos nucléicos que estão diretamente relacionado a síntese dos hormônios (FONTES, 1997). Estes hormônios por sua vez estão diretamente envolvidos na relação de partição dos fotoassimilados entre os órgãos fonte e dreno (EHNESS; ROITSCH, 1997; LARA et al., 2004; ALBACETE et al., 2014).

O hormônio vegetal, giberelina (GA), é um componente endógeno relacionado com a promoção do crescimento de diversos órgãos vegetais, sobretudo, entrenós que conseqüentemente promove o alongamento da planta. As GA's bioativas são

sintetizadas principalmente nas folhas, estas GA's e seus precursores imediatos agem no alongamento do caule, proliferação cambial e também na diferenciação das fibras de xilema sendo importante ainda para o crescimento secundário (DAYAN et al. 2012).

Existem mais de 137 giberelinas, entretanto poucas GA's possuem atividade biológica, sendo na sua maioria precursores, as mais ativas são a GA1, GA3, GA4, GA7, GA9 e GA20, as demais são intermediárias na síntese de giberelinas ou formas de inativação; a numeração é de acordo com a sua descoberta. As giberelinas diferem de acordo com o número e posição dos grupos -OH, -COOH e -CH₃ e o número e posição de ligações duplas (BETHKE; JONES, 1998; SRIVASTAVA, 2002b; BIEMELT; TSCHIERSCHE; SONNEWALD, 2004).

As GA's são diterpenóides (correspondentes a quatro unidades de isopreno) que consistem em 19 ou 20 átomos de carbono. Sua biossíntese pode ser separada em três estádios, de acordo com as enzimas envolvidas e a correspondente localização na célula: ciclização de terpenos atuando nos plastídios, mono-oxigenases associadas com o retículo endoplasmático e dioxigenases localizadas no citosol, sendo esta, conhecida como a fase de formação das diferentes giberelinas (RADEMACHER, 2004)

A descoberta do efeito dos hormônios no controle do crescimento e do desenvolvimento das plantas, na primeira metade deste século, propiciou o desenvolvimento de substâncias sintéticas que, ao serem aplicadas exogenamente, promovem resposta similar ou maior que a dos hormônios (LOONEY, 1997).

O termo 'hormônio', está restrito as substâncias que ocorrem naturalmente na planta. Já o termo regulador vegetal é geralmente usado para aqueles compostos com estruturas químicas similares aos hormônios, produzidas sinteticamente e que, quando aplicados na planta, irão interagir com os hormônios, causando respostas de crescimento e de desenvolvimento similares ou antagônicas a esses (CAMILO, 2006).

Os reguladores vegetais, podem atuar diretamente nas diferentes estruturas celulares e nelas provocar alterações físicas, químicas e metabólicas. Em alguns casos, o mecanismo de ação dos hormônios inicia-se com a união destes compostos com a proteína receptora na membrana plasmática, na sua superfície externa (CASTRO; VIEIRA, 2001).

Alguns reguladores vegetais como paclobutrazol, uniconazole, prohexadione cálcio, cloreto de mepiquate, etil-trinexapac estão relacionados à inibição da síntese de hormônios promotores de crescimento, sendo que nesta condição estes produtos

são chamados de retardantes, inibidores de crescimento e/ou reguladores de crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Em particular, os reguladores de crescimento, inibidores da síntese de GA's quando aplicados em condições adequadas, afetam uma série de características nas plantas, como o alongamento dos ramos e, conseqüentemente, a altura das plantas. Essa redução no alongamento normalmente ocorre sem que haja redução no número de entrenós dos ramos. Em algumas situações são observadas reduções na área foliar e aumento dos teores de clorofila, da espessura das folhas e do crescimento do sistema radicular.

Os efeitos morfológicos causados pela aplicação dos reguladores de crescimento são acompanhados por alterações no desenvolvimento e fisiologia das plantas, reduzindo o consumo de água, atrasando o processo de senescência e aumentando a resistência a estresses ambientais (FLETCHER et al., 2000).

Muitos reguladores de crescimento promovem o redirecionamento dos metabólicos, favorecendo estruturas reprodutivas e/ou de reserva, como frutos e raízes (GITTI et al., 2012), além de proporcionar maior facilidade nos tratos culturais e na colheita (KAPPES et al., 2011). A utilização destes pode interferir nos fatores de produção, qualidade e produtividade na maioria das culturas.

A utilização desses inibidores apresenta grande potencial na agricultura em razão dos seus efeitos sobre os processos fisiológicos das plantas (RESENDE e SOUZA, 2002); isso pode elevar o vigor do desenvolvimento de raízes, a resistência à restrição de disponibilidade hídrica e o aumento de taxa fotossintética (BECKER et al., 1999).

Segundo Lal et al. (2020) o PCA, é um dos reguladores de crescimento muito utilizado, o qual inibe a biossíntese do GA's, e altera a relação fonte-dreno, o que muitas vezes proporciona aumento no rendimento dos órgãos de interesse comercial em diversas culturas. Tem a capacidade de alterar a morfologia e a fisiologia da planta, podendo levar a modificações qualitativas e quantitativas no desenvolvimento vegetal (SPINELLI et al., 2010; SOUZA, 2013).

A maioria dos produtos comerciais utilizados na agricultura como reguladores do crescimento vegetal atuam inibindo a síntese das giberelinas (GA's) (TAIZ; ZEIGER, 2017), como é o caso da proexadiona cálcica (PCA), que é um ingrediente ativo do grupo químico da ciclohexadiona (RADEMACHER et al., 2006). Esse regulador de crescimento age como redutor do comprimento das plantas e controla

de forma eficaz a altura das plantas e o crescimento vegetativo por inibir a síntese das GA's (OZBAY; ERGUN, 2015).

A PCA faz parte do grupo das acilciclohexanoedionas, inibe as etapas finais da biossíntese de giberelinas, que ocorrem no citosol, o PCA bloqueia a ação das enzimas dioxigenases (GA_{20ox} e GA_{3ox}), que atuam na conversão GA_{20} para GA_1 , com a redução dos níveis de GA_1 , uma das giberelinas mais ativas na planta, ocorre acúmulo do seu precursor GA_{20} , giberelina essa móvel, porém pouco ativa na planta (RADEMACHER et al., 2006). Apresenta o nome químico cálcio 3-óxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexano carboxilato, com fórmula molecular $C_{10}H_{10}CaO_5$, e apresenta baixa toxicidade em mamíferos, rápido catabolismo e reduzida persistência no meio ambiente (PRIVÉ et al., 2006).

Após aplicada nas plantas, a PCA é absorvida pelas folhas e translocada principalmente na forma acrópeta (via xilema) em menor proporção na forma basípeta. As plantas absorvem a PCA de forma completa num período de quatro horas após a sua aplicação, sua ação no metabolismo da planta inibindo a síntese das GA's tem duração média de 3 a 6 semanas, estendendo-se no máximo por 8 semanas (EVANS et al., 1999).

Na cultura da macieira foi observado que a meia-vida da PCA tem duração entre 10 e 14 semanas (RADEMACHER et al., 2004), sendo que no solo a PCA é degradada rapidamente pelos microrganismos (UNRATH, 1999). O efeito inibidor da biossíntese de giberelinas deve-se ao fato de sua molécula apresentar estrutura semelhante à do ácido-2-oxoglutárico, que é co-substrato envolvido na reação chamada 3 beta-hidroxilação de GA_{20} em GA_1 . Dessa forma, as enzimas que demandam o ácido-2-oxoglutárico são bloqueadas pelo PCA (RADEMACHER, 2004).

O PCA também inibe a produção de etileno. Sua ação é semelhante à do ácido ascórbico, que é co-substrato da enzima ACC oxidase, havendo, dessa forma, um bloqueio na oxidação da ACC para formação de etileno. Além disso o PCA interfere no metabolismo de flavonoides, favorecendo a produção de compostos antimicrobianos, tais como flavonoides luteoflavina e luteoforol, além disso o seu uso reduz a possibilidade de infecção devido ao enrijecimento das folhas e caule, elevando a resistência da planta a entrada de microrganismos patogênicos, como fungos e bactérias (MOLLY et al., 2009).

Alguns estudos realizados fora do Brasil têm demonstrado que a aplicação de reguladores de crescimento como paclobutrazol pode melhorar a produtividade da

cultura da batata (MABVONGWE et al. 2016). Balamani; Poovaiah (1985) verificaram que o uso de reguladores de crescimento como paclobutrazol pode ser uma alternativa para diminuir o crescimento aéreo das plantas de batata e aumentar o crescimento dos tubérculos, através do incremento na mobilização de assimilados e nutrientes para os tubérculos em formação.

Prakash et al. (2001) também verificaram que a aplicação de reguladores de crescimento pode promover o incremento na alocação de MS para os tubérculos da batateira. Noutros estudos Tekalign; Hammes (2005a), verificaram que a aplicação do regulador de crescimento paclobutrazol, além de reduzir o crescimento vegetativo excessivo da batata, aumentou a partição de assimilados para os tubérculos, estimulou a tuberização precoce e aumentou posteriormente o crescimento dos tubérculos formados.

No Brasil, uso de reguladores de crescimento na cultura da batata ainda tem sido pouco estudado, mas existem alguns indícios de que a aplicação desses produtos na batateira pode incrementar a produtividade de tubérculos (TAVARES; LUCCHESI, 1999). No entanto, é preciso estabelecer qual a melhor fenofase para aplicação, melhor dose e número de aplicações. Segundo Linzmeyer Junior et al. (2008), o efeito do regulador na inibição do crescimento vegetativo pode ser temporário dependendo da escolha do regulador, e o PCA tem essa característica bem estabelecida como já foi verificado noutras culturas (PRICINOTTO; ZUCARELI 2014).

Em soja, Pricinotto; Zucareli (2014), relataram que houve redução no crescimento em altura das plantas poucos dias após a aplicação do PCA, mas na avaliação realizada no final do ciclo, a altura das plantas não diferiu entre os tratamentos, devido ao fato das plantas terem retomado o crescimento em altura ao longo do seu ciclo de desenvolvimento.

Na cultura do morango, à medida que se aumentou o período após a aplicação do PCA a diferença de crescimento entre as plantas tratadas e não tratadas com o regulador diminuiu (REEKIE et al., 2005a). Em berinjela, uma redução de 11% na altura das plantas aos 35 dias após a aplicação (DAA) do PCA praticamente desapareceu nas avaliações realizadas numa fase mais tardia do ciclo da cultura (OZBAY; ERGUN, 2015).

Esses resultados demonstram que, ao longo do tempo, o uso do PCA pode perder sua ação inibidora sobre o crescimento vegetal. Estudos mostram que logo após a aplicação da PCA, os níveis de GA's biologicamente ativas nos meristemas

apicais das plantas diminuem e os de citocinina e de formas inativas de GA's aumentam, mas com o passar do tempo após a aplicação do regulador ocorre a retomada da atividade das GA's biologicamente ativas (RAMÍREZ et al., 2008).

Além de afetar o alongamento celular, o que reflete na altura das plantas, a aplicação de PCA tem sido eficiente em aumentar a produtividade de algumas culturas pois este regulador interfere diversas características na planta, como o índice SPAD, o teor de clorofila nas folhas, área foliar e a fotossíntese líquida. A inibição apropriada do crescimento vegetativo da planta pode aumentar a eficiência do uso da luz, além de possibilitar alta densidade de planta (KIM et al. 2019)

KIM et al. (2019) estudando diferentes formas de aplicação de PCA em plantas de morango verificaram aumento na taxa fotossintética de 23% quando utilizado PCA em comparação com o controle não tratado. Este efeito fisiológico causado pela aplicação de PCA ocorre como resultado da energia da luz sendo convertida em energia química (ATP e NADPH) que é usada para reduzir o CO₂ atmosférico a carboidratos através do ciclo de Calvin durante a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Treadway (2020) estudando a aplicação de PCA na cultura do amendoim em duas localidades verificou aumento de 328 kg ha⁻¹ na produtividade quando tratado com PCA em apenas um dos locais estudados, enquanto que no segundo local não ocorreram diferenças na produtividade do amendoim em resposta a aplicação do PCA.

O mesmo autor observou que a aplicação da PCA em planta de amendoim favoreceu o gasto de energia da planta no sentido de produção de vagens enquanto reduziu o crescimento vegetativo. Contudo o rendimento do amendoim nem sempre foi melhorado com as aplicações de PCA.

A maioria dos estudos sobre as influências do PCA concentrou-se em lavouras propagadas por sementes, em contrapartida há poucos relatos sobre a aplicação de PCA em lavouras propagadas vegetativamente, como é o caso da batateira (HYTÖNEN et al. 2009; REEKIE et al. 2007)

A aplicação combinada de N e reguladores de crescimento já tem sido estudada em outras culturas. Em pêssago já se observou que a aplicação de regulador de crescimento em combinação com a adubação nitrogenada aumentou o desenvolvimento dos frutos e a produtividade, quando em comparação a aplicação isolada de N (GEORGE; NISSEN, 1992).

Reduzir o porte das plantas e possibilitar equilíbrio entre o crescimento da parte aérea e o órgão de reserva pode ser uma alternativa para incrementar a produtividade da batateira, favorecendo o redirecionamento dos fotoassimilados da parte aérea para os tubérculos, e melhorando o desempenho da cultura, principalmente quando submetida a doses mais elevadas de N.

Sendo assim, como a maioria dos estudos demonstram que a ação inibitória dos reguladores de crescimento é temporária, torna-se necessário realizar aplicações desses produtos de forma parcelada ao longo do desenvolvimento das culturas. Com esse tipo de manejo espera-se obter os resultados esperados em termos de redução no porte das plantas e aumento na alocação de fotoassimilados para os drenos das plantas.

Assim, pelo fato da adubação nitrogenada poder aumentar o tamanho dos tubérculos e sua produtividade, além de poder promover o crescimento vegetativo excessivo das plantas, e considerando que há trabalhos indicando que os reguladores de crescimento podem reduzir o porte das plantas de batata e aumentar a alocação de MS nos seus tubérculos (BALAMANI; POOVAIAH, 1985; PRAKASH et al., 2001; TEKALIGN; HAMMES, 2004), torna-se necessário conhecer melhor quais os benefícios que a aplicação combinada de N e de reguladores de crescimento pode proporcionar para a cultura da batata.

Além disso, é preciso estabelecer quais as melhores doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento na cultura da batata, com intuito de promover incremento na alocação de MS para os tubérculos, aumentando o tamanho dos tubérculos formados e a produtividade de tubérculos de tamanho especial.

No Brasil, grande parte da batata produzida ainda é comercializada na forma *in natura*, sendo que nesse segmento de mercado a qualidade dos tubérculos para a comercialização ainda está associada principalmente as suas características visuais (FELTRAN et al., 2004; SILVA et al., 2007). Segundo a Associação Brasileira da Batata (2010) a cultivar de batata Ágata é uma das principais cultivares plantadas no país, mas cultivares como a cultivar Mondial têm se destacado pela produtividade e qualidade dos tubérculos, em algumas regiões (FERNANDES et al., 2010a).

A cultivar Ágata se destaca por produzir tubérculos com características adequadas à comercialização no mercado *in natura* (EVANGELISTA et al., 2011; FERNANDES et al., 2010b). No entanto, quando comparada a outras cultivares como a cultivar Mondial, a cultivar Ágata apresenta menor número e produtividade de

tubérculos da classe especial (FERNANDES et al., 2011b), que são os tubérculos maiores e de maior valor comercial no mercado *in natura*. Além disso, essa cultivar possui uma alta produção de tubérculos de menor tamanho, ou seja, da classe primeira, se comparada a cultivares como a Mondial (FERNANDES et al., 2011b).

No entanto, a cultivar Mondial apresenta crescimento exuberante da parte aérea, com caules longos e elevada biomassa foliar (FERNANDES et al., 2010a). Contudo, como o N tem a capacidade de aumentar o tamanho e a produtividade de tubérculos e os reguladores de crescimento conseguem reduzir o crescimento excessivo da parte aérea, por vezes causado pelo uso excessivo de N, além de aumentar a alocação de MS para os tubérculos, a aplicação combinada de N e reguladores de crescimento nestas cultivares de batata pode ser uma alternativa para aumentar a produtividade de tubérculos de maior tamanho e ou reduzir o porte aéreo das plantas, o que aumentaria a qualidade da batata produzida e o retorno econômico ao produtor.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos quatro experimentos. Dois experimentos foram conduzidos em vasos em casa de vegetação, sendo um com a cultivar Ágata e outro com a cultivar Mondial, conduzidos em vasos de 38 dm⁻³ numa casa de vegetação pertencente ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) no ano de 2018.

Um experimento com cada cultivar também foi conduzido em condições de campo em área de produção de batata do Grupo Ioshida. O experimento com a cultivar Ágata foi conduzido no município de Taquarituba-SP no ano de 2017 (latitude: 23° 31' 59" S; e longitude: 49° 14' 40" W, com altitude de 618 m) e o experimento com a cultivar Mondial foi conduzido no município de Itaipava-SP no ano de 2017 (latitude: 23° 25' 04" S; e longitude: 49° 05' 26" W, com altitude de 614 m). Em todos os experimentos, o regulador de crescimento utilizado foi a PCA, a qual teve como fonte o produto comercial Viviful®; com 275 g kg⁻¹ do ingrediente ativo, formulado pela Iharabras S.A.

3.1 Características das cultivares de batata

A cultivar Ágata é a cultivar mais plantada no Brasil, sendo recomendada para o consumo na forma cozida ou assada, pois possui baixo teor de matéria seca (MS) nos tubérculos. Suas plantas apresentam hastes finas a moderadamente finas (NIVAP, 2007; ABBA, 2017) curtas e em número de aproximadamente 4,2 hastes por planta (FERNANDES et al., 2010a). Os tubérculos são ovais de pele amarela e lisa (NIVAP, 2007; ABBA, 2017) e são formados em número de aproximadamente 14 tubérculos por planta (FERNANDES et al., 2010a), cujo peso médio dos tubérculos maiores fica em torno de 120 g (FERNANDES et al., 2011b). Os tubérculos possuem polpa de cor amarela clara e de consistência firme quando cozida (NIVAP, 2007; ABBA, 2017). Apresenta elevada produtividade de tubérculos e baixo crescimento vegetativo, ou seja, com baixo acúmulo de MS nas folhas e hastes em comparação à cultivar Mondial (FERNANDES et al., 2010a).

A cultivar Mondial é recomendada para o consumo na forma cozida ou assada. Trata-se de uma das cinco cultivares de batata mais plantadas no Brasil. A cultivar

Mondial possui folhas grandes, hastes firmes, semi-eretas, compridas (NIVAP, 2007; ABBA, 2017) e em número de aproximadamente 3,3 hastes por planta (FERNANDES et al., 2010a). Os tubérculos são oval-alongados, grandes e em número de aproximadamente 11 tubérculos por planta (FERNANDES et al., 2010a), com peso médio de aproximadamente 178 g (FERNANDES et al., 2011b). Os olhos dos tubérculos são superficiais, a casca é lisa e de cor amarela, com polpa de cor amarela clara quando cozida (NIVAP, 2007; ABBA, 2017). A produtividade da cultivar Mondial é elevada e o crescimento da parte aérea é vigoroso com elevado acúmulo de MS nas folhas e hastes (FERNANDES et al., 2010a).

3.2 Experimentos em casa de vegetação

3.2.1 Delineamento experimental e tratamentos

Em ambos os experimentos o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Foram estabelecidos sete tratamentos, representados por diferentes manejos de aplicação da PCA (Tabela 1).

Tabela 1- Tratamentos com diferentes doses e épocas de aplicação de proexadiona cálcica nas cultivares de batata Ágata e Mondial em condições de casa de vegetação

Tratamentos	Manejo da PCA e fase da cultura/época de aplicação			Dose total de PCA
	Iniciação de tubérculos ⁽¹⁾	Tuberização	Enchimento de tubérculos	
	15 DAE ⁽²⁾	23 DAE	33 DAE	
	(g i. a. ha ⁻¹ de PCA)			
T1	Controle, sem regulador			0
T2	50	-	-	50
T3	100	-	-	100
T4	50	50	-	100
T5	100	100	-	200
T6	50	50	50	150
T7	100	100	100	300

⁽¹⁾ Iniciação de tubérculos: plantas com tubérculos entre os estágios III e V da tuberização definido por Weeda et al. (2009).

⁽²⁾ DAE = Dias após a emergência.

A PCA foi aplicada via foliar pulverizando-se um volume de calda previamente regulado para operar na vazão de 200 L ha⁻¹, e com pressão constantes de 2,0394 kgf/cm². Utilizou-se um pulverizador costal elétrico acoplado a uma barra porta bicos, com bicos de jato tipo leque modelo AXI⁻¹10-0, mantendo-se uma altura de trabalho entre 0,4 e 0,5 m do dossel das plantas de batata.

3.2.2 Instalação e condução do experimento

Para a instalação dos experimentos foi coletado solo na camada arável (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa (SANTOS et al., 2006). Posteriormente, o solo foi peneirado, amostrado e analisado quimicamente segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001), cujos resultados estão apresentados na Tabela 2.

Devido à elevada acidez do solo, realizou-se a calagem com calcário dolomítico (PRNT=90) visando elevar a saturação por bases a 60% (LORENZI et al., 1997). Após a aplicação do calcário, o solo foi envasado e incubado por 30 dias com umidade de aproximadamente 80% da capacidade máxima de retenção de água do solo. Em seguida, o solo foi amostrado e analisado quimicamente (Tabela 2). Posteriormente, foi feita a adubação de base nos dois experimentos, utilizando-se 50, 150, 150, 5,0, 1,0, 0,4, 1,7, 1,1 e 0,06 mg dm⁻³ de N, P, K, Zn, B, Cu, Fe, Mn e Mo, respectivamente. N, P e K foram fornecidos na forma de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Como fonte de micronutrientes foi utilizado o formulado FTE BR12.

Tabela 2- Atributos químicos do solo utilizado nos experimentos de casa de vegetação antes e após a correção com calcário dolomítico

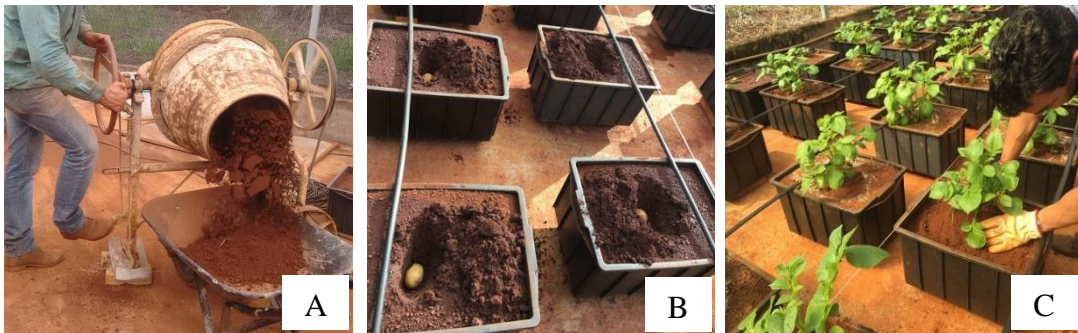
Atributos químicos	Valores	
	Antes da correção	Após a correção
pH(CaCl ₂)	4,3	5,5
Matéria orgânica	15,0	15,0
P _(resina)	4,0	5,0
K	0,7	0,9
Ca	6,0	34,0
Mg	3,0	12,0
H+Al	44,0	30,0
CTC	54,0	76,0
V%	18,0	61,0

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com 50 e 50 mg dm⁻³ de N aos 10 e 30 dias após a emergência (DAE), respectivamente. Como fonte de N foi utilizado o fertilizante ureia. Tanto a realização da calagem quanto a adubação de plantio foi feita com auxílio de betoneira, misturando-se os fertilizantes ao solo dos vasos (Figura 1A). Após a adubação de plantio, o solo foi acomodado nos vasos e,

em seguida, foi realizado o plantio de um tubérculo-semente (tipo III) em cova de aproximadamente 12 cm de profundidade para ambos os experimentos. O plantio do experimento com a cultivar Ágata ocorreu em 12/07/2018 e com a cultivar Mondial em 30/08/2018 (Figura 1B). Posteriormente, os tubérculos-semente foram cobertos com solo dos vasos e os vasos foram irrigados.

Aos 20 e 15 DAP (dias após o plantio), ocorreu a emergência das cultivares Ágata e Mondial, respectivamente. Considerou-se como emergidas as plantas com altura de aproximadamente 3 cm. Aos 10 e 7 DAE foi realizada a primeira adubação nitrogenada de cobertura e a amontoa nos experimentos com as cultivares Ágata e Mondial, respectivamente (Figura 1C). A segunda adubação de cobertura foi realizada aos 33 e 30 DAE para as cultivares Ágata e Mondial, respectivamente.

Figura 1 - Revolvimento do solo com uso de betoneira (A), plantio do tubérculo semente (B), e adubação de cobertura com N seguida



A irrigação foi realizada através de um sistema de gotejamento atendendo as necessidades de demanda hídrica para a cultura (Figura 2). O manejo fitossanitário foi realizado de acordo com as recomendações técnicas para a cultura com aplicações preventivas de defensivos químicos (Tabela 3).

Figura 2 - Sistema de gotejamento nos dois experimentos



Tabela 3 - Defensivos agrícolas utilizados no manejo fitossanitário das duas cultivares de batata nos experimentos em casa de vegetação

Data	DAP ⁽¹⁾	Ingrediente ativo	Dose (g ha ⁻¹ do i.a.)
Cultivar Ágata			
12/07	TS ⁽²⁾	metiram+piraclostrobina	1650+150
		tiametoxam	500
17/08	36	metiram+piraclostrobina	825+75
		tiametoxam	375
		abamectina	18
28/08	47	metiram+piraclostrobina	825+75
		tiametoxam	375
11/09	61	metalaxil-m+mancozebe	100+1.600
		tiametoxam	375
21/09	71	clorotalonil	1.500
		cloridrato de propamocarbe	1.444
28/09	78	dimetomorfe	400
		tiametoxam	375
10/10	90	dimetomorfe	400
Cultivar Mondial			
30/08	TS ⁽²⁾	metiram+piraclostrobina	825+75
		tiametoxam	375
13/09	14	clorotalonil	1.500
		cloridrato de propamocarbe	1.444
21/09	22	clorotalonil	1.500
		cloridrato de propamocarbe	1.444
		dimetomorfe	400
28/09	29	tiametoxam	375
		dimetomorfe	400
10/10	41	metiram+piraclostrobina	825+75
		tiametoxam	375
		abamectina	18
		tiametoxam	375
19/10	50	dimetomorfe	400
		abamectina	18
		tiametoxam	375
		dimetomorfe	400
26/10	57	metiram+piraclostrobina	825+75
		tiametoxam	375
06/11	68	dimetomorfe	400
		metiram+piraclostrobina	825+75

⁽¹⁾DAP: dias após o plantio; ⁽²⁾TS: tratamento de semente

A colheita final do experimento foi realizada após a senescência natural da parte aérea das plantas. Foi estabelecido 5 após a senescência para que ocorresse a aderência da pele nos tubérculos. Portanto, a colheita final ocorreu aos 81 DAE para as duas cultivares, ou seja, nos dias 21/10/2018 e 04/12/2018 para as cultivares Ágata e Mondial, respectivamente.

3.2.3 Avaliações

3.2.3.1 Avaliações realizadas aos 15, 23, 33 e 43 DAE

Em ambos experimentos as avaliações foram realizadas nas épocas indicadas na Tabela 4, ou seja, na data da primeira aplicação, no dia das aplicações com 23 e 33 DAE, e aos 10 dias após a última aplicação de PCA. Como algumas das avaliações eram destrutivas, em cada época de avaliação desmontou-se os vasos de cada tratamento após as avaliações morfofisiológicas, conforme indicado na Tabela 4. Dessa forma, para o tratamento T1 foi instalado 20 vasos, para os tratamentos T2 e T3 foram instalados 16 vasos cada, para os tratamentos T4 e T5 foram instalados 12 vasos cada e para os demais tratamentos (T6 e T7) foram instalados 8 vasos cada, totalizando no início do experimento 92 vasos de cada experimento.

Tabela 4 - Épocas de avaliação e número de vasos utilizados em cada tratamento com as doses e épocas de aplicação de proexadiona cálcica em duas cultivares de batata em casa de vegetação

Tratamentos	Épocas de avaliação					Nº de vasos por tratamento
	15 DAE ^(1,2)	23 DAE	33 DAE	43 DAE	81 DAE (Final do ciclo)	
T1	X	X	X	X	X	20
T2		X	X	X	X	16
T3		X	X	X	X	16
T4			X	X	X	12
T5			X	X	X	12
T6				X	X	8
T7				X	X	8

⁽¹⁾ DAE = Dias após a emergência

⁽²⁾ Fase de iniciação de tubérculos.

a) Avaliações não destrutivas

a.1) Índice relativo de clorofila na folha

O índice relativo de clorofila (IRC) na folha foi determinado a partir de um medidor portátil de clorofila (SPAD 502, Minolta, Japão). Foram realizadas três leituras em uma folha composta, uma no folíolo terminal e uma em cada folíolo primário logo após o folíolo terminal evitando-se as nervuras, nas três primeiras folhas totalmente expandidas, da maior haste da planta de batata. Antes de realizar as leituras, o aparelho foi calibrado com o verificador de leitura (“reading checker”) de acordo com as recomendações técnicas. Foi tomado o cuidado de não amostrar plantas com sintomas de doenças ou ataque de pragas e fora do padrão da parcela. As

determinações do IRC foram realizadas sempre no período da manhã. Para esta característica, em especial foi realizado também uma avaliação aos 70 DAE.

a.2) Comprimento da maior haste, número de hastes e folhas por planta

O comprimento da maior haste foi determinado com auxílio de régua graduada medindo-se a distância entre a base e o ápice de cada planta (tufo apical). O número médio de hastes e folhas por planta foi obtido pela contagem destas estruturas em cada planta.

b) Avaliações destrutivas

b.1) Área foliar

Após as avaliações realizadas no item “a” as plantas foram coletadas e todas as folhas foram retiradas e utilizadas para determinação da área foliar de cada planta, utilizou-se um integrador de área foliar de bancada LICOR, modelo 3100C.

b.2) Trocas gasosas foliares

As relações de trocas gasosas entre o ar atmosférico e as folhas foram avaliadas no folíolo terminal da segunda folha totalmente expandida a partir do ápice da planta, evitando-se a nervura principal do folíolo, e priorizando folhas com bom aspecto fitossanitário, e sem sinais de senescência. Utilizou-se um analisador de gás por infravermelho (IRGA, Li-Cor® -Li6400 XT, Lincoln, NE, USA) acoplado a uma câmara foliar de 2 x 3 cm (Li6400-40) (Figura 3). Com este equipamento foram determinadas as seguintes variáveis: taxa de assimilação líquida do carbono (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração (E , $\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (G_s , $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 na câmara subestomática da folha (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$) e temperatura foliar; características estas, calculadas pelo programa de análise de dados do equipamento medidor de trocas gasosas, que utiliza a equação geral de trocas gasosas de Von Caemmerer e Farquhar (1981).

A eficiência do uso da água (EUA, $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) foi determinada pela relação entre a taxa de assimilação de CO_2 e a taxa de transpiração (A/E); e, a eficiência instantânea de carboxilação da enzima ribulose 1, 5-difosfato carboxilase

(Rubisco) foi calculada pela relação da taxa de assimilação líquida de CO₂ e concentração interna de CO₂ na câmara subestomática da folha (A/Ci), conforme descrito por Zhang et al. (2001).

As avaliações foram realizadas nos horários compreendidos entre 09:00 e 11:00 h. Os tecidos foliares foram expostos à irradiância artificial correspondente àquela naturalmente interceptada pela folha, que é de aproximadamente 1000 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$. O ar de referência foi coletado a 1,50 m de altura do solo, e homogeneizado em um galão de 20 litros antes de alcançar a câmara foliar.

Figura 3 - Analisador de gás por infravermelho (IRGA, Li-Cor® -Li6400 XT, Lincoln, NE, USA)



b.3) Número, peso médio e produtividade de tubérculos

Nas épocas de avaliação em que as plantas continham tubérculos, foram determinados o número de tubérculos por planta por meio da contagem. Em seguida, os tubérculos de cada planta foram pesados para a determinação da produtividade total de tubérculos. O peso médio dos tubérculos foi obtido pela relação entre o peso total e o número total de tubérculos por planta.

b.4) Acúmulo de MS nas raízes, parte aérea, tubérculos e na planta inteira

Após as avaliações realizadas na matéria fresca das plantas, todas as plantas coletadas em cada parcela foram separadas em raízes, parte aérea e tubérculos, e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas para obtenção da quantidade de MS acumulada em cada órgão da planta. A quantidade de MS acumulada na planta inteira foi obtida pela soma das quantidades de MS acumuladas em cada parte da planta.

3.2.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância separadamente por experimento. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. Utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3.3 Experimento de campo

3.3.1 Delineamento experimental e tratamentos

Em ambos experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso no esquema de parcela subdividida, com quatro repetições. As parcelas foram representadas por dois níveis de fornecimento de N (Recomendado = 120 kg ha⁻¹ e Alto = 240 kg ha⁻¹) e as subparcelas por sete manejos (doses e épocas) de aplicação de PCA (Tabela 5).

Cada parcela experimental foi constituída por 5 linhas de 35 m de comprimento, e cada subparcela foi representada por 5 linhas de 5 m de comprimento. Para as avaliações foram consideradas as linhas centrais desprezando 0,5 m na extremidade de cada fileira de plantas e uma fileira de cada lado da subparcela. Em ambos experimentos o espaçamento entre linhas foi de 0,80 m e entre plantas foi de 0,35 m.

Tabela 5 - Tratamentos com os níveis de N (parcela) e os manejos da aplicação de proexadiona cálcica (subparcela) em duas cultivares de batata (Ágata e Mondial) em condições de campo

Nível de N (kg ha ⁻¹)	Manejo da aplicação da PCA e fase da cultura/época de aplicação			Dose total de PCA
	Iniciação de tubérculos ⁽¹⁾ 10-15 DAE ⁽²⁾	Tuberização 19-25 DAE	Enchimento de tubérculos 28-35 DAE	
	(g ha ⁻¹ de PCA)			
120	Controle, sem regulador			0
120	50g	-	-	50
120	100g	-	-	100
120	50g	50g	-	100
120	100g	100g	-	200
120	50g	50g	50g	150
120	100g	100g	100g	300
240	Sem regulador			0
240	50g	-	-	50
240	100g	-	-	100
240	50g	50g	-	100
240	100g	100g	-	200
240	50g	50g	50g	150
240	100g	100g	100g	300

⁽¹⁾ Iniciação de tubérculos: plantas com tubérculos entre os estágios III e VI da tuberização definido por Weeda et al. (2009).

⁽²⁾ DAE = Dias após a emergência.

3.3.2 Instalação e condução do experimento

Os experimentos de campo foram conduzidos durante o ano de 2017. Os dados de temperaturas máximas e mínimas, precipitação pluvial e irrigação, além das indicações de época de plantio, emergência, adubação de cobertura, amontoa, aplicação de PCA e colheita dos experimentos estão apresentados na Figura 4. Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental dos dois locais para determinação das características químicas (Raij et al., 2001), cujos resultados estão apresentados na Tabela 6.

O preparo de solo para o plantio da batata foi realizado de forma convencional nas duas localidades com as seguintes operações: duas gradagens pesadas, uma escarificação e uma gradagem leve na véspera do plantio.

O plantio do experimento com a cultivar Ágata foi realizado em 29/03/2017 (Taquarituba) e o plantio do experimento com a cultivar Mondial ocorreu em 04/07/2017. Em ambos os experimentos o plantio foi realizado no espaçamento de

0,80 m entre linhas e 0,35 m entre plantas, utilizando-se tubérculos semente do tipo III.

No experimento com a cultivar Ágata a adubação de plantio foi realizada com 2.116 kg ha^{-1} do fertilizante NPK 4-30-10, ou seja, foram fornecidos no plantio 85, 635 e 212 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. A emergência da cultivar Ágata ocorreu em 18/04/2017 (20 dias após o plantio - DAP) e a adubação de cobertura foi realizada aos 11 DAE (29/04/2017), seguida da operação de amontoa. Na adubação de cobertura foram fornecidos 35 kg ha^{-1} de N nas parcelas com a dose recomendada de N (total = 120 kg ha^{-1} de N) e 155 kg ha^{-1} de N nas parcelas com alto fornecimento de N (total = 240 kg ha^{-1} de N). O N foi fornecido na forma de ureia, distribuindo-se o fertilizante com uma adubadeira manual (Figura 5).

Figura 4 - Precipitação pluvial (■), irrigação (■), temperaturas máximas (—) e mínimas (—) registradas nos experimentos com as cultivares Ágata (Taquerituba-SP) e Mondial (Itaí-SP) durante o período de condução da cultura

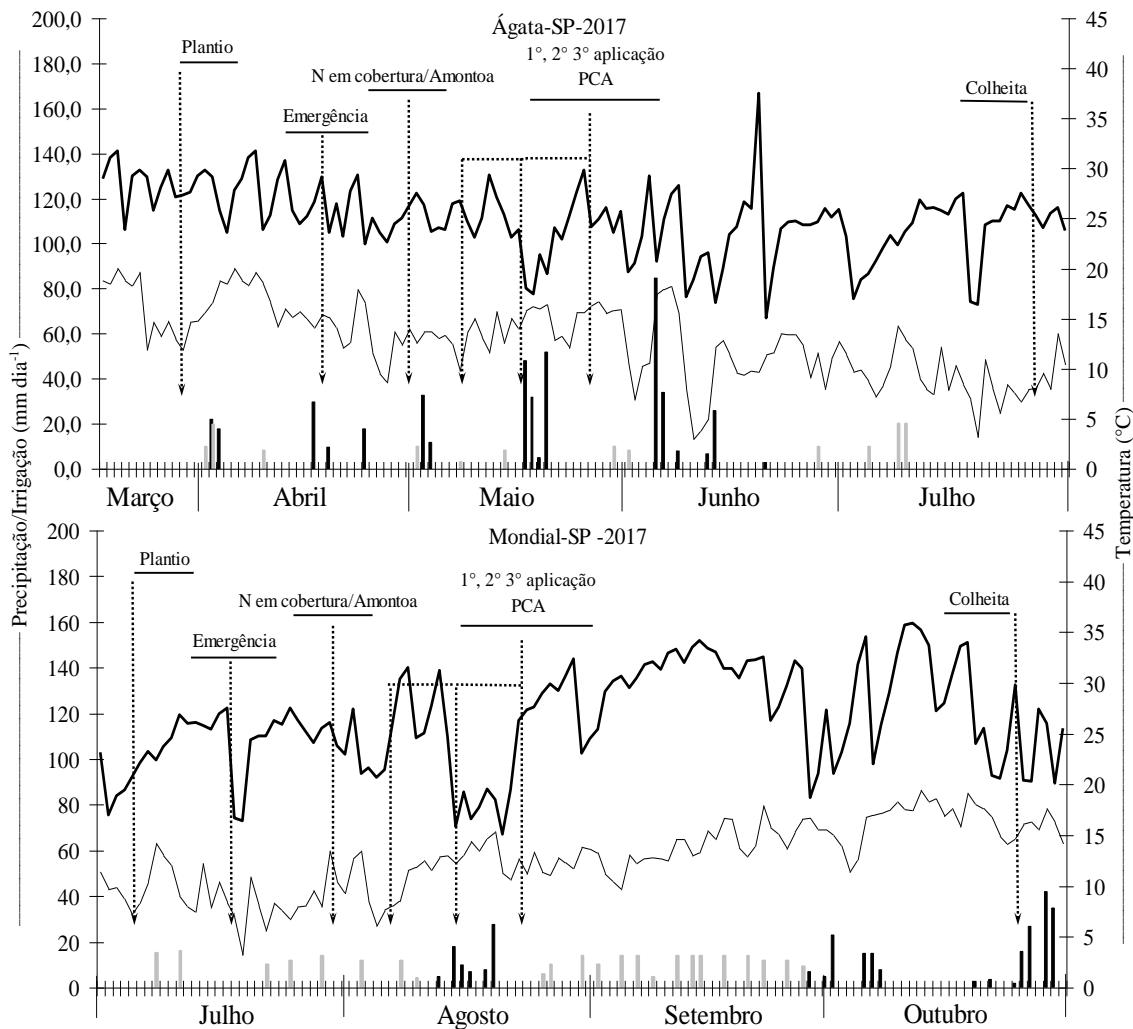


Tabela 6 - Atributos químicos do solo das áreas dos experimentos com as cultivares Ágata (Taquarituba) e Mondial (Itai) na profundidade de 0-0,20 m antes da instalação da cultura

Experimento	pH(CaCl ₂)	M.O.	P _(resina)	K	Ca	Mg	H+Al ³⁺	CTC	V
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³						
Ágata	5,5	15	3	1,6	43,4	14,3	31	91	65
Mondial	5,6	20	52	2,9	33,0	16,0	29	81	65

No experimento com a cultivar Mondial a adubação de plantio foi realizada com 2.322 kg ha⁻¹ do fertilizante NPK 4-30-10, ou seja, foram fornecidos 93, 697 e 232 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. A emergência da cultivar Mondial ocorreu em 26/07/2017 (22 DAP) e a adubação de cobertura e a amontoa foram realizadas aos 06 DAE (01/08/2017) quando foram fornecidos 27 kg ha⁻¹ de N nas parcelas com a dose recomendada de N (total = 120 kg ha⁻¹ de N) e 147 kg ha⁻¹ de N nas parcelas com alto fornecimento de N (total = 240 kg ha⁻¹ de N). A adubação de cobertura foi realizada com ureia (45% de N) (Figura 5).

Figura 5 - Adubação de cobertura na cultura da batata realizada nos experimentos de campo



Em ambos os experimentos, a primeira aplicação de PCA ocorreu aos 04 dias após a amontoa quando as plantas estavam na fase de iniciação de tubérculos entre os estágios III e VI da tuberização proposto por Weeda et al. (2009). Porém, no experimento com a cultivar Ágata essa data/fase ocorreu em 03/05/2017 quando as plantas estavam com 15 DAE, enquanto que no experimento com a cultivar Mondial essa data/fase ocorreu em 05/08/2017 quando as plantas estavam com 10 DAE.

A aplicação de PCA foi realizada pulverizando-se um volume de calda previamente regulado para operar na vazão de 200 L ha⁻¹ e com pressão constante de 2.0394 kgf/cm². Utilizou-se um pulverizador costal elétrico acoplado a uma barra

porta bicos, com bicos de jato tipo leque modelo AXI-110-0, mantendo uma altura de trabalho entre 0,4 e 0,5 m das plantas de batata (Figura 6).

Figura 6 - Pulverização via foliar de PCA na cultura da batata



A irrigação em ambos experimentos foi realizada de acordo com as recomendações para a cultura na região e critérios adotados pelo produtor. Durante o período de desenvolvimento da cultura, foram realizadas todas as práticas agrícolas, de acordo com a necessidade. O controle fitossanitário foi feito através de aplicações preventivas e com defensivos químicos.

A colheita dos experimentos foi realizada ao final do ciclo após a dessecação da parte aérea das plantas. No experimento com a cultivar Ágata a colheita final ocorreu em 28/07/2017 aos 121 DAP (101 DAE) e no experimento com a cultivar Mondial a colheita ocorreu em 25/10/2017 aos 113 DAP (91 DAE).

3.3.3 Avaliações na fase de enchimento de tubérculos (10 dias após a última aplicação, 38-45 DAE)

a) Comprimento da maior haste, número de hastes e tubérculos por planta

Aos 38 DAE (cultivar Mondial) e 45 DAE (cultivar Ágata) foram coletadas 04 plantas da área útil de cada parcela. As plantas foram levadas ao laboratório, lavadas e o comprimento da maior haste foi determinado com auxílio de régua graduada medindo-se a distância entre a base e o ápice de cada planta (tufo apical). O número médio de hastes e tubérculos por planta foi obtido pela contagem destas estruturas em cada planta.

b) Número de folhas por planta, área foliar por planta e índice de área foliar

Nas plantas coletadas determinou-se o número de folhas por planta mediante contagem. Em seguida, a área foliar das plantas coletadas foi obtida com auxílio de um integrador de área foliar de bancada LICOR, modelo 3100C (Figura 7). Para determinação da área foliar, retirou-se uma amostra representativa de 15 folhas, sendo estas a segunda folha totalmente expandida por parcela experimental e acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo, de maneira a manter a integridade das folhas até a realização da leitura. Após obtido a leitura da área foliar das 15 folhas amostradas, estas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante e posteriormente pesadas.

O peso seco das amostras de 15 folhas e a área foliar delas foram utilizados para calcular a área foliar das 4 plantas amostradas por parcela experimental, por meio da relação entre a MS e a área foliar das 15 folhas. A MS das 15 folhas coletadas para determinação da área foliar foi somada à MS de folhas das quatro plantas e a área foliar estimada das quatro plantas foi dividida por 4 para se obter a área foliar média de cada planta. O índice de área foliar (IAF) foi determinado através da razão entre os valores da área foliar total por planta e área de solo ocupada por uma planta.

Figura 7 - Amostragem de quinze folhas por parcela experimental (A) e avaliação no integrador de área foliar de bancada (B)



c) Índice relativo de clorofila na folha

O índice relativo de clorofila (SPAD) na folha foi determinado a partir de um medidor portátil de clorofila (SPAD 502, Minolta, Japão). As leituras foram realizadas na terceira folha totalmente expandida a partir do tufo apical, em cinco plantas de cada parcela.

d) Diagnose nutricional de N

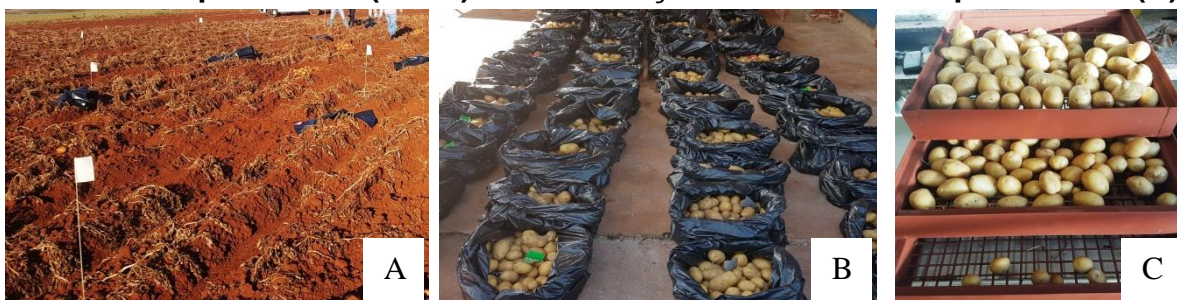
Para avaliar o estado nutricional de N das plantas de batata foi realizada a amostragem de folhas, coletando-se a terceira folha a partir do tufo apical (LORENZI et al., 1997). Este material foi lavado e seco em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm. Posteriormente, neste material foi determinando os teores de N, segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

3.3.4 Avaliações na colheita final

a) Número de tubérculos por planta, peso médio de tubérculo, produtividade e classificação dos tubérculos produzidos

A colheita final foi realizada aos 121 e 113 DAP para os experimentos com as cultivares Ágata e Mondial, respectivamente (Figura 8). Nesta data foram coletados os tubérculos de 10 plantas da área útil de cada parcela. Os tubérculos colhidos foram lavados e classificados segundo o diâmetro em quatro classes: especial (tubérculos com diâmetro maior que 45 mm), primeira (tubérculos com diâmetro entre 33 e 45 mm), segunda (tubérculos com diâmetro entre 23 e 33 mm) e miúda (tubérculos com diâmetro inferior a 23 mm). Após classificados, os tubérculos foram contados e pesados para determinação da produtividade de tubérculos por classes. A partir do somatório de todas as classes foi determinada a produtividade total de tubérculos, enquanto a produtividade comercial de tubérculos foi obtida a partir do somatório das três primeiras classes (especial, primeira e segunda). O peso médio dos tubérculos foi obtido pela relação entre o número total e o peso total de tubérculos.

Figura 8 - Coleta dos tubérculos de dez plantas em cada parcela experimental (A e B) e classificação dos tubérculos produzidos (C)



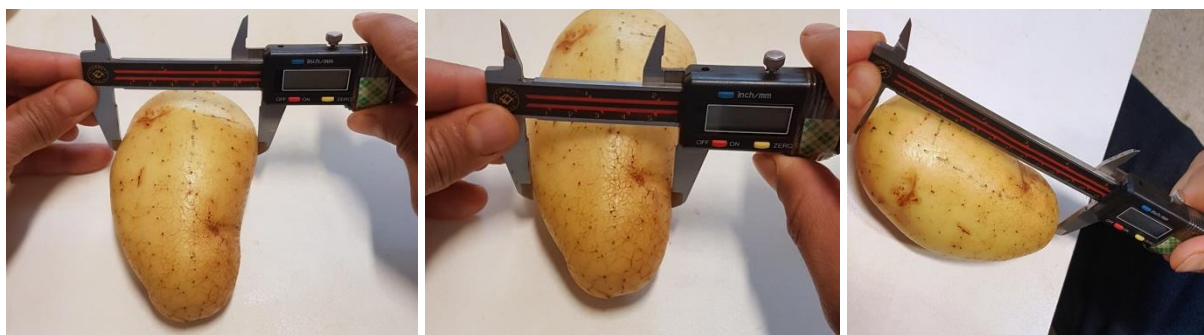
b) Comprimento, diâmetro e índice de formato de tubérculo (IFT)

O índice de formato dos tubérculos (IFT) foi determinado na classe de tubérculos especial, a qual possui maior valor econômico. Para a determinação do IFT foi feita a medição do diâmetro dos tubérculos adotando duas medidas por tubérculo uma em cada extremidade, mediu-se também o comprimento dos tubérculos, estas medidas foram realizadas em 15 tubérculos por parcela, com auxílio de paquímetro digital como ilustrado na Figura 9. O IFT foi obtido pela equação descrita a seguir (ORTIZ;HUAMAN, 1994):

$$IF = \frac{\text{Comprimento (cm)}}{\text{Diâmetro (cm)}} \times 100 \quad (1)$$

Onde IF representa o (Índice de formato): IF < 125 são tubérculos arredondados; IF entre 125 e 150 são tubérculos ovais; e IF > 150 são tubérculos alongados

Figura 9 - Detalhes da determinação do índice de formato dos tubérculos de batata



3.3.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância separadamente por experimento. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. Utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cultivar Ágata em condição de casa de vegetação

As avaliações do índice relativo de clorofila nas folhas (IRCF) ocorreram aos 15, 23, 33, 42 e 70 DAE. Na primeira e na terceira avaliação não houve diferença estatística entre os tratamentos (Figura 10). De forma geral, o IRCF foi influenciado em função dos manejos de aplicação de PCA com maior amplitude nas avaliações realizadas aos 42 e 70 DAE. Aos 42 DAE, o IRCF foi maior quando se utilizou a maioria dos manejos de PCA comparado ao controle (sem regulador), exceto para os manejos que receberam 100 g ha^{-1} de PCA aos 15 e 23 DAE e 100 g ha^{-1} de PCA aos 15, 23 e 33 DAE.

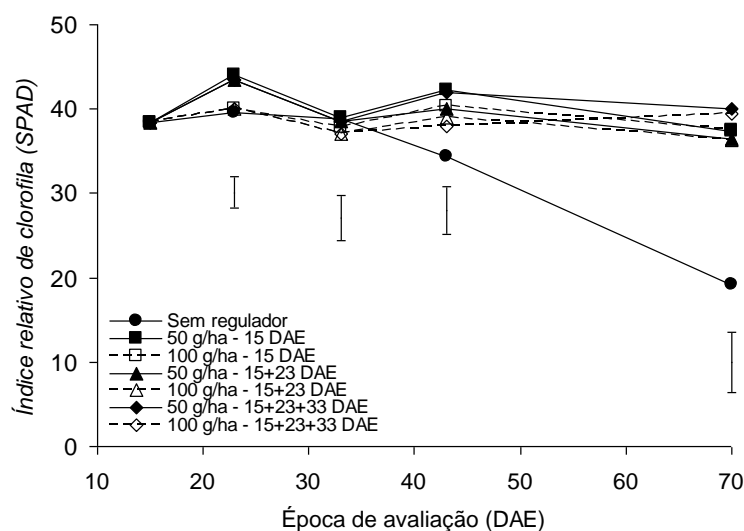
Aos 70 DAE todos os tratamentos que receberam PCA apresentaram IRCF maior que no controle (Figura 10). O maior valor do IRCF foi de 40, quando foi adotado o manejo com 50 g ha^{-1} de PCA aos 15, 23 e 33 DAE, enquanto que o menor valor foi de 19,2 no controle. Neste caso, o aumento do IRCF 107,8% maior que no tratamento controle.

Assim, foi possível verificar que a aplicação de PCA em qualquer um dos manejos retardou a senescência das folhas, as quais ficaram verde-escuras em comparação às folhas do tratamento controle que estavam verde-claras e apresentando senescência (Figura 11). A aplicação de PCA aumentou os valores do IRCF, sendo este efeito, cumulativo, pois mostrou maiores amplitudes de diferenças nas avaliações mais tardias. A elevação do IRCF pode estar relacionada ao aumento das taxas de diferenciação de cloroplastos, aumento da biossíntese e manutenção da integridade das clorofilas resultantes da elevação da atividade das citocininas (TAIZ; ZEIGER, 2017; SHARMA et al., 2011). O que poderia ser explicado de acordo com Fletcher et al. (2000) que mencionam que o uso de alguns reguladores de crescimento inibidores da síntese de giberelinas pode estimular a síntese de citocininas, as quais previnem a degradação de clorofilas.

Chaney (2004) observou que a aplicação de inibidores de crescimento promove a síntese de fitol, um terpenoide essencial para a síntese de clorofila. As clorofilas, com vida útil mais longa e fotossinteticamente ativas, podem favorecer a formação de fotoassimilados por maior período de tempo. Becker et al. (2020) verificaram aumento nos teores de clorofila *a* e *b* em duas cultivares de morango quando submetidas a

aplicação de PCA na dose de 600 mg L⁻¹. Por outro lado, muitos autores atribuem o aumento do IRCF à redução da área foliar. Esta hipótese é fundamentada devido a menor capacidade de expansão das células, o que proporciona maior concentração de clorofilas por área do limbo foliar (GROSSI et al., 2005).

Figura 10 - Índice relativo de clorofila (SPAD) nas folhas da cultivar Ágata, no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05)



As plantas tratadas com PCA na maior dose apresentaram maior longevidade foliar quando comparadas ao controle (Figura 11). As plantas que não receberam PCA apresentaram senescência foliar, seguida de desfolha mais rapidamente. Estes resultados podem estar relacionados à manutenção das clorofilas e prolongamento da atividade fotossintética.

Esses resultados corroboram com os resultados de Kumar et al. (2012), onde verificaram mesmo efeito quando utilizaram inibidores de giberelina em *Comelina sativa* (L.) Crantz, e atribuíram o efeito ao maior potencial das plantas em acumular biomassa da parte aérea. Gitti (2012), estudando a ação de reguladores de crescimento na cultura do feijão, verificou aumentos no IRCF à medida que as doses foram aumentadas. Ozbay e Ergun (2015) verificaram acréscimos no IRCF para as doses de 100 e 150 mg L⁻¹ de PCA em mudas de berinjela.

De maneira geral, no tratamento controle e nos tratamentos com menores dose e número de aplicação de PCA o comprimento das hastes das plantas da cultivar

Ágata foi maior do que nos tratamentos com a maior dose e número de aplicações de PCA (Figura 12A).

Figura 11 - Aspectos das plantas da cultivar Ágata aos 70 DAE. Plantas tratadas com proexadiona cálcica apresentando senescência tardia e folhas verde-escuras. Plantas do tratamento controle apresentando folhas verde-claras e senescência precoce

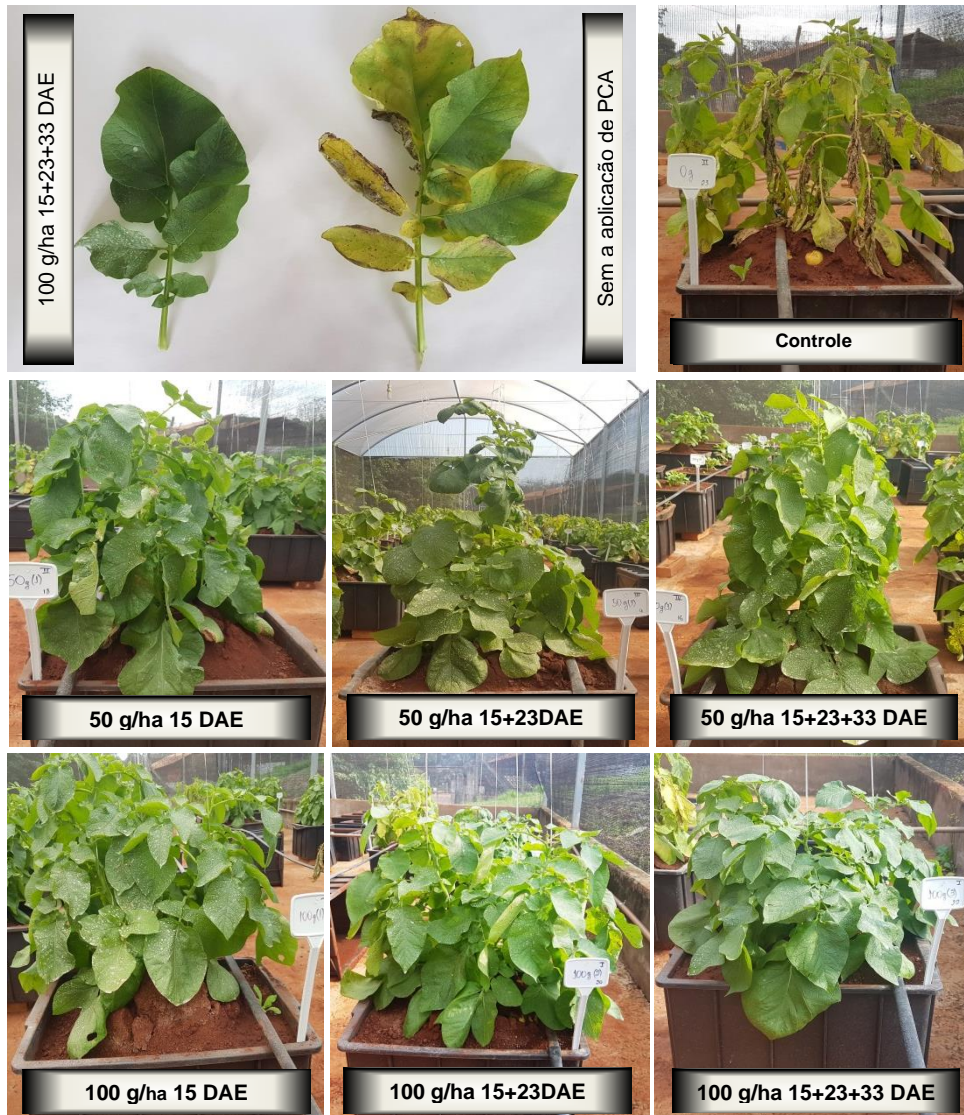
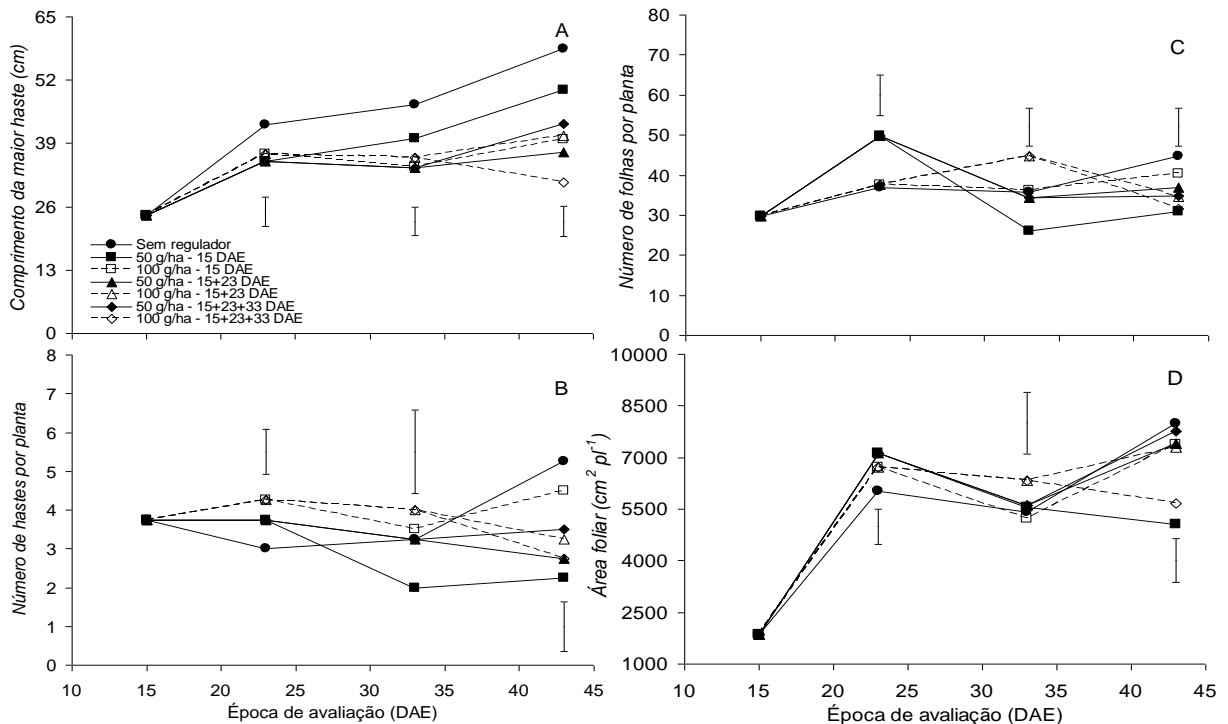


Figura 12 - Comprimento da maior haste (A), número de hastes por planta (B), número de folhas por planta (C) e área foliar (D) das plantas da cultivar Ágata no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05)



Aos 23 e 33 DAE, as plantas de batata que não receberam aplicação de PCA apresentaram hastes mais compridas do que as plantas tratadas com PCA, as quais não diferiram entre as formas de manejo (Figura 12A). Para o tratamento controle, o comprimento das hastes foi de 43 e 47 cm aos 23 e 33 DAE, respectivamente. Porém, nos manejos que utilizaram PCA o comprimento das hastes foi, em média, de 36 e 35,7 cm aos 23 e 33 DAE, respectivamente. Aos 23 DAE, a aplicação de PCA reduziu em 7 cm (19%) o comprimento das hastes, enquanto que aos 33 DAE essa redução foi de 11 cm (30%) (Figuras 12A e 13).

Aos 42 DAE, as plantas de batata do tratamento controle apresentaram hastes mais compridas do que qualquer um dos manejos que receberam pulverização de PCA (Figura 12A). Aos 42 DAE, o tratamento que recebeu 100 g ha⁻¹ de PCA em três aplicações reduziu expressivamente o comprimento das hastes da cultivar Ágata (Figuras 12A e 14).

Figura 13 - Aspectos das plantas de batata da cultivar Ágata aos 33 DAE. Plantas tratadas com proexadiona cálcica apresentaram menor altura do que plantas não tratadas



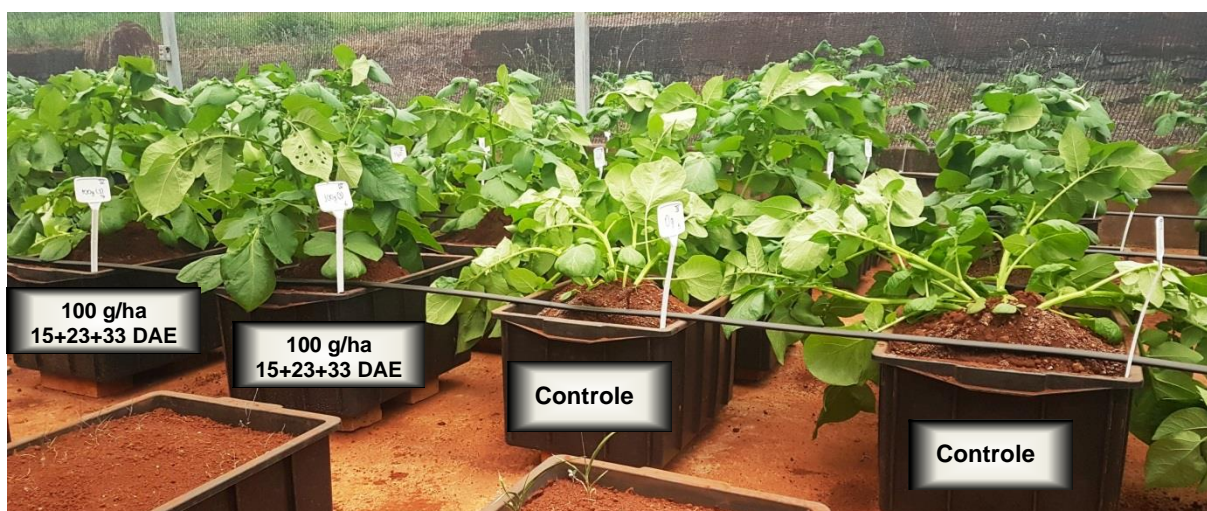
Figura 14 - Aspectos das plantas de batata da cultivar Ágata aos 42 DAE. Plantas tratadas com proexadiona cálcica apresentaram menor altura. Tratamentos com mesma letra não diferem entre si quanto à altura das plantas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)



Apesar do manejo com apenas uma aplicação de 50 g ha^{-1} de PCA aos 15 DAE ter promovido redução no comprimento das hastes em relação ao controle, esta redução foi menos expressiva do que a observada quando foram aplicados 100 g ha^{-1} de PCA em três aplicações sequenciais (Figura 12A). Plantas de batata altas são mais susceptíveis ao acamamento, o que não é interessante, pois pode causar feridas

nas hastes que ficam em contato com o solo e com isso facilitar a entrada de patógenos, como a canela preta. A aplicação de PCA é uma alternativa para reduzir o porte das plantas de batata e evitar o acamamento, como foi observado no presente experimento, pois quando houve uma incidência de ventos fortes durante a condução da pesquisa o acamamento de plantas foi maior no tratamento controle (Figura 15).

Figura 15 - Aspectos das plantas de batata da cultivar Ágata na ocasião de fortes ventanias. Plantas tratadas com proexadiona cálcica tiveram maior resistência ao acamamento



O número de hastes por planta foi influenciado pelos tratamentos apenas nas avaliações realizadas aos 23 e 43 DAE (Figura 12B). Aos 23 DAE, o número de haste por planta foi maior quando se utilizou qualquer um dos manejos de aplicação com a dose de 100 g ha^{-1} de PCA. Não houve diferença no número de hastes por plantas nos manejos com aplicação de 50 g ha^{-1} de PCA. Vale destacar que até a data desta avaliação (23 DAE), só haviam sido estabelecidos os manejos controle e com uma aplicação de 50 ou 100 g ha^{-1} de PCA aos 15 DAE. O manejo com 100 g ha^{-1} de PCA aos 15 DAE proporcionou aumento no número de haste apenas quando comparado ao tratamento controle, sendo que este aumento foi de aproximadamente uma haste (cerca de 41%) (Figura 12B). Aos 43 DAE, quando todos os manejos de aplicação do PCA haviam sido estabelecidos, o número de hastes por planta foi maior quando se utilizou o tratamento controle em relação a qualquer um dos manejos de aplicação, exceto com o manejo de uma única aplicação de 100 g ha^{-1} de PCA.

O número de folhas por planta foi influenciado nas avaliações realizadas aos 23, 33 e 43 DAE (Figura 12C). Aos 23 DAE, todos os tratamentos que receberam 50

g ha⁻¹ de PCA apresentaram maior número de folhas por planta do que o tratamento controle e os tratamentos com 100 g ha⁻¹ de PCA. Aos 33 DAE, os manejos com duas ou três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA apresentaram maior número de folhas por planta do que os manejos que receberam 50 g ha⁻¹ de PCA. Aos 43 DAE, o número de folhas por planta foi maior para o tratamento controle quando comparado aos tratamentos que receberam uma ou três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA e duas ou três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA.

A área foliar das plantas de batata foi afetada nas avaliações realizadas aos 23 e 43 DAE (Figura 12D). Aos 23 DAE, as plantas que não receberam aplicação de PCA apresentaram menor área foliar do que as plantas do tratamento com uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA. Aos 43 DAE, os tratamentos com uma aplicação 50 g ha⁻¹ de PCA e 100 g ha⁻¹ de PCA apresentaram menor valor de área foliar comparado aos outros tratamentos. Estes resultados indicam que a aplicação de PCA não reduziu a área foliar das plantas da cultivar Ágata em relação ao controle, diferente do que foi observado por Tekalign e Hammes (2004) em outra cultivar de batata. Esses autores verificaram que entre duas e oito semanas após a aplicação de diferentes doses de paclobutrazol na cultura da batata houve redução significativa da área foliar das plantas tratadas com paclobutrazol em comparação ao tratamento controle.

A assimilação líquida de carbono (*A*) apresentou diferenças apenas aos 33 e 43 DAE (Figura 16A). Assim a *A* foi maior quando se utilizou os manejos com uma aplicação de PCA, independente da dose utilizada. Aos 33 DAE, o menor valor de *A* foi obtido no controle e no tratamento com três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA. Aos 43 DAE, o manejo com uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA continuou apresentando valores de *A* superiores ao tratamento controle e aos demais manejos de aplicação de PCA, mas não diferiu do tratamento com uma aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA.

O aumento da *A* pode estar relacionado ao fato de que o PCA reduz a biossíntese de giberelina (GA) e aumenta os níveis de ácido abscísico (ABA) e o conteúdo de citocinina (Fletcher et al. 2000), o que ajuda as plantas de batata a manter um melhor equilíbrio hídrico o qual pode ser refletido na melhor eficiência da *A*. O maior conteúdo de ABA induzido pelo PCA pode resultar em fechamento estomático parcial e, portanto, reduz a taxa de transpiração nas folhas enquanto que o CO₂ da câmara subestomática pode ser metabolizado

Aumentos nos valores da *A* também foram observados por Tekalign; Hammes (2004) quando se aplicou doses crescentes de paclobutrazol na cultura da batata.

Oliveira (2016) estudando a aplicação de três diferentes reguladores de síntese de giberelina (proexadiona cálcica, paclobutrazol e cloreto de mepiquate) em plantas de feijão verificou leve aumento na A com a utilização da dose máxima de PCA (400 g i.a. ha⁻¹).

A taxa de transpiração (E) foliar foi influenciada pelos tratamentos apenas na avaliação realizada aos 33 DAE (Figura 16B), momento em que os valores de E no tratamento com uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA foram maiores do que no tratamento controle, mas não diferiu dos demais tratamentos. A concentração interna de CO₂ na folha (C_i) foi influenciada pelos tratamentos apenas aos 43 DAE (Figura 16C). Os tratamentos com três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA proporcionou valores de C_i inferiores aos dos tratamentos controle e que receberam duas e três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA.

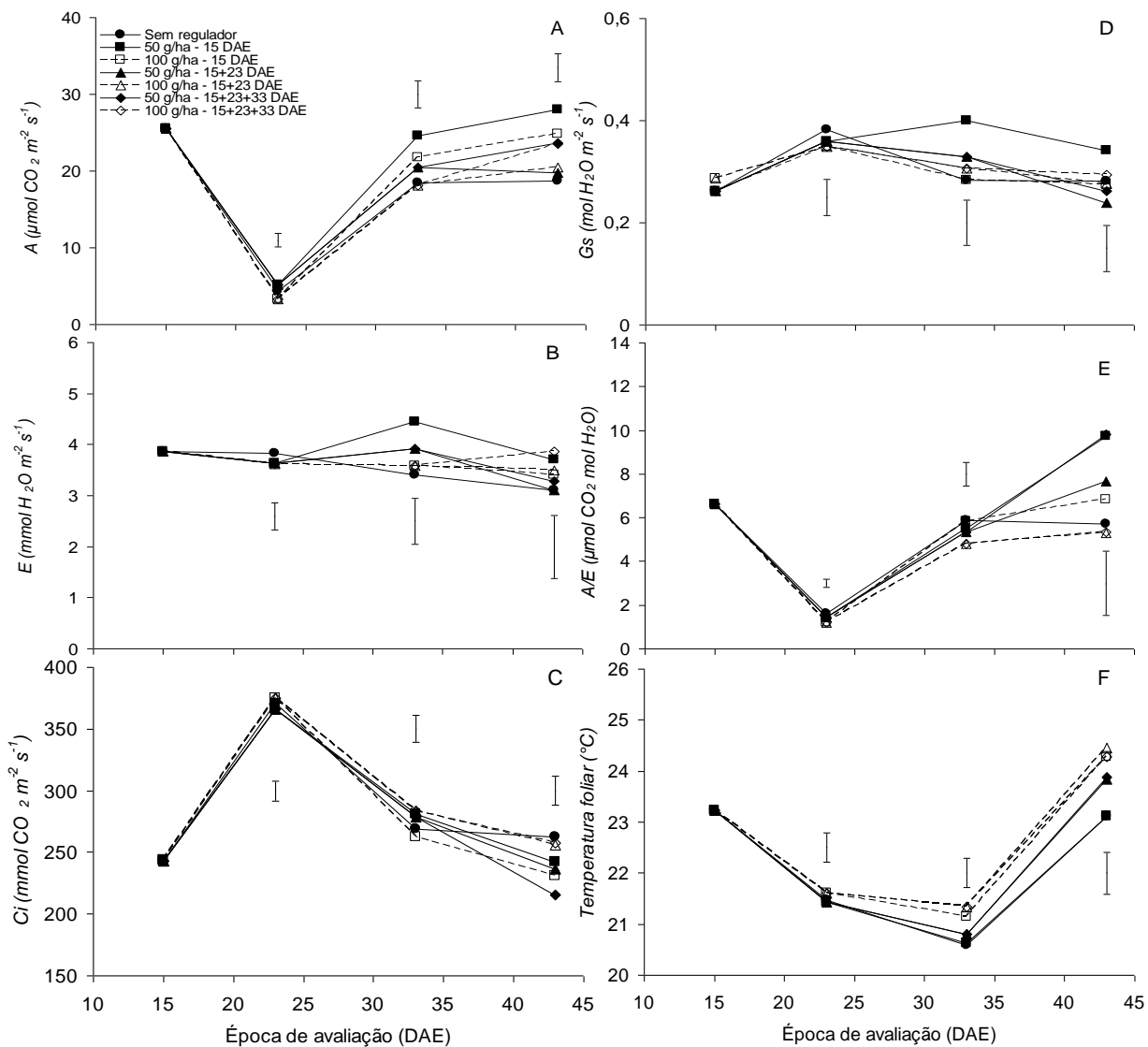
A condutância estomática (G_s) foi afetada nas avaliações realizadas aos 33 e 43 DAE (Figura 16D). Aos 33 DAE, o manejo com uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA promoveu maior G_s do que nos tratamentos controle e com uma aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA, enquanto que aos 43 DAE o tratamento com uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA superou os valores de G_s do tratamento com duas aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA. Nos demais tratamentos os valores de G_s foram intermediários.

A eficiência do uso da água (A/E) foi influenciada pelos tratamentos apenas aos 23 e 43 DAE (Figura 16E), ao passo que a temperatura da folha foi afetada pelos tratamentos apenas aos 43 DAE (Figura 16F). Aos 23 DAE, a A/E no manejo sem regulador foi similar a dos manejos com a menor dose de PCA (Figura 16E). Porém, aos 43 DAE os maiores valores de A/E ocorreram nos tratamentos com uma a três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA, enquanto que os menores valores ocorreram nos tratamentos controle e com duas e três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA. O aumento da A/E e da temperatura foliar aos 43 DAE resultante da aplicação do PCA está relacionado ao efeito que este regulador de crescimento exerce sobre as plantas, um fechamento parcial dos estômatos e, portanto, uma redução na perda de água através da folha (RADEMACHER, 2004), que faz com que esse hormônio aumente ligeiramente a temperatura da folha com eficiência intrínseca ao uso da água

Estes resultados corroboram com os resultados obtidos por Oliveira (2016) que observou aumento linear no A/E quando utilizou aplicação única de 400 g i.a. ha⁻¹ PCA em feijão comum. Durante as trocas gasosas, a absorção de dióxido de carbono do meio externo promove perda de água, e a diminuição dessa perda também restringe

a entrada de CO_2 (SHIMAZAKI et al, 2007). Essa interdependência, expressa pela relação entre a A e a E , indica a eficiência no uso da água (A/E), em que os valores observados relacionam a quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que perde (TAIZ; ZEIGER, 2017; JAIMEZ et al., 2005). Dessa forma, quanto maior for à eficiência no uso da água (A/E), maior a assimilação de carbono, enquanto as perdas de água através dos estômatos são reduzidas.

Figura 16 - Assimilação líquida de carbono (A), taxa de transpiração (B), concentração interna de CO_2 na folha (C), condutância estomática (D), eficiência do uso da água (E) e temperatura da folha (F) das plantas da cultivar Ágata no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha^{-1} de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)



Aos 43 DAE, a temperatura da folha nos tratamentos com a maior dose de PCA foi superior a do tratamento que recebeu apenas uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE; porém, não diferiu das demais formas de manejo da aplicação de PCA (Figura 16F). Oliveira (2016) verificou resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo quanto à temperatura foliar, sendo que observou aumento na temperatura foliar da ordem de 4,5% em comparação com a testemunha com a aplicação de 210 g i.a. ha⁻¹ PCA. Alvarez et al. (2012), estudando os efeitos dos inibidores de crescimento paclobutrazol, cloreto de mepquate e trinexapac-etílico na cultura do arroz, não verificaram efeito desses inibidores sobre as características de trocas gasosas das plantas (*A*; *E*, *Gs* e *A/E*). Resultados semelhantes foram verificados por Neves et al. (2002) na cultura de banana.

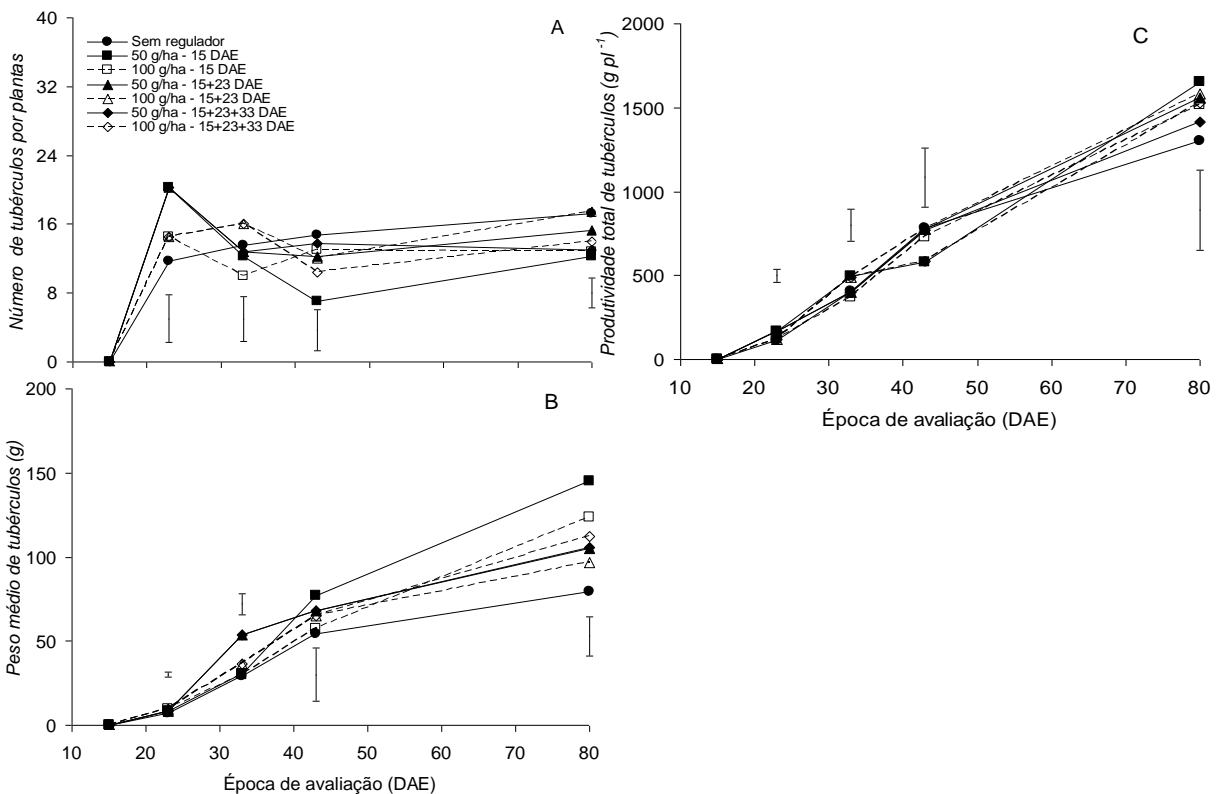
O efeito positivo de alguns inibidores de crescimento em processos fotossintéticos dá-se em vários fatores conjugados. Gao et al. (1988) verificaram que o tratamento com inibidor de crescimento aumentou o tamanho dos cloroplastos em plantas. Para Christov et al. (1995), alguns inibidores de crescimento induzem mudanças na atividade fotossintética de cloroplastos. Tais mudanças positivas na estrutura e função do cloroplasto podem melhorar drasticamente o processo de fixação do CO₂ nas plantas e podem estar envolvidos na melhor capacidade fotossintética das plantas.

O número de tubérculos por planta foi influenciado pelo manejo de aplicação de PCA em todas as avaliações realizadas (Figura 17A). Aos 23 DAE o tratamento com uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA apresentou número de tubérculos por planta maior do que no controle sem aplicação do regulador. Aos 33 DAE o menor número de tubérculos por planta ocorreu no tratamento que recebeu 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE e na avaliação seguinte o menor número de tubérculos foi observado no tratamento que recebeu apenas uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA. Na colheita final, os maiores números de tubérculos por planta ocorreram nos tratamentos controle e com uma aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA, enquanto que os menores número de tubérculos por planta ocorreram no tratamento que recebeu apenas uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE. Ellis et al. (2020) aplicaram PCA na batateira após o início da tuberização e verificaram que este regulador de crescimento reduziu o comprimento do internódio das plantas, mas não alterou o número de tubérculos por planta. No presente estudo, a aplicação de PCA desde a fase de iniciação de tubérculos (15 DAE) na cultivar Ágata também não apresentou efeito evidente sobre

o número de tubérculos por planta, mas houve uma tendência de reduzir o número de tubérculos quando o número de aplicações foi maior.

O peso médio de tubérculos não diferiu significativamente entre os tratamentos antes dos 30 DAE (Figura 17B). Aos 33 DAE os tubérculos dos tratamentos com duas e três aplicações 50 g ha⁻¹ de PCA foram mais pesados que os outros tratamentos, mas na avaliação seguinte estas diferenças desapareceram. Na ocasião da colheita final, verificou-se que os menores valores de peso médio de tubérculos ocorreram no tratamento controle e os maiores no tratamento que recebeu uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA. Nos demais tratamentos os valores de peso médio de tubérculos foram intermediários.

Figura 17 - Número de tubérculos por planta (A), peso médio de tubérculos (B) e produtividade total de tubérculos (C) da cultivar Ágata no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proxadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey ($p \leq 0.05$)



O maior peso médio de tubérculos no tratamento com uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA é reflexo da redução no número de tubérculos por planta, ou seja, neste tratamento houve uma redução no número de tubérculos e os tubérculos formados tornaram-se mais pesados, uma vez que as plantas tinham menos drenos para

particionar os fotoassimilados produzidos nas folhas. No entanto, Ellis et al. (2020) não obtiveram alteração no peso médio de tubérculos da batateira com a aplicação de doses crescentes de PCA após o início da tuberização.

A produtividade de tubérculos não foi influenciada estatisticamente pelos tratamentos em nenhuma das avaliações realizadas (Figura 17C), ou seja, as alterações proporcionadas pela aplicação de PCA no número e no peso médio de tubérculos não foram suficientes para alterar significativamente a produtividade de tubérculos. Ellis et al. (2020) também não verificaram efeito da PCA sobre a produtividade de tubérculos da batateira com a aplicação de PCA após o início da tuberização. No entanto, esses autores verificaram que a aplicação de paclobutrazol antes da tuberização da batata aumentou o número de tubérculos por planta e diminuiu o peso médio de tubérculos e o crescimento foliar, mas quando o paclobutrazol foi fornecido após a tuberização houve redução no crescimento foliar sem afetar o número de tubérculos e as produtividades total e comercial em comparação ao controle. Os resultados do presente estudo também indicam que a aplicação de PCA na fase de iniciação de tubérculos também reduz o crescimento vertical das plantas sem afetar negativamente a produtividade de tubérculos.

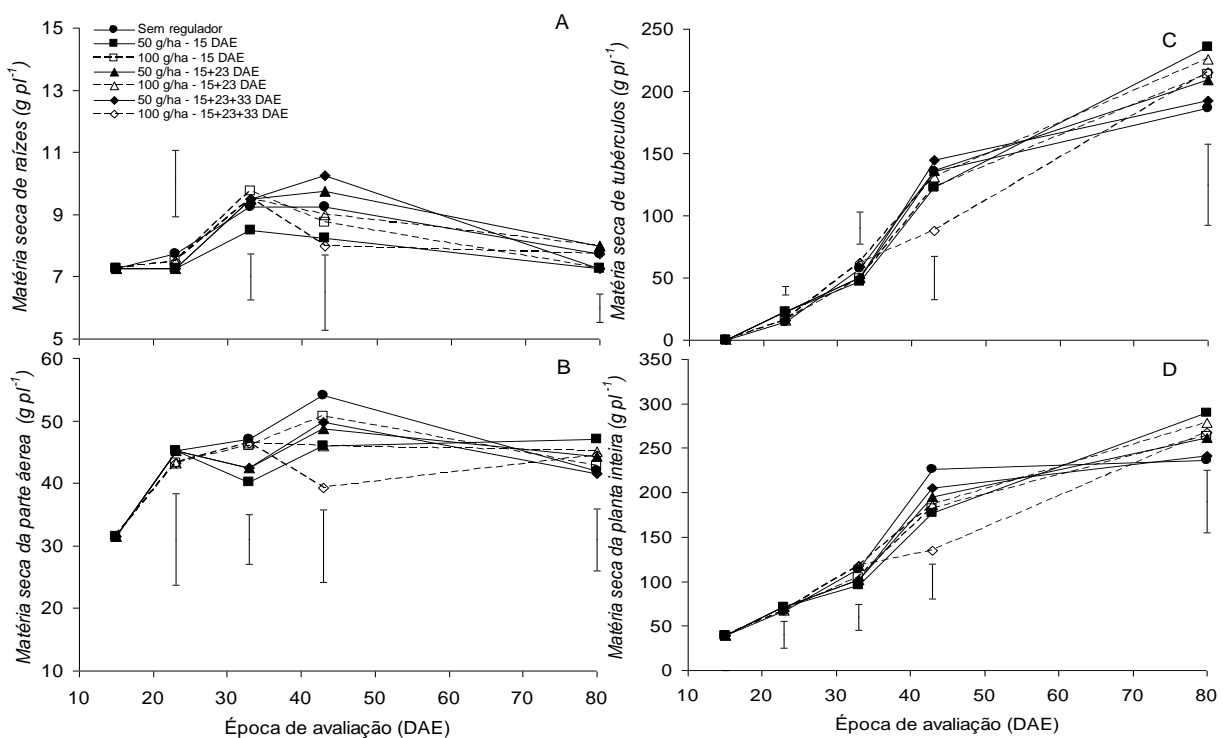
O acúmulo de matéria seca (MS) nas raízes não foi afetado pelos tratamentos estudados em nenhuma das avaliações realizadas (Figura 18A). O acúmulo da MS da parte aérea foi influenciado pelos tratamentos somente na avaliação realizada aos 43 DAE (Figura 18B). Nesta avaliação, o acúmulo da MS da parte aérea das plantas tratadas com três aplicações de 100 g ha^{-1} de PCA foi inferior ao do tratamento controle, mas na última avaliação, a MS da parte aérea das plantas de batata não diferiu entre os tratamentos. Estes resultados indicam que a aplicação de PCA reduz o crescimento vertical das plantas possivelmente por alterar a partição de biomassa entre as folhas e caules, ou seja, apesar de haver redução na altura das plantas a biomassa da parte aérea continua a mesma. No entanto, Tekalign e Hammes (2004) verificaram que a aplicação de doses crescentes de PBZ na batateira reduziu a partição de MS para as folhas e caules e aumentou a MS particionada para os tubérculos.

Nos tubérculos e na planta inteira o acúmulo de MS diferiu entre os tratamentos apenas aos 43 DAE (Figuras 18C e 18D). Nesta fase da cultura, o tratamento com três aplicações sequenciais de 100 g ha^{-1} de PCA reduziu o acúmulo de MS nos tubérculos e na planta inteira comparado ao controle, mas essa redução foi

compensada ao longo do restante do ciclo da cultura e na colheita final a MS de tubérculos e da planta inteira não diferiu entre os tratamentos. Estes resultados indicam que diferente do que foi observado por Tekalign e Hammes (2004) com o uso de PBZ na batateira, neste estudo a aplicação de PCA não reduziu o acúmulo de MS na parte aérea em detrimento do crescimento dos tubérculos.

Ellis et al. (2020), ao realizar aplicação de paclobutrazzol na cultura da batata antes da tuberização, verificaram redução da biomassa total (folhagem mais tubérculos), o que consequentemente resultou em índice de colheita mais alto (razão entre o rendimento de tubérculos e biomassa total).

Figura 18 - Acúmulo de matéria seca nas raízes (A), parte aérea (B), tubérculos (C) e na planta inteira (D) da cultivar Agata no tratamento sem aplicação de regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05)

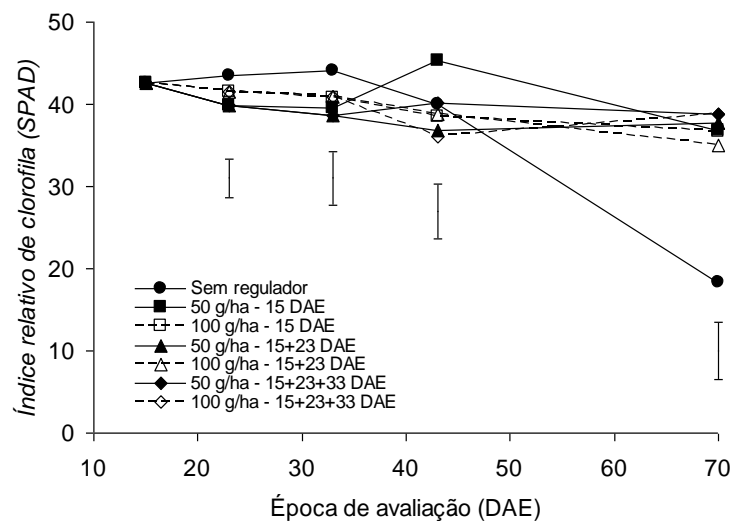


Barreto et al. (2018), ao avaliar as concentrações e tempos de aplicação de PCA no crescimento de mudas de morango, verificaram redução na massa seca da parte aérea na ordem de 45,07 e 31,74% com a utilização 400 mg L⁻¹ de PCA.

4.2 Cultivar Mondial em condição de casa de vegetação

O IRCF na cultivar Mondial foi afetado pelos tratamentos apenas aos 42 e 70 DAE (Figura 19). Aos 42 DAE, o tratamento com uma única aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA proporcionou valor de IRCF superior ao de todos os tratamentos que receberam 100 g ha⁻¹ de PCA e do tratamento que recebeu duas aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA. Aos 70 DAE, o IRCF não diferiu entre os tratamentos que receberam aplicação de PCA, mas nestes tratamentos o valor desta variável foi maior do que no tratamento controle (sem aplicação do regulador). Os resultados obtidos as 70 DAE evidenciaram que o IRCF é influenciado de forma mais expressiva quando se utiliza manejos com maior número de aplicação de PCA. Na cultura do feijão, Oliveira (2016) verificou incremento linear no IRCF com aumentos da ordem de 30,1%, 22,5% e 39,7% quando se utilizou reguladores de crescimento como o paclobutrazol, cloreto de mepiquate e PCA, respectivamente. Bekheta et al. (2009) evidenciaram que o uso de PCA em plantas de feijão promoveu acréscimos no IRCF quando utilizou-se 10, 20 e 30 mg L⁻¹ do regulador.

Figura 19 - Índice relativo de clorofila (SPAD) nas folhas das plantas da cultivar Mondial no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05)



O comprimento da maior haste das plantas da cultivar Mondial foi influenciado pelos tratamentos nas avaliações feitas aos 23, 33 e 43 DAE (Figura 20, 21 e 22A).

De maneira geral, em todas as avaliações o tratamento controle juntamente com o manejo que recebeu apenas uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA proporcionaram plantas com hastes maiores do que os manejos que receberam duas e três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA. Nunes (2017) não verificou redução no comprimento da maior haste da cultivar Ágata com a aplicação de regulador de crescimento. No entanto, esse autor realizou a aplicação dos reguladores e a avaliação do comprimento das hastes numa fase mais tardia do ciclo da cultura, o que pode explicar as divergências entre os resultados o que evidencia que o efeito do PCA pode ser perdido com o passar dos dias, se este não for reaplicado.

Outra possível explicação seria relacionada às características das cultivares, enquanto a cultivar Mondial apresenta crescimento vegetativo vigoroso da parte aérea o que indica maiores níveis de giberelinas ativas, a cultivar Ágata é caracterizada por apresentar baixo crescimento vegetativo, baixo acúmulo de MS nas folhas e hastes em comparação a cultivar Mondial (FERNANDES et al., 2010a) o que pode estar atribuído à menores níveis de giberelinas ativas, sendo assim os resultados da aplicação de inibidores de giberelinas seriam mais evidentes na cultivar Mondial. Mabvongwe et al. (2016) verificaram que, ao aplicar o regulador de crescimento paclobutrazol na cultura da batata, houve uma redução de até 30% no comprimento das hastes de plantas na avaliação feita aos 63 dias após a aplicação. Ellis et al. (2020) fizeram uma única aplicação de PCA após o início da tuberação e aos 18 dias após a aplicação eles verificaram redução de 32% no comprimento do caule das plantas de batata.

No entanto, no presente estudo, o uso de manejos com apenas uma aplicação de PCA não demonstrou ser eficiente para reduzir o comprimento das hastes das plantas da cultivar Mondial (Figura 22A). De acordo com Reekie et al. (2005b), a aplicação do PCA tem efeito curto nas plantas de morango, pois após algum tempo, o crescimento vegetativo pode ser retomado, e as plantas tratadas podem crescer rapidamente. A PCA bloqueia a conversão de GA₂₀(inativo) em GA₁ (ativo), resultando em um acúmulo de GA₂₀. Quando o efeito inibidor se dissipa após cerca de duas semanas (ILIAS et al. 2007), o pool de GA₂₀ na folhagem seria prontamente convertido em GA₁, resultando na retomada do crescimento normal (RADEMACHER 2016).

Tais resultados não deixam dúvida de que a aplicação de PCA reduz o comprimento das hastes das plantas da cultivar Mondial, desde que seja aplicado logo

no início do seu desenvolvimento, mas é preciso adotar mais de uma aplicação do regulador, principalmente quando se utiliza doses baixas do ingrediente ativo, uma vez que neste trabalho, os manejos com poucas aplicações de PCA retomaram o crescimento apical. O efeito pouco persistente do produto é comum em muitas culturas, sendo este em torno de 15 dias. A retomada do crescimento apical das plantas após a aplicação de regulador de crescimento também foi relatada em outros estudos. Mouco et al. (2010) verificaram que aos 105 dias após a aplicação de PCA, as plantas de manga tratadas com PCA restabeleceram a síntese de GA₁, o que foi atribuído a retomada do crescimento das plantas após o término do período de ação da PCA.

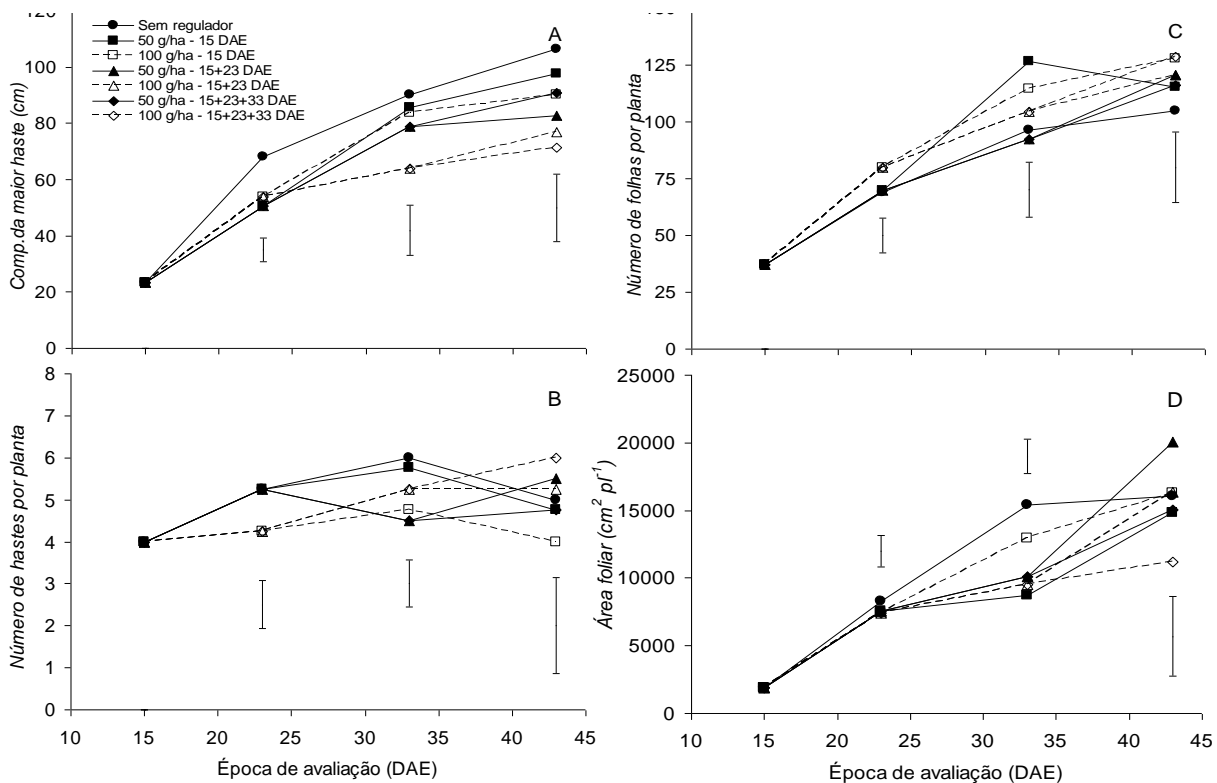
Figura 20 - Aspectos das plantas da cultivar Mondial aos 23 DAE. Plantas tratadas com proexadiona cálcica apresentam menor altura



Figura 21 - Aspectos das plantas da cultivar Mondial aos 42 DAE. Plantas tratadas com proexadiona cálcica apresentam menor altura. Os tratamentos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade



Figura 22 - Comprimento da maior haste (A), número de hastes por planta (B), número de folhas por planta (C) e área foliar (D) da cultivar Mondial no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05)



O número de hastes e folhas por planta foi influenciado pelos tratamentos apenas na avaliação realizada aos 33 DAE (Figura 22B e 22C). Aos 33 DAE o número de haste por planta no tratamento controle foi maior do que nos tratamentos com duas e três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA e com uma aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA. Porém, o número de folhas por planta aos 33 DAE no tratamento com uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA foi maior do que nos tratamentos controle e com duas e três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA. Apesar dessas diferenças, não foi possível verificar uma tendência de efeito dos tratamentos sobre o número de hastes e folhas por planta da cultivar Mondial. Nunes (2017) verificou aumento no número de folhas da batateira em resposta à aplicação de regulador de crescimento.

O aumento no número de folhas em resposta ao uso de reguladores de crescimento pode estar relacionado com a interrupção da dominância apical da planta e com a possível redistribuição e/ou potencialização da síntese de citocininas

endógenas. As citocininas desempenham funções específicas na planta, regulando a divisão celular nas partes aérea e radicular, modificando a dominância apical e promovendo o crescimento de novas estruturas, como gemas laterais, que possivelmente pode estar relacionado ao aumento do número de hastes secundárias e folhas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Nunes (2017) verificou acréscimos em torno de 29% no número de hastes por planta quando se utilizou uma aplicação de 100 e 50 g ha⁻¹ do i.a. de reguladores de crescimento para as cultivares Ágata e Mondial. Boadlaender e Algra (1966) observaram que a produção de novas folhas nas plantas de batata não foi inibida quando esta recebeu tratamento com compostos inibidores da síntese de giberelinas.

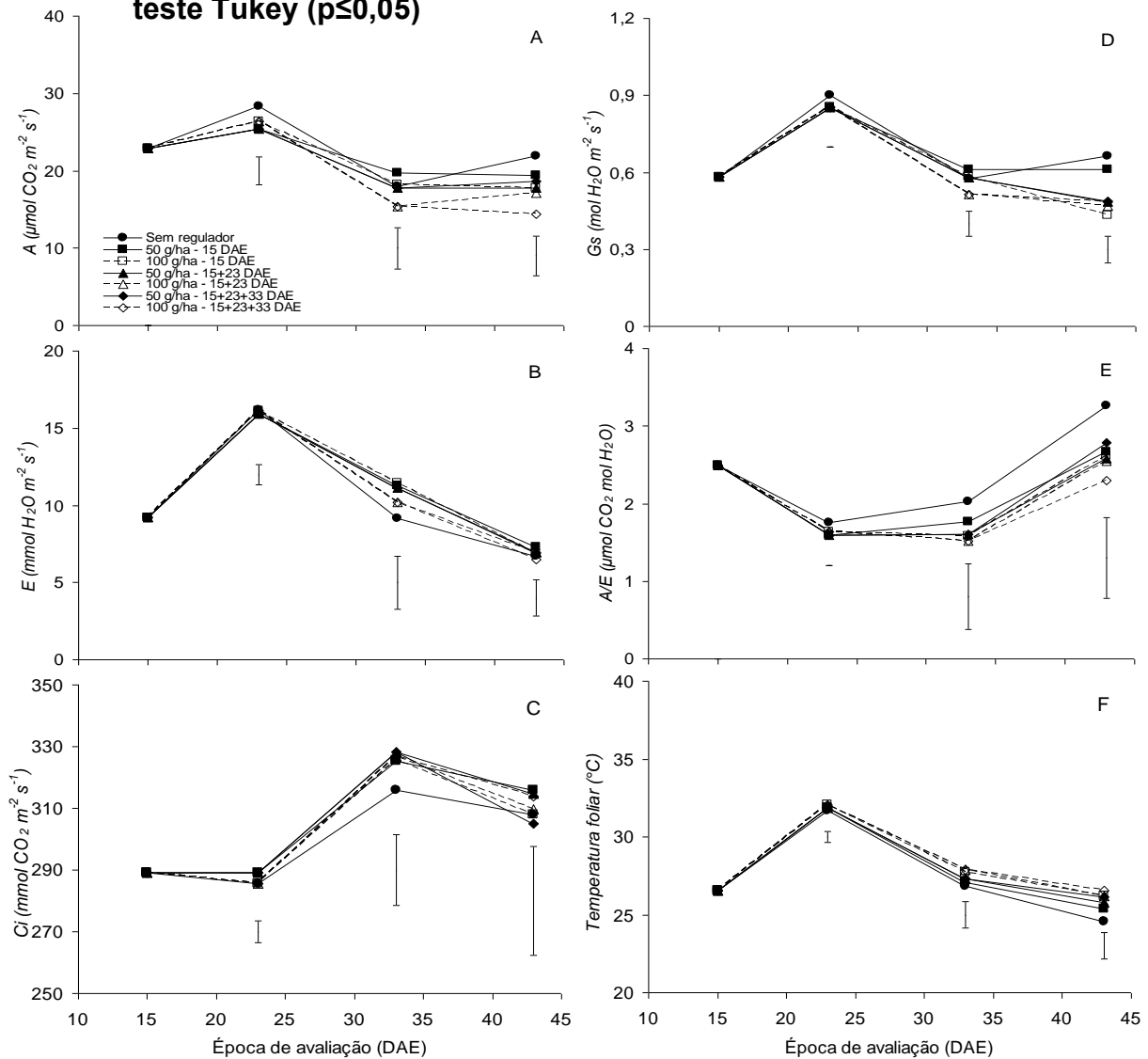
A cultivar Mondial, diferente da cultivar Ágata, apresenta desenvolvimento mais vigoroso da parte aérea. No entanto, a aplicação de PCA não reduziu significativamente a área foliar das plantas da cultivar Mondial ao longo do período de avaliações (Figura 22D). Aos 33 DAE a área foliar das plantas do tratamento controle foi maior do que na maioria dos tratamentos que recebeu aplicação de PCA, mas na última avaliação aos 43 DAE houve diferença na área foliar das plantas apenas entre os tratamentos que receberam duas aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA e três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA. Diferente destes resultados, Tekalign e Hammes (2004) obtiveram redução significativa da área foliar das plantas de batata tratadas com PBZ.

A assimilação líquida de carbono (A) foi afetada pelos tratamentos somente aos 43 DAE (Figura 23A). As plantas que não receberam aplicação do regulador apresentaram valores de A superiores aos do tratamento que recebeu três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA. A taxa de transpiração (E), a concentração interna de CO₂ na folha (C_i), e a eficiência do uso da água (A/E), não foram influenciadas pelos tratamentos em todas as avaliações realizadas (Figura 23B, 23C e 23E). Na última avaliação (43 DAE) os valores médios de E , C_i e A/E foram de 7 mmol H₂O m⁻² s⁻¹, 310 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹ e 3 μmol CO₂ mol H₂O, respectivamente.

A condutância estomática (G_s) e a temperatura da folha foram influenciadas pelos tratamentos apenas na avaliação realizada aos 43 DAE (Figuras 23D e 23F). Aos 43 DAE, a G_s foi maior nos tratamentos controle e com uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA, enquanto que nos demais manejos estudados esta variável não diferiu. No tratamento controle a temperatura foliar foi menor do que no tratamento que recebeu três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA, ou seja, neste tratamento a aplicação

de PCA promoveu aumento de aproximadamente 3,75°C na temperatura foliar comparado ao tratamento controle.

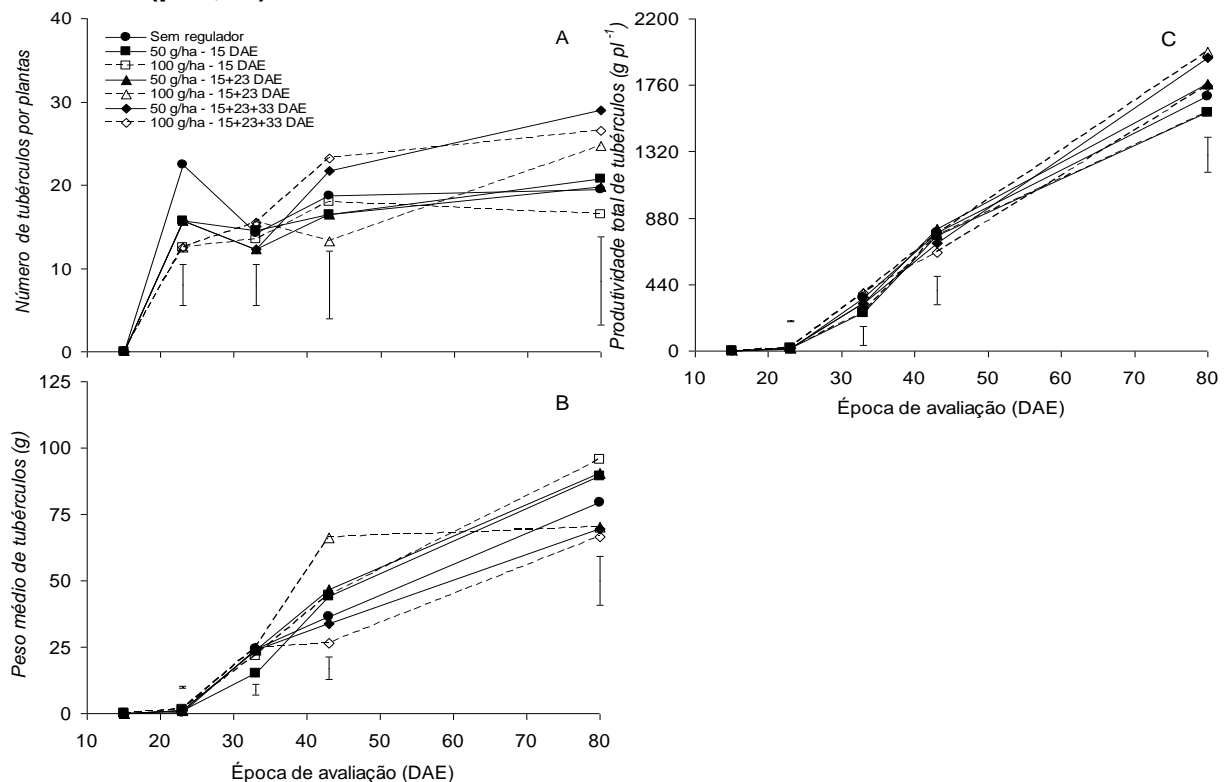
Figura 23 - Assimilação líquida de carbono (A), taxa de transpiração (B), concentração interna de CO₂ na folha (C), condutância estomática (D), eficiência do uso da água (E) e Temperatura das folhas (F) da cultivar Mondial no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05)



O número de tubérculos por planta foi influenciado pelos tratamentos nas avaliações realizadas aos 23, 43 e 80 DAE (colheita final) (Figura 24A). Aos 23 DAE, o maior número de tubérculos por planta ocorreu no tratamento controle e o menor nos tratamentos que receberam 100 g ha⁻¹ de PCA, mas na avaliação seguinte essas diferenças desapareceram. De certa forma, entre os 43 DAE e a colheita final, os

maiores números de tubérculos por planta ocorreram nos tratamentos que receberam três aplicações de 50 ou 100 g ha⁻¹ de PCA, enquanto que na colheita final o menor número de tubérculos por planta ocorreu no tratamento com apenas uma aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA. Ellis et al. (2020) não obtiveram alteração significativa no número de tubérculos por planta quando aplicação PCA ou PBZ ocorreu após o início da tuberização, mas quando a aplicação de PBZ ocorreu antes da tuberização houve aumento significativo no número de tubérculos por planta. No presente estudo, houve tendência de aumento no número de tubérculos por planta quando ocorreram três aplicações sequenciais de PCA a partir da fase de iniciação de tubérculos (entre 10 e 15 DAE).

Figura 24 - Número de tubérculos por planta (A), peso médio de tubérculos (B) e produtividade total de tubérculos (C) da cultivar Mondial no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05)



O peso médio de tubérculos foi influenciado pelos tratamentos nas avaliações realizadas após os 23 DAE (Figura 24B). Aos 33 DAE, o tratamento com 50 g ha⁻¹ de PCA proporcionou menor peso médio de tubérculos comparado aos demais tratamentos, mas aos 43 DAE os menores valores de peso médio de tubérculos ocorreram no tratamento com três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA, enquanto que os

tubérculos mais pesados foram obtidos no tratamento que recebeu duas aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA. Na colheita final, o peso médio de tubérculos no tratamento com uma aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA foi maior do que nos tratamentos com duas e três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA e no tratamento com três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA. Da mesma forma que ocorreu com a cultivar Ágata, nota-se que as plantas de batata compensam o menor número de tubérculos por planta aumentando a sua massa média e o inverso também ocorre, ou seja, quando a aplicação de PCA aumentou o número de tubérculos por planta houve redução no peso médio de tubérculos. Ellis et al. (2020) verificaram que a aplicação de PBZ antes da tuberização da batateira aumentou o número de tubérculos por planta e diminuiu o peso médio dos tubérculos, resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo.

A produtividade de tubérculos não foi influenciada pelos tratamentos até a avaliação realizada aos 43 DAE, mas na colheita final houve diferença significativa entre os tratamentos (Figura 24C). Na colheita final, os tratamentos com duas aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA e com três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA proporcionaram as maiores produtividades de tubérculos enquanto que as menores produtividades foram obtidas no tratamento com uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA, o qual não diferiu dos demais tratamentos.

Estes resultados indicam que os tratamentos com duas aplicações de 100 g ha⁻¹ e três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA aumentaram a produtividade de tubérculos por aumentar o número de tubérculos por planta, mas os tubérculos ficaram menores. Isto mostra que o aumento de produtividade foi reflexo do aumento no número de tubérculos de menor tamanho, o que não é interessante para a comercialização no mercado fresco do Brasil, pois os tubérculos maiores tem maior valor comercial. No estudo feito por Ellis et al. (2020) a aplicação de PBZ antes da tuberização não aumentou a produtividade de tubérculos, mas aumentou o número de tubérculos por planta e diminuiu o peso médio deles. No entanto, para a condição do estudo desses autores (EUA) esse resultado foi interessante, porque a cultivar utilizada (Bondi) no estudo apresentava crescimento excessivo da parte aérea e produzia tubérculos excessivamente grandes, e por isso a redução do tamanho dos tubérculos foi algo positivo.

O acúmulo de matéria seca (MS) nas raízes foi afetado pelo uso de PCA apenas aos 23 e 33 DAE (Figura 25A). Tanto aos 23 quanto aos 33 DAE o acúmulo de MS nas raízes foi maior quando não ocorreu a aplicação foliar de PCA e

principalmente aos 33 DAE houve menor acúmulo de MS nas raízes das plantas dos tratamentos com duas e três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA.

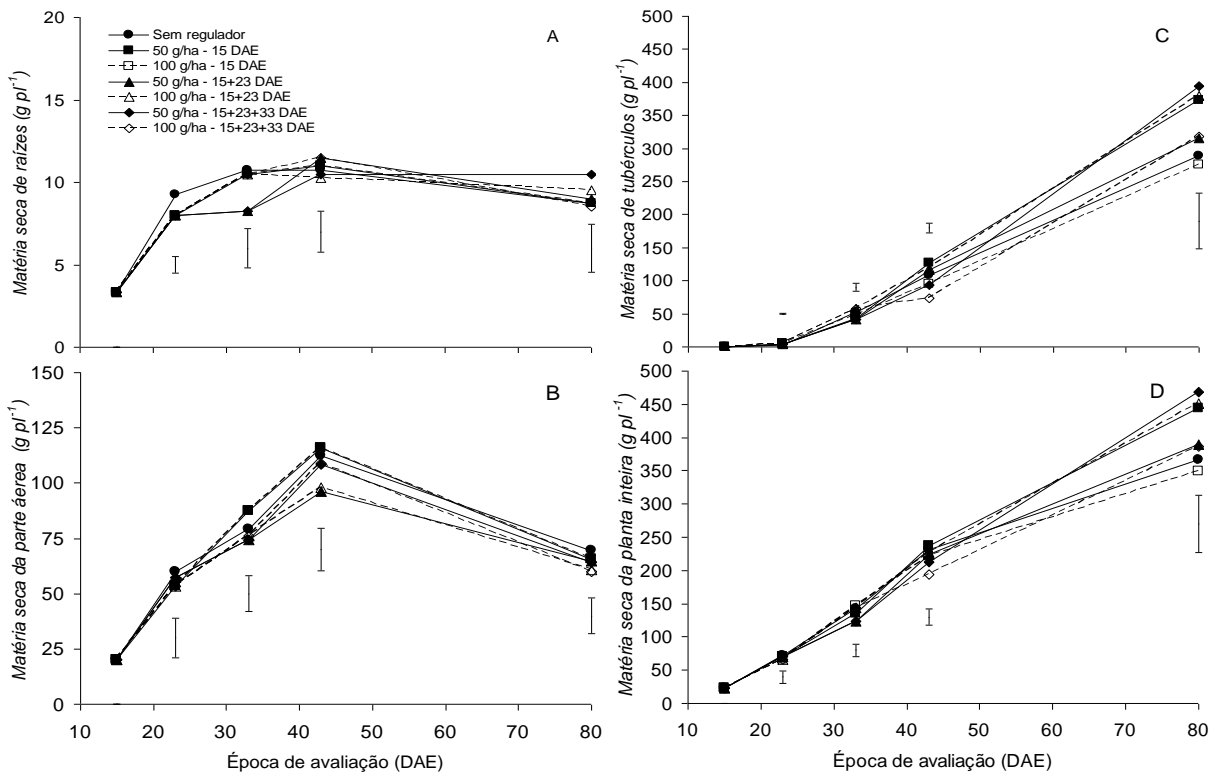
Na parte aérea das batateiras, o acúmulo de MS foi influenciado pelos tratamentos apenas aos 43 DAE (Figura 25B). Os tratamentos que receberam duas aplicações de 50 ou 100 g ha⁻¹ de PCA acumularam menos MS em sua parte aérea do que o tratamento que recebeu apenas uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA. Contudo, na última avaliação a MS da parte aérea das plantas tratadas com PCA não foi inferior à das plantas do tratamento controle. Isso mostra que a aplicação de PCA apesar de ter reduzido o crescimento vertical das plantas de batata não reduziu a acumulação de MS na parte aérea das mesmas. Diferentemente destes resultados, Tekalign e Hammes (2004) verificaram que a aplicação de paclobutrazol na batateira reduziu a alocação de MS para as hastes e folhas e as aumentou a proporção de MS alocada para os tubérculos.

As quantidades de MS acumuladas nos tubérculos diferiram significativamente entre os tratamentos desde a avaliação feita aos 33 DAE até a colheita final (Figura 25C). Aos 33 DAE o acúmulo de MS nos tubérculos das plantas do tratamento com uma aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA foi maior do que no tratamento duas aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA. Aos 43 DAE e na colheita final o tratamento sem regulador de crescimento e o tratamento que recebeu uma aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA tenderam a apresentar menor acúmulo de MS nos tubérculos do que os tratamentos que receberam uma e três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA ou duas aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA. Assim, na colheita final, a MS de tubérculos do tratamento controle e do tratamento com uma aplicação de 100 g ha⁻¹ foi aproximadamente 26% menor do que nos outros tratamentos que acumularam mais MS nos tubérculos, o que demonstra que a escolha do manejo de aplicação de PCA na batateira deve ser cautelosa e que na cultivar Mondial a aplicação de PCA pode favorecer o acúmulo de MS nos tubérculos. Benefícios da aplicação de reguladores de crescimento sobre a alocação de MS para os tubérculos da batateira também foram relatados por Tekalign e Hammes (2004).

O acúmulo de MS na planta inteira foi influenciado pela aplicação de PCA apenas aos 33 e 43 DAE e na colheita final (Figura 25D). Aos 33 DAE o acúmulo MS na planta inteira foi maior no tratamento com 100 g ha⁻¹ de PCA, independentemente do número de aplicações realizadas. Aos 43 DAE, o manejo com três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA reduziu a MS das plantas de batata em relação à maioria dos outros

tratamentos que receberam PCA ou não. Na colheita final, foi verificado que o maior acúmulo de MS ocorreu nas plantas que receberam três aplicações de 50 g ha^{-1} de PCA e o menor acúmulo de MS foi observado nas plantas do tratamento controle e naquelas tratadas com uma aplicação de 100 g ha^{-1} de PCA. Estes resultados indicam que o maior acúmulo de MS nas plantas de batata tratadas com mais de uma aplicação de PCA é reflexo dos aumentos na biomassa de tubérculos e não na biomassa de parte aérea, o que é uma característica favorável para a cultura.

Figura 25 - Acúmulo de matéria seca nas raízes (A), parte aérea (B), tubérculos (C) e na planta inteira (D) da cultivar Mondial no tratamento sem aplicação do regulador (Controle) e nos tratamentos com aplicações isoladas ou sequenciais de 50 ou 100 g ha^{-1} de proexadiona cálcica. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)



4.3 Cultivar Ágata em condição de campo

Na avaliação feita na fase de enchimento de tubérculos (45 DAE), o número de hastes por planta não foi afetado por nenhum dos fatores estudados com média de 2,0 hastes por planta (Tabela 7). O comprimento da maior haste e o número de tubérculos por planta não foram afetados pelos níveis de N, mas a aplicação de PCA afetou significativamente estas variáveis (Tabela 7).

Tabela 7 - Comprimento da maior haste, número de hastes e tubérculos por planta da cultivar Ágata durante a fase de enchimento de tubérculos (45 DAE) em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica

Tratamentos	Comprimento da haste (cm)	Número de hastes no. pl ⁻¹	Número de tubérculos
Nível de N (N) ⁽¹⁾			
Recomendado	44,1	2,0	10
Alto	44,7	2,0	10
Manejo da PCA (PCA) ⁽²⁾			
Controle	52,5 ^a	2,0	11,88a
50g	46,9b	1,8	10,96abc
100g	44,9bc	2,1	11,33ab
50+50g	43,7cd	1,8	9,30d
100+100g	39,1e	2,1	10,13bcd
50+50+50g	42,2cde	2,1	10,36bcd
100+100+100g	41,1de	2,1	9,83cd
ANOVA		<i>P>F</i>	
N	NS	NS	NS
PCA	<0,001	NS	<0,001
NxPCA	NS	NS	NS
CV (parcela) (%)	4,9	20,8	9,0
CV (subparcela) (%)	4,5	17,8	7,4

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ Recomendado: 120 kg ha⁻¹ de N, Alto: 240 kg ha⁻¹ de N.

⁽²⁾ Controle: sem aplicação de PCA, 50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE, 100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE; 50+50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE, 100+100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE.

Todos os tratamentos que receberam aplicação de PCA tiveram o comprimento das hastes reduzido em comparação ao controle, mas as maiores reduções ocorreram com duas e três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA ou com três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA. Resultados semelhantes foram encontrados por Mabvongwe et al. (2016) que ao aplicarem paclobutrazol na cultura da batata evidenciaram redução de até 30% no comprimento das hastes de plantas em avaliação realizada aos 63 DAP. Ellis et al. (2020) obtiveram valores de redução no comprimento das hastes da batateira de 32% em resposta a aplicação de PCA. No entanto, estes resultados indicam que o uso de manejos com apenas uma aplicação

da PCA não demonstrou ser efetivo na redução do comprimento das hastes da cultivar Ágata, tendo assim, a necessidade de reaplicação do regulador para que ocorra redução no comprimento das hastes.

Os tratamentos com mais de uma aplicação de PCA diminuíram o número de tubérculos por planta em comparação ao controle durante a fase de enchimento de tubérculos (Tabela 7), o que mostra que o uso de PCA além de reduzir o comprimento das hastes da batateira também pode alterar o desenvolvimento dos tubérculos. A aplicação de PBZ antes da tuberização tem mostrado que há um aumento no número de tubérculos por planta (Ellis et al., 2020), diferentemente dos resultados do presente estudo.

O número de folhas por planta durante a fase de enchimento de tubérculos (45 DAE) não foi afetado pelos tratamentos e foi, em média, de 24,6 folhas por planta (Tabela 8). Boadlaender e Algra (1966) também verificaram que a produção de novas folhas nas plantas de batata não foi inibida pela aplicação de compostos inibidores da síntese de giberelina. Entretanto, Nunes (2017) verificou aumento no número de folhas por planta em resposta a aplicação de reguladores de crescimento na cultura da batata e atribuiu esse resultado ao aumento na emissão de hastes secundárias pelas plantas de batata.

A área foliar das plantas na fase de enchimento de tubérculos não foi influenciada pela interação dos fatores estudados nem pelas doses de N adotadas. (Tabela 8). Entretanto verificou-se que a aplicação de PCA alterou a área foliar das plantas. De forma geral os tratamentos com duas e três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA reduziram a área foliar das plantas mais expressivamente, comparado aos tratamentos controle e com duas aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA. É importante ressaltar que o aumento no fornecimento de N para as plantas da cultivar Ágata não resultou em maior crescimento foliar.

O índice de área foliar (IAF) na fase de enchimento de tubérculos foi influenciado apenas pela aplicação de PCA (Tabela 8). Todos os tratamentos que receberam aplicação foliar de PCA diminuíram o IAF em comparação ao controle, sendo que as maiores reduções ocorreram nos tratamentos que receberam duas e três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA ou três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA. Estes resultados indicam que o uso de PCA é uma alternativa para diminuir o crescimento foliar excessivo da cultura da batata, uma vez que plantas tratadas com PCA apresentaram menor IAF.

Tabela 8 - Número de folhas por planta, área foliar por planta, índice de área foliar (IAF), índice relativo de clorofila nas folhas (SPAD) e teor de N na folha diagnóstica das plantas da cultivar Ágata durante a fase de enchimento de tubérculos (45 DAE) em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica

Tratamentos	Número de folhas	Área foliar	IAF	Índice relativo de clorofila	Teor de N na folha
	— no. pl ⁻¹ —	— cm ² pl ⁻¹ —		— SPAD —	— g kg ⁻¹ —
Nível de N (N) ⁽¹⁾					
Recomendado	24	6.502	2,32	38,5b	45,5b
Alto	25	6.450	2,3	39,8a	50,7a
Manejo da PCA (PCA) ⁽²⁾					
Controle	24	8.106a	2,88a	38,8	44,9
50g	25	6.696bc	2,38bc	39,9	48,6
100g	25	6.718abc	2,40bc	39,2	48,5
50+50g	24	7.110ab	2,52ab	39,6	48,2
100+100g	26	5.652cd	2,02cd	38,8	48,7
50+50+50g	23	6.078bcd	2,16bcd	39,9	47,6
100+100+100g	25	4.968bd	1,76d	39,8	50,5
<i>P>F</i>					
N	NS	NS	NS	0,005	0,003
PCA	NS	<0,001	<0,001	NS	NS
NxPCA	NS	NS	NS	NS	NS
CV (parcela) (%)	10,0	5,94	7,4	1,7	4,8
CV (subparcela) (%)	14,2	12,11	12,9	3,1	9,0

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ Recomendado: 120 kg ha⁻¹ de N, Alto: 240 kg ha⁻¹ de N.

⁽²⁾ Controle: sem aplicação de PCA, 50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE, 100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE; 50+50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE, 100+100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE.

O índice relativo de clorofila nas folhas (SPAD) e o teor de N na folha diagnóstica foram afetados apenas pelo nível de nitrogênio adotado (Tabela 8). Nos tratamentos com alto fornecimento de N, o índice SPAD e o teor de N foliar foram maiores do que no tratamento com o nível recomendado de N. Vale destacar que em ambos os níveis de fornecimento de N as plantas de batata estavam adequadamente nutridas com N, uma vez que os teores foliares desse nutriente ficaram dentro da faixa estabelecida como adequada para a cultura da batata que é de 40 a 50 g kg⁻¹ (Lorenzi et al., 1997).

Na colheita final, as variáveis número de tubérculos por planta, peso médio de tubérculos, comprimento e diâmetro de tubérculos e o índice de formato dos tubérculos (IFT) não foram afetadas pelos fatores estudados (Tabela 9). Em média, as plantas da cultivar Ágata apresentaram aproximadamente 13,1 tubérculos com um

peso médio de 71,9 g, cujos comprimento e diâmetro médios eram 86,1 e 52,6 cm, respectivamente. Estes resultados indicam que a aplicação de PCA na cultivar Ágata a partir da fase de iniciação de tubérculos não afeta o desenvolvimento dos tubérculos. Em estudo feito por Ellis et al. (2020) a aplicação mais tardia de PCA, ou seja, após o início da tuberização também não alterou significativamente o número de tubérculos por planta e o peso médio dos tubérculos em comparação ao tratamento controle.

Tabela 9 - Número, peso médio, comprimento, diâmetro e índice de formato (IFT) de tubérculos da cultivar Ágata na colheita final em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica

Tratamento	Tubérculos				
	Número no. pl ⁻¹	Peso médio G	Comprimento cm	Diâmetro cm	IFT
Nível de N (N) ⁽¹⁾					
Recomendado	13	70,4	85,2	52	164
Alto	13	73,3	86,9	53	163
Manejo da PCA (PCA) ⁽²⁾					
Controle	14	66,7	84,0	53	158
50g	12	75,9	86,6	53	163
100g	12	77,7	88,8	53	167
50+50g	13	71,7	85,9	53	161
100+100g	13	71,4	88,1	51	170
50+50+50g	13	71,7	84,3	51	162
100+100+100g	13	68,3	84,8	51	163
ANOVA			<i>P>F</i>		
N	NS	NS	NS	NS	NS
PCA	NS	NS	NS	NS	NS
NxPCA	NS	NS	NS	NS	NS
CV (parcela) (%)	5,91	6,04	8,90	3,40	10,97
CV (subparcela) (%)	12,83	11,26	5,70	3,06	6,36

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ Recomendado: 120 kg ha⁻¹ de N, Alto: 240 kg ha⁻¹ de N.

⁽²⁾ Controle: sem aplicação de PCA, 50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE, 100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE; 50+50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE, 100+100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE.

As produtividades total e comercial de tubérculos não foram afetadas pelos tratamentos estudados (Tabela 10). Esses resultados indicam que a aplicação de PCA não afetou negativamente a produtividade da cultivar Ágata, e que não há a necessidade de aplicar o dobro da dose recomendada de N na batateira, mesmo que em associação com o uso de PCA, uma vez que no nível adequado de N as plantas estavam adequadamente nutridas com este elemento e a produtividade de tubérculos não foi baixa e/ou inferior à do tratamento com alto N. Esses resultados indicam que o uso de regulador de crescimento apesar de não aumentar a produtividade de

tubérculos pode ser uma alternativa para diminuir o porte das plantas de batata, uma vez que a aplicação de PCA neste estudo reduziu significativamente o comprimento das maiores hastes. Contudo, Tekalign e Hammes (2005b) estudaram o efeito da aplicação de paclobutrazol em batateira e observaram que a produtividade total aumentou aproximadamente 57% em relação ao tratamento controle. De acordo com esses autores, o aumento da produtividade esteve associado ao provável aumento da taxa fotossintética e atraso do início da fase de senescência; fatos estes, que não foram observados no presente estudo. Pavlista (2013) obteve aumento de 9 a 22% na produtividade de tubérculos quando a PCA foi aplicada após a tuberização (peso dos maiores tubérculos entre 25 e 100 g), mas junto com o aumento de produtividade houve aumento na porcentagem de tubérculos deformados, inviabilizando a vantagem obtida sobre a produtividade (PAVLISTA, 2013). No entanto, em estudo feito por

Tabela 10 - Produtividade total e comercial de tubérculos e produtividade de tubérculos das classes especial, primeira, segunda e miúda da cultivar Ágata na colheita final em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica

Tratamento	Total	Comercial	Especial	Primeira	Segunda	Miúda
	-kg ha ⁻¹					
Nível de N (N) ⁽¹⁾						
Recomendado	32.792	32.439	20.156	10.686	1.597	353
Alto	33.569	33.198	20.921	10.520	1.756	371
Manejo da PCA (PCA) ⁽²⁾						
Controle	33.000	32.683	19.834	11.165	1.683	317c
50g	33.181	32.815	21.435	9.732	1.648	366abc
100g	34.133	33.809	21.705	10.629	1.475	323bc
50+50g	32.537	32.116	20.153	10.381	1.580	421a
100+100g	33.746	33.375	21.180	10.386	1.808	371abc
50+50+50g	32.623	32.293	19.627	10.937	1.728	330bc
100+100+100g	33.042	32.637	19.834	10.991	1.812	405ab
ANOVA	<i>P>F</i>					
N	NS	NS	NS	NS	NS	NS
PCA	NS	NS	NS	NS	NS	0,002
NxPCA	NS	NS	0,012	0,035	NS	NS
CV (parcela) (%)	4,28	2,84	6,16	9,83	16,00	6,74
CV (subparcela) (%)	5,75	6,43	8,29	11,52	13,45	15,41

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ Recomendado: 120 kg ha⁻¹ de N, Alto: 240 kg ha⁻¹ de N.

⁽²⁾ Controle: sem aplicação de PCA, 50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE, 100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE; 50+50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE, 100+100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE.

Ellis et al. (2020) a aplicação de PBZ antes da tuberização ou de PBZ e PCA após a tuberização (tubérculos com 2,5 a 5,0 g) não alterou a produtividade de

tubérculos, mas quando o PBZ foi aplicado antes da tuberização houve aumento no número de tubérculos de menor tamanho.

A produtividade das classes de tubérculos especial e primeira foram afetadas pela interação nível de N x manejo da PCA (Tabela 10). Para a produtividade da classe especial, a aplicação de PCA não afetou a produtividade dessa classe de tubérculos quando se forneceu alto nível de N, mas no nível recomendado de N houve diferença apenas entre o tratamento com 50 g ha⁻¹ de PCA e os tratamentos controle e com três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA (Tabela 11). Nota-se que o aumento no suprimento de N aumentou a produtividade de tubérculos especiais apenas nos tratamentos controle e com três aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA, enquanto que no tratamento com uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA o aumento no suprimento de N reduziu significativamente a produtividade de tubérculos de tamanho especial. Os autores Tavares e Lucchesi (1999) estudaram o efeito da aplicação dos reguladores de crescimento cloreto de mepiquate e cloreto de cloromequate na cultivar de batata Monalisa visando a produção de tubérculo-semente, e observaram que quando as plantas foram tratadas com os reguladores de crescimento houve redução média de 3.000 kg ha⁻¹ na classe de tubérculos de maior diâmetro (>60 mm) em comparação ao tratamento controle.

Para a produtividade de tubérculos da classe primeira, verificou-se que quando foi utilizado o nível recomendado de N o tratamento com uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA reduziu a produtividade dessa classe de tubérculos em relação aos tratamentos controle e com uma aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA (Tabela 11). Sob alto fornecimento de N, a aplicação de PCA não alterou a produtividade de tubérculos da classe primeira. Contudo, o aumento no nível de suprimento de N aumentou a produtividade de tubérculos da classe primeira no tratamento com uma aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA e reduziu a produtividade dessa classe de tubérculos no tratamento com uma aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA. Nos demais tratamentos, o aumento no suprimento de N não interferiu significativamente na produtividade de tubérculos da classe primeira.

Arpiwi (2003) ao utilizar aplicações foliares de paclobutrazol na dose de 250 mg L⁻¹, aplicadas aos 42 e 46 DAP, verificou modulação na distribuição das classes de tubérculos evidenciando aumento no rendimento de tubérculos menores, aos 74 DAP, das cultivares Atlantic e Granola, entretanto esse efeito se dissipou na colheita final.

Tabela 11 - Desdobramento da interação significativo para a produtividade das classes especial e primeira de tubérculos na colheita final da cultivar Ágata submetida a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica

Manejo da PCA ⁽²⁾	Nível de N ⁽¹⁾	
	Recomendado	Alto
	Produtividade da classe especial (kg ha ⁻¹)	
Controle	18.455bB	21.214aA
50g	22.942aA	19.928bA
100g	20.888aAB	22.522aA
50+50g	20.214aAB	20.093aA
100+100g	20.629aAB	21.732aA
50+50+50g	19.826aAB	19.428aA
100+100+100g	18.136bB	21.531aA
	Produtividade da classe primeira (kg ha ⁻¹)	
Controle	11.732aA	10.598aA
50g	8.798bB	10.665aA
100g	11..508aA	9.750bA
50+50g	10.701aAB	10.062aA
100+100g	10.924aAB	9.848aA
50+50+50g	10.178aAB	11.696aA
100+100+100g	10.959aAB	11.022aA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ Recomendado: 120 kg ha⁻¹ de N, Alto: 240 kg ha⁻¹ de N.

⁽²⁾ Controle: sem aplicação de PCA, 50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE, 100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE; 50+50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE, 100+100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE.

Tekalign e Hammes (2005) evidenciaram que o regulador de crescimento pacloburazol aplicado via foliar aos 30 dias após o plantio, reduziu de maneira significativa crescimento da parte aérea, enquanto que aumentou a produção de tubérculos. Em contrapartida, Mabvongwe et al. (2016) utilizando também o regulador paclobutrazol na dose de 250 g ha⁻¹ aos 28, 35 e 42 DAP, verificaram redução nas hastes, redução no conjunto de tubérculos e aumento no rendimento dos tubérculos.

De forma geral, os resultados do nosso trabalho bem como os estudos realizados até o momento sugerem haver um potencial uso dos reguladores de crescimento na cultura da batata com intuito de aperfeiçoar, modular e gerenciar a relação fonte-dreno. No entanto, existem divergências substanciais nestes estudos o que podem estar relacionadas principalmente ao tempo de aplicação do regulador, sendo evidente que os resultados divergem quando aplicados antes da tuberização ou após a tuberização.

4.4 Cultivar Mondial em condição de campo

O número de hastes por planta e o número de tubérculos por planta não foram afetados pelos tratamentos na avaliação realizada na fase de enchimento de tubérculos aos 38 DAE (Tabela 12). Em média, as plantas da cultivar Mondial apresentaram 5,8 hastes e 11,2 tubérculos por planta.

Tabela 12 - Comprimento da maior haste, número de hastes e tubérculos por planta da cultivar Mondial durante a fase de enchimento de tubérculos (38 DAE) em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica

Tratamentos	Comprimento da haste	Número de hastes	Número de tubérculos
	(cm)	no. pl ⁻¹	
Nível de N (N) ⁽¹⁾			
Recomendado	56,0	5,8	11,5
Alto	56,0	5,9	10,9
Manejo da PCA (PCA) ⁽²⁾			
Controle	61,1a	5,9	10,4
50g	61,2a	5,8	11,4
100g	59,1ab	5,9	11,1
50+50g	56,2bc	5,7	11,6
100+100g	51,9cd	5,6	11,0
50+50+50g	54,0c	6,1	11,2
100+100+100g	48,2d	6,2	11,4
ANOVA		<i>P>F</i>	
N	NS	NS	NS
PCA	<0,001	NS	NS
NxPCA	NS	NS	NS
CV (parcela) (%)	8,50	7,16	13,61
CV (subparcela) (%)	5,56	18,09	14,95

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ Recomendado: 120 kg ha⁻¹ de N, Alto: 240 kg ha⁻¹ de N.

⁽²⁾ Controle: sem aplicação de PCA, 50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE, 100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE; 50+50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE, 100+100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE.

Não houve efeito do fator nível de N e da interação nível de N x manejo da PCA sobre o comprimento das hastes e o número de folhas por planta durante a fase de enchimento de tubérculos (38 DAE) (Tabela 12). Esses resultados indicam que o aumento no fornecimento de N não estimulou as plantas de batata da cultivar Mondial a emitirem novas folhas. No entanto, o comprimento da maior haste e o número de folhas por planta foram influenciados pela aplicação de PCA. O comprimento da maior haste reduziu significativamente com a aplicação de PCA nos tratamentos que receberam duas ou três aplicações de PCA, independentemente da dose aplicada. Estes resultados indicam que a aplicação de PCA manteve as plantas menores somente quando houve mais de uma aplicação do regulador. No entanto, houve

diferença no número de folhas por planta apenas entre o tratamento com duas aplicações de 100 g ha^{-1} de PCA e os tratamentos com uma e três aplicações de 50 g ha^{-1} de PCA ou três aplicações de 100 g ha^{-1} de PCA. Estes resultados indicam que não há efeito consistente da PCA em reduzir o número de folhas emitidas pelas plantas de batata. O aumento no número de folhas por planta observado nos tratamentos com uma e três aplicações de 50 g ha^{-1} de PCA e três aplicações de 100 g ha^{-1} de PCA podem estar relacionados à interrupção da dominância apical da planta devido a interrupção da síntese de giberelinas, o que pode ter causado redistribuição e/ou potencialização da síntese de citocininas endógenas. As citocininas desempenham funções específicas na planta, regulando a divisão celular nas partes aérea e radicular, modificando a dominância apical e promovendo o crescimento de novas estruturas, como gemas laterais, que possivelmente podem estar relacionados ao aumento do número de hastes secundárias e folhas (TAIZ e ZEIGER, 2017). Nunes (2017) verificou aumento no número de folhas por planta em resposta a aplicação de regulador de crescimento na cultura da batata, o que segundo o autor, foi reflexo do aumento na emissão de hastes secundárias nas plantas.

A área foliar e o IAF, avaliados na fase de enchimento de tubérculos (38 DAE), foram afetados significativamente pelos fatores estudados e pela interação entre eles (Tabela 13). A área foliar das plantas foi alterada pela aplicação de PCA sob fornecimento de N recomendado e sob alto fornecimento de N. As plantas do tratamento com três aplicações de 100 g ha^{-1} de PCA nos dois níveis de N utilizados apresentaram maior área foliar (Tabela 14). O fornecimento de N sob nível recomendado promoveu maior área foliar quando utilizado uma aplicação 50 g ha^{-1} ; uma aplicação 100 g ha^{-1} ; duas aplicações de 50 g ha^{-1} e três aplicações de 100 g ha^{-1} . Entretanto, o aumento no fornecimento de N não incrementou a área foliar das plantas da cultivar Mondial em nenhum dos manejos que receberam ou não a aplicação de PCA.

O IAF apresentou tendências similares aos resultados da obtidos para área foliar. Nos dois níveis de N estudados os maiores valores de IAF ocorreram quando se utilizou três aplicações de 100 g ha^{-1} de PCA (Tabela 13). No nível recomendado de N o IAF foi maior quando ocorreu uma aplicação de 50 g ha^{-1} e quando foram aplicadas três vezes a dose de 100 g ha^{-1} de PCA, os demais manejos estudados reduziram o IAF da cultivar Mondial. No nível alto de N obteve-se menor IAF quando foram realizadas duas aplicações de 50 g ha^{-1} de PCA. O aumento no fornecimento

de N não incrementou o IAF das plantas da cultivar Mondial em todos os manejos estudados, o que mostra que o aumento no fornecimento de N na batateira não reflete necessariamente em plantas com maior IAF.

Tabela 13 - Número de folhas por planta, área foliar por planta, índice de área foliar (IAF), índice relativo de clorofila nas folhas (SPAD) e teor de N na folha diagnóstica das plantas da cultivar Mondial durante a fase de enchimento de tubérculos (38 DAE) em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica

Tratamentos	Número de folhas	Área foliar	IAF	Índice relativo de clorofila	Teor de N na folha
	— n°. pl ⁻¹ —	— cm ² pl ⁻¹ —		— SPAD —	— g kg ⁻¹ —
Nível de N (N) ⁽¹⁾					
Recomendado	74,2	14.365 ^a	5,11a	41,5	50,4
Alto	77,2	11.772 ^b	4,19b	42,7	51,8
Manejo da PCA (PCA) ⁽²⁾					
Controle	75,1ab	12.277 ^{bcd}	4,38 ^{bcd}	42,2	53,7
50g	79,7a	13.661 ^b	4,87 ^b	42,7	52,5
100g	76,4ab	11.303 ^{cd}	4,02 ^{cd}	41,9	51,7
50+50g	71,8ab	10.125 ^e	3,62 ^{bc}	42,7	45,4
100+100g	70,0b	13.030 ^{bc}	4,65 ^d	42,6	50,6
50+50+50g	80,0a	14.030 ^b	5,01 ^b	41,6	52,3
100+100+100g	78,2a	17.056 ^a	6,08 ^a	41,9	51,5
ANOVA			<i>P>F</i>		
N	NS	0,005	0,005	NS	NS
PCA	0,003	<0,001	<0,001	NS	NS
NxPCA	NS	<0,001	<0,001	NS	NS
CV (parcela) (%)	7,66	10,5	10,6	5,1	12,6
CV (subparcela) (%)	6,84	11,5	11,5	5,7	12,9

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ Recomendado: 120 kg ha⁻¹ de N, Alto: 240 kg ha⁻¹ de N.

⁽²⁾ Controle: sem aplicação de PCA, 50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE, 100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE; 50+50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE, 100+100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE.

O índice SPAD e o teor de N nas folhas diagnósticas não foram afetados pelos fatores estudados, cujos valores médios obtidos foram de 42,2 e 51,1, respectivamente (Tabela 13). Apesar dos tratamentos não terem afetado os teores foliares de N, nota-se que as plantas estavam adequadamente nutridas com N, tendo em vista que os teores foliares de N estavam dentro e/ou um pouco acima da faixa de teores considerada como adequada para a batateira que é de 40-50 g kg⁻¹ (LORENZI et al., 1997).

Na colheita final, verificou-se que o número de tubérculos por planta, o peso médio de tubérculos, o comprimento dos tubérculos e o índice de formato dos tubérculos não foram afetados por nenhum dos fatores estudados (Tabela 15).

Tabela 14 - Desdobramento da interação para a área foliar e índice de área foliar (IAF) da cultivar Mondial durante a fase de enchimento de tubérculos (38 DAE) em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica

Manejo da PCA ⁽²⁾	Nível de N ⁽¹⁾	
	Recomendado	Alto
	Área foliar (cm ² pl ⁻¹)	
Controle	12.216aC	12.338 aABC
50g	16.847aAB	10.473bBCD
100g	12.785aC	9.820bCD
50+50g	11.747aC	8.503bD
100+100g	12.484aC	13.574aAB
50+50+50g	14.669aBC	13.390aAB
100+100+100g	19.805aA	14.305bA
	IAF	
Controle	4,42aC	4,25aABC
50g	5,95aAB	3,74bBCD
100g	4,59aC	3,40bCD
50+50g	4,25aC	2,89bD
100+100g	4,42aC	4,76aAB
50+50+50g	5,27aBC	4,76aAB
100+100+100g	7,14aA	5,1bA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ Recomendado: 120 kg ha⁻¹ de N, Alto: 240 kg ha⁻¹ de N.

⁽²⁾ Controle: sem aplicação de PCA, 50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE, 100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE; 50+50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE, 100+100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE.

Em média, obteve-se 11,2 tubérculos por planta com peso médio de 107,1 g e comprimento médio de 119,6 cm. O diâmetro médio dos tubérculos foi influenciado apenas pelo fator nível de N, sendo que quando se utilizou o nível alto de N os tubérculos apresentaram maior diâmetro do que quando se forneceu a quantidade recomendada de N. Ellis et al. (2020) verificaram que a aplicação de PBZ antes da tuberização pode aumentar o número de tubérculos por planta, mas neste estudo a pulverização foliar de PCA na fase de iniciação de tubérculos não promoveu esse efeito e não alterou o formato dos tubérculos. Contudo, em estudo feito por Pavlista (2013) a aplicação de PCA após a tuberização aumentou na porcentagem de tubérculos deformados.

As produtividades comercial e das classes segunda e miúda não foram influenciadas pelos tratamentos estudados e foram, em média, de 56.598, 1.391 e 319

kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 16). Ellis et al. (2020) aplicaram PCA em uma fase mais tardia do ciclo de batateira e também verificaram ausência de efeito da PCA sobre a produtividade comercial de tubérculos.

Tabela 15 - Número, peso médio, comprimento, diâmetro e índice de formato (IFT) de tubérculos da cultivar Mondial na colheita final em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica

Tratamento	Tubérculos				
	Número no. pl ⁻¹	Peso médio G	Comprimento cm	Diâmetro cm	IFT
Nível de N (N) ⁽¹⁾					
Recomendado	11	108	119	60b	197
Alto	10	106	119	61a	196
Manejo da PCA (PCA) ⁽²⁾					
Controle	10	100	119	61	195
50g	11	101	119	61	195
100g	11	104	116	60	194
50+50g	11	117	122	61	198
100+100g	11	107	119	61	195
50+50+50g	11	112	117	59	200
100+100+100g	11	106	122	60	201
ANOVA			<i>P>F</i>		
N	NS	NS	NS	0,020	NS
PCA	NS	NS	NS	NS	NS
NxPCA	NS	NS	NS	NS	NS
CV (parcela) (%)	13,61	17,14	2,67	0,70	2,61
CV (subparcela) (%)	14,95	12,03	4,33	4,09	4,01

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ Recomendado: 120 kg ha⁻¹ de N, Alto: 240 kg ha⁻¹ de N.

⁽²⁾ Controle: sem aplicação de PCA, 50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE, 100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE; 50+50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE, 100+100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE.

As produtividades total e da classe especial de tubérculos foram afetadas apenas pela aplicação de PCA (Tabela 16). Os tratamentos com três aplicações de PCA não alteraram significativamente a produtividade total de tubérculos em comparação ao controle, mas nos tratamentos que receberam apenas uma ou duas aplicações de PCA a produtividade total de tubérculos foi maior do que no tratamento controle. No caso da produtividade de tubérculos da classe especial, apenas os tratamentos que receberam duas aplicações de 50 ou 100 g ha⁻¹ de PCA apresentaram maior produtividade do que o tratamento controle. Estes resultados indicam que para a cultivar Mondial é preciso fazer pelo menos duas aplicações de PCA a partir da fase de iniciação de tubérculos para potencializar a produtividade de tubérculos de maior tamanho, os quais apresentam maior valor comercial. Pavlista (2013) obteve resultados diferentes quando aplicou PCA numa fase mais tardia do

ciclo da batateira, ou seja, após a tuberação. Esse autor verificou que a aplicação de PCA aumentou a produtividade total de tubérculos às custas do aumento na produtividade de tubérculos deformados, o que não é comercialmente interessante.

Tabela 16 - Produtividade total e comercial de tubérculos e produtividade de tubérculos das classes especial, primeira, segunda e miúda da cultivar Mondial na colheita final em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica

Tratamento	Total	Comercial	Especial	Primeira	Segunda	Miúda
Nível de N (N) ⁽¹⁾						
Recomendado	59.617	56.909	48.209	9.656a	1.385	311
Alto	58.727	56.288	48.309	8651b	1.398	328
Manejo da PCA (PCA) ⁽²⁾						
Controle	52.153b	54.979	41799c	8.662cd	1.479	294
50g	61.601a	55.134	48.686abc	10.997a	1.538	336
100g	59.752a	56.252	48.827abc	9.179bc	1.458	243
50+50g	64036a	56.395	53.638a	8.863cd	1.279	283
100+100g	59.509a	58.047	49.925ab	7.841d	1.363	328
50+50+50g	58.129b	56.644	46.270bc	10.052ab	1.158	350
100+100+100g	59.025b	58.738	48.669abc	8.479cd	1.464	401
ANOVA						
	<i>P>F</i>					
N	NS	NS	NS	0,016	NS	NS
PCA	<0,001	NS	<0,001	<0,001	NS	NS
NxPCA	NS	NS	NS	<0,001	NS	NS
CV (parcela) (%)	8,31	13,15	11,88	8,43	17,85	62,1
CV (subparcela) (%)	7,87	10,09	9,39	7,27	19,32	42,6

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ Recomendado: 120 kg ha⁻¹ de N, Alto: 240 kg ha⁻¹ de N.

⁽²⁾ Controle: sem aplicação de PCA, 50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE, 100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE; 50+50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE, 100+100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE.

Houve interação significativa entre os níveis de N e o manejo da aplicação de PCA sobre a produtividade de tubérculos da classe primeira (Tabela 16). O desdobramento dessa interação indica que quando foi utilizado o nível recomendado de N as maiores produtividades da classe primeira de tubérculos ocorreram nos tratamentos controle e com aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA, enquanto que as menores produtividades dessa classe de tubérculos foram obtidas no tratamento com duas aplicações de 100 g ha⁻¹ de PCA. Sob alto suprimento de N, as maiores produtividades da classe primeira de tubérculos ocorreram nos tratamentos com uma aplicação de 50 ou 100 g ha⁻¹ de PCA e com três aplicações de 50 g ha⁻¹ de PCA, enquanto que as menores produtividades foram obtidas nos tratamentos controle, 50+50g, 100+100g e 100+100+100g (Tabela 17).

Tabela 17 - Desdobramento da interação para a produtividade da classe primeira de tubérculos da cultivar Mondial na colheita final em resposta a dois níveis de fornecimento de N e diferentes manejos da aplicação de proexadiona cálcica

Manejo da PCA ⁽²⁾	Nível de N ⁽¹⁾	
	Recomendado	Alto
Controle	10.531aAB	6.794bC
50g	11.982aA	10.011bA
100g	9.049aBCD	9.309aAB
50+50g	9.476aBC	8.250bBC
100+100g	7.625aD	8.058aBC
50+50+50g	10.113aBC	9.991aA
100+100+100g	8.816aCD	8.142aBC

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ Recomendado: 120 kg ha⁻¹ de N, Alto: 240 kg ha⁻¹ de N.

⁽²⁾ Controle: sem aplicação de PCA, 50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 DAE, 50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE, 100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15 e 23 DAE; 50+50+50g: aplicação de 50 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE, 100+100+100g: aplicação de 100 g ha⁻¹ de PCA aos 15, 23 e 33 DAE.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do PCA não depende dos diferentes níveis de fornecimento de N adotados, os quais, por sua vez, não alteraram a maioria das características estudadas. Contudo, o PCA reduz efetivamente o crescimento vegetativo da batateira, aumenta a eficiência do uso da água, aumenta a fotossíntese líquida e não altera negativamente as características fisiológicas estudadas. Além disso, aumenta a produtividade de tubérculos total e das classes especial e primeira. Porém, seu efeito depende da dose, do número de aplicações, da cultivar de batata, bem como da fenofase da aplicação do regulador de crescimento.

6 CONCLUSÕES

a) Condição de casa de vegetação

O manejo da PCA com três aplicações sequenciais de 100 g ha^{-1} do i.a. foi mais eficiente em reduzir o comprimento das hastes de ambas cultivares. Na cultivar Ágata, a aplicação de PCA não afetou a produtividade de tubérculos, mas alterou o tamanho dos tubérculos formados.

Duas e três aplicações de 100 g ha^{-1} de PCA na cultivar Mondial aumentou a produtividade de tubérculos, reflexo do aumento no número de tubérculos de menor tamanho.

b) Condição de campo, cultivar Ágata

A adoção do nível alto (240 Kg ha^{-1}) de N, aumentou o índice relativo de clorofila na folha, bem como o teor de N na folha.

Duas ou três aplicações de 50 g ha^{-1} e 100 g ha^{-1} de PCA, foram eficientes em reduzir o comprimento das hastes da cultivar Ágata, entretanto não alterou a produtividade total, comercial e especial de tubérculos, bem como o formato dos tubérculos produzidos.

c) Condição de campo, cultivar Mondial

O aumento do fornecimento de N não alterou as características estudadas.

Três aplicações sequenciais de 100 g ha^{-1} de PCA foi mais eficiente em reduzir o comprimento das hastes da cultivar Mondial. Entretanto a aplicação não alterou o número, peso médio e formato dos tubérculos.

A produtividade de tubérculos total e da classe especial, foram maiores quando utilizado duas aplicações de 50 g ha^{-1} de PCA. Enquanto que para os tubérculos da classe primeira a maior produtividade ocorreu com uma aplicação de 50 g ha^{-1} de PCA.

REFERENCIAS

- ABBA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA. *Variedades*. Disponível em: <<http://www.abbabatatabrasileira.com.br/site/variedades/mondial/>> Acesso em: 08 junho. 2020.
- ALBACETE, A. A.; MARTÍNEZ-ANDÚJAR, C.; PÉREZ-ALFOCEA, F. Hormonal and metabolic regulation of source–sink relations under salinity and drought: From plant survival to crop yield stability. *Biotechnology Advances*, v. 32, p. 12-30, 2014.
- ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; RODRIGUES, J. D.; HABERMANN, G. Gas exchange rates, plant height, yield components, and productivity of upland rice as affected by plant regulators. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 10, p. 1455-1461, 2012.
- ARPIWI, N.L. **The application of novel methods for increasing the yield of small round seed potatoes (*solanum tuberosum l.*) Varieties Atlantic and Granola**. 2003. 160 p Dissertação (Mestrado) University of Western Australia, Perth.
- BALAMANI, V.; POOVAIAH, B.W. Retardation of shoot growth and promotion of tuber growth of potato plants by paclobutrazol. **American Potato Journal**, v.62, p.363-369, 1985.
- BANGEMANN, L.W.; SIELING, K.; KAGE, H. The effect of nitrogen and late blight on crop growth, solar radiation interception and yield of two potato cultivars. **Field Crops Research**, v.155, p.56-66, 2014.
- BARRETO, C.F.; FERREIRA, L.V.; COSTA, S.I.; SCHIAVON, A.V.; BECKER, T.B.; VIGNOLO, G.K.; ANTUNES, L.E.C. Concentration and periods of application of prohexadione-calcium in the growth of strawberry seedlings. **Ciências Agrárias**, v.39, p.1937–1944, 2018.
- BEDENDO, I. P. Ambiente e doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 331-341, 1995.
- BEKHETA, M.A., ABDELHAMID, M.T., EL-MORSI, A.A. Physiological response of Vicia Faba to prohexadione-calcium under saline conditions. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 769-779, 2009.
- BOADLAENDER, K.B.A.; ALGRA, S. Influence of the growth retardant B 995 on growth and yield of potatoes. *European Potato Journal*, v.9, p.242-258, 1966
- BURTON, W. G. Challenges for stress physiology in potato. **American Potato Journal**, v. 58, n. 1, p. 3-14, 1981.
- CAEMMERER, S. V., FARQUHAR, G. D. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. **Planta**, v.153, p. 376-387, 1981.
- CHANEY, W. R. Paclobutrazol: more than just a growth retardant. In: PRO-HORT CONFERENCE, 2004, Peoria, Illinois. **Anais eletrônicos...**Peoria Purdue University

- Daniel Center, 2004. Disponível em: <http://www.prohort.org/TreeGrowth.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2020.

CHRISTOV, C. TSVETKOV, I.; KOVACHEV, V. Use of paclobutrazol to control vegetative growth and improve fruiting efficiency of grapevines (*Vitis vinifera* L.). **Bulgarian Journal Plant Physiology**, v. 21, n. 4, p. 64-71, 1995.

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M.; NEVES, J. C. L.; SILVA, M. C. D. C. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 04, p. 1175-1183, 2010.

EHNESS, R.; ROITSCH, T. Co-ordinated induction of mRNAs for extracellular invertase and a glucose transporter in *Chenopodium rubrum* by cytokinins. **The Plant Journal**, v. 11, n. 3, p. 539-48, 1997.

ELLIS, G. D.; KNOWLES, L. O.; KNOWLES, N. R. Increasing the Production Efficiency of Potato with Plant Growth Retardants, **American Journal of Potato Research**, v. 97, n. 1, p. 88–101, 2020.

EVANGELISTA, R. M., NARDIN, I., FERNANDES, A. M., ; SORATTO, R. P. Qualidade nutricional e esverdeamento pós colheita de tubérculos de cultivares de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.953-960, 2011.

EVANS, J. R.; EVANS, R. R.; REGUSCI, C. L. Mode of action, metabolism, and uptake of BAS 125W, prohexadione-Calcium. **HortScience**, v. 34, n. 7, p. 1200-1201, 1999.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Download Data. 41 Disponível em:< <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>> . Acesso em: 20 junho. 2020.

FELTRAN, J.C.; LEMOS, L.B.; ARTIOLI, G.M.; BANZATTO, D.A. Esverdeamento em cultivares de batata avaliado pela escala visual e índice SPAD. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.681-685, 2004.

FERNANDES AM; SORATTO RP; EVANGELISTA RM; NARDIN I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.299-304, 2010b.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R.P.; BEATRICE, L.S.R. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I – macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Vol. 35, p. 2039-2056. 2011a.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P. **Nutrição mineral, calagem e adubação da batateira**. Botucatu/Itapetininga: FEPAF/ABBA, 2012. 121p.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; EVANGELISTA, R.M.; SILVA, B.L.; SOUZASCHLICK, G.D. Produtividade e esverdeamento pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata produzidos na safra de inverno. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.502-508, 2011b.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; SILVA, B.L.; SOUZA-SCHLICK, G.D. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, p.826-835, 2010a.

FLETCHER R.A.; GILLEY, A.; SANKHLA, N.; DAVIS, T.D. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. **Horticulture Review**, v. 24, n.1, p. 55–137, 2000.

FONTES, P.C.R. **Preparo do solo, nutrição mineral e adubação da batateira**. Viçosa:Universidade Federal de Viçosa, 1997. 42p.

GAO, J.; HOFSTRA, G.; FLETCHER, R. A. Anatomical changes induced by triazoles in wheat seedlings. **Canadian Journal of Botany**, v. 66, n. 6, p. 1178-1185, 1988.

GEORGE, A. P.; NISSEN, R. J. Effect of water stress, nitrogen and paclobutrazol on flowering, yield and fruit quality of the low-chill peach cultivar “Flordaprince”. **Scientia Horticulturae**, v. 49, n.1, p. 197-209, 1992.

GITTI, D. C.; ARF, O.; BUZETTI, S.; FERREIRA, M. M. R.; KAPPES, C.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F. Aplicação de paclobutrazol e doses de nitrogênio em feijão de inverno cultivado em sistema plantio direto. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.11, n.3, p.35-46, 2012.

GROSSI, J. A. S.; MORAES, P. J.; TINOCO, S. A.; BARBOSA J. G.; FINGER, F.; CECON P. R. Effects of paclobutrazol on growth and fruiting characteristics of ‘Pitanga’ ornamental pepper. **Acta Horticulturae**, v.683, n.1, p.333-336, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 julho. 2020.

ILIAS, I.; OUZOUNIDOU, G.; GIANNAKOULA, A.; PAPADOPOULOU, P. Effects of gibberellic acid and prohexadione-calcium on growth, chlorophyll fluorescence and quality of okra plant. **Biologia Plantarum**, v. 51, p.575–578, 2007.

JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCÍA-NÚÑEZ, C.; AZÓCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of platin cv. ‘Hartón’ (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, v.104, n.1, p.79-89, 2005.

Kim, H. M.; Lee, H. R.; Kang, H. J.; Hwang, S. J. Prohexadione-calcium application during vegetative growth affects growth of mother plants, runners, and runner plants of Maehyang strawberry. **Agronomy**, v. 9, p. 155-166, 2019.

KUMAR, S.; GHATTY, S.; SATYANARAYANA, J.; GUHA, A.; CHAITANYA, BSK.; REDDY, A. R.; Paclobutrazol treatment as a potential strategy for higher seed and oil yield in field-grown *Camelina sativa* L. Crantz. **BMC Research Notes**, v. 5, n. 1, p. 137, 2012.

LAL, M; MIR, M. M.; IQBAL, U.; KUMAR, A. Influence of prohexadione-calcium and paclobutrazol on growth, yield and mineral content of pear cv. Clapp’s favourite. **International Journal of Chemical Studies**, v. 8, n.1, p. 256-259, 2020.

LARA, M. E. B.; GARCIA, M. C. G.; FATIMA, T.; EHNEB, R.; LEE, T. K.; PROELS, R.; TANNER, W.; ROITSCH, T. Extracellular invertase is an essential component of cytokinin-mediated delay of senescence. **The Plant Cell**, v. 16, n. 5, p. 1276-1287, 2004.

LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; DOS SANTOS, D.; BENCKE, M. H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 373- 379, 2008.

LORENZI, J.O.; MONTEIRO, P.A.; MIRANDA FILHO, H.S.; RAIJ, B. van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p.221-229. (Boletim Técnico, 100).

MABVONGWE, O.; MANENJI, B.T.; GWAZANE, M.; CHANDIPOSHA, M. The effect of paclobutrazol application time and variety on growth, yield, and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Advances in Agriculture**, v. 2016, p.5, 2016.

MESQUITA, H.A.; PADUA, J.G.; YURI, J.E.; ARAUJO, T.H. Fertilização da cultura da batata. **Informe Agropecuário**, v.33, p.52-61, 2012.

MOKHELE, B.; ZHAN, X.; YANG, G.; ZHANG, X. Review: Nitrogen assimilation in crop plants and its affecting factors. **Canadian Journal of Plant Science**, v.92, p.399-405, 2012.

MOUCO, M. A. D. C.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Inibidores de síntese de giberelinas e crescimento de mudas de mangueira 'Tommy Atkins'. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, 2010.

NEVES, L.L.M.; SIQUEIRA, D.L. de; CECON, P.R.; MARTINEZ, C.A.; SALOMÃO, L.C.C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira-'Prata', submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n. 2, p.524-529, 2002.

NIVAP - NETHERLANDS POTATO CONSULTATIVE FOUNDATION. *Netherlands catalogue of potato varieties*. 2007. 287p.

NUNES, J. G. S. **Crescimento, produtividade e qualidade de tubérculos de batata (*solanum tuberosum* L.) em função da aplicação de reguladores vegetais**, 2017. 95p. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas. Botucatu. 2017.

OLIVEIRA, L. S. **Uso de inibidores de giberelinas em feijoeiro comum** 2016. 73 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista-BA:

ORTIZ, R.; HUAMAN, Z. Inheritance of morphological and tuber characteristics. In: MACKAY, G.R.; BRADSHAW, J.E. (eds.) *Potato genetics*. Cambridge: CAB INTERNATIONAL, 1994. p.263-283.

OZBAY, N.; ERGUN, N.; Prohexadione calcium on the growth and quality of eggplant seedlings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.10, p.932-938, out. 2015.

PAVLISTA, A.D. Influence of foliar-applied growth retardants on Russet Burbank potato tuber production. *American Journal of Potato Research*, v.90, p.395-401, 2013.

PRAKASH, P.; CHETTI, M.B.; PATIL, S.S. Effect of plant regulators on growth parameters and yield in potato. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v.14, p.938-942, 2001.

PRICINOTTO, L. F.; ZUCARELI, C. Paclobutrazol no crescimento e desempenho produtivo da soja sob diferentes densidades de semeadura. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 65-74, 2014.

RADEMACHER, W.; SAARLOOS, K.; PORTE, J.; FORCADES, F.; SENECHAL, Y.; ADREOTTI, C.; SPINELLI, F.; SABANATI, E.; COSTA, G. Impact of Prohexadione-Ca on the Vegetative and Reproductive performance of apple and pear trees. **HortScience**, v.69, n. 6, p.221-228 2004.

RADEMACHER, W.; SPINELLI, F.; COSTA, G. Prohexadione-Ca: Modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.727, n. 1, p. 97-106, 2006.

Rademacher, W. Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. **Annual Plant Reviews**, v.49, p. 359-403, 2016.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

RAMÍREZ, H.; HERRERA-GÁMEZ, B.; MÉNDEZ-QUIROA, Y.H.; BENAVIDESMENDOZA, A.; ÁLVAREZ-MARES, V.; RANCAÑO-ARRIOJA, J.H.; VILLAREALQUINTANILLA, J.A. Prohexadione de calcio disminuye el contenido de giberelinas endógenas en ápices de tomate saladette y chile pimienta. **Revista Chapingo Serie horticultura**, v.14, p.193-198, 2008.

REEKIE, J. Y.; HICKLENTON, P. R.; DUVAL, J. R.; CHANDLER C.; STRUIK, P. C. Leaf removal and prohexadione-calcium can modify "Camarosa" strawberry nursery plant morphology for plasticulture fruit production. **Canadian Journal of Plant Science**, v.85, p.665-670, 2005b.

REEKIE, J.Y.; HICKLENTON, P.R.; STRUIK, P.C. Prohexadione-calcium modifies growth and increases photosynthesis in strawberry nursery plants. **Canadian Journal of Plant Science**, v.85, p.671-677, 2005a.

SANTELITH, G.; EWING, E.E. Effects of nitrogen fertilization on growth and development of potatoes. **American Potato Journal**, v.58, p.517-518, 1981.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (eds.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SHARMA, D. K.; DUBEY, A. K.; SRIVASTAV, M.; SINGH, A. K.; SAIRAM, R. K.; PANDEY, R. N.; DAHUJA A.; KAUR, C. Effect of putrescine and paclobutrazol on growth, physiochemical parameters, and nutrient acquisition of salt-sensitive citrus rootstock karna khatta (*Citrus karna* Raf.) under NaCl Stress. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.30, n. 1, p.301-311, 2011.

SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, v.58, n. 3, p.219-247, 2007.

SILVA, G.O.; PEREIRA, A.S.; SOUZA, V.Q.; CARVALHO, F.I.F.; NETO, R.F. Correlações entre caracteres de aparência e rendimento e análise de trilha para aparência de batata. **Bragantia**, v.66, p.381-388, 2007.

SILVA, M. C. C.; FONTES, P. C. R. Nutrição - Manejo integrado a adubação nitrogenada na cultura da batata. **Associação Brasileira de batata**. 21, 2008. Disponível em: http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/revista.asp?id_REVCAT=29;id_REVCON=671. Acesso em 20 de junho de 2020.

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M. Phosphorus effects on biomass accumulation and nutrient uptake and removal in two potato cultivars. **Agronomy Journal**, v.108, p.1225- 1236, 2016.

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; SOUZA-SCHLICK, G.D. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: II - Micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.2057-2071, 2011.

SOUZA, E.F.C. **Fontes e manejo de nitrogênio na cultura da batata em solos arenosos**. 2014. 120p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. 2014.

SOUZA-SCHLICK, G.D. *Reguladores vegetais para o manejo do porte da mamoneira IAC 2028*. 2013. 128p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. 2013.

SPINELLI, F.; RADEMACHER, W.; SABATINI, E.; COSTA, G. Reduction of scab incidence (*Venturia inaequalis*) in apple with prohexadione-Ca and trinexapac-ethyl, two growth regulating acylcyclohexanediones. **Crop Protection**, v. 29, n. 1, p. 691-698, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TAVARES, S.; LUCCHESI, A.A. Reguladores vegetais na batata cv. Monalisa, após a tuberação. **Scientia Agricola**, v.56, p.975-980, 1999.

TEKALIGN, T.; HAMMES P.S. Response of potato grown under non-inductive condition to paclobutrazol: shoot growth, chlorophyll content, net photosynthesis, assimilate partitioning, tuber yield, quality, and dormancy. *Plant Growth Regulation*, v.43, p.227-236, 2004.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P.S. Growth and biomass production in potato grown in the hot tropics as influenced by paclobutrazol. *Plant Growth Regulation*, v.45, p.37-46, 2005a.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P.S. Growth responses of potato (*Solanum tuberosum*) grown in a hot tropical lowland to applied paclobutrazol: 2. Tuber attributes. *New Zeland Journal of Crop and Horticultural Science*, v.33, p.43-51, 2005b.

UNRATH, C. R. Prohexadione-Ca: a promising chemical for controlling vegetative growth of apples. **HortScience**, V. 34, n. 3, p.1197-1200, 1999.

WEEDA, S. M.; KUMAR, G. N. M.; KNOWLES, N. R. Developmentally linked changes in proteases and protease inhibitors suggest a role for potato multicystatin in regulating protein content of potato tubers. **Planta**, V. 230, n. 1 73 –84, 2009.

ZEBARTH, B.J.; ROSEN, C.J. Research perspective on nitrogen BMP development for potato. **American Journal of Potato Research**, v.84, p.3-18, 2007.

ZHANG, S.; LI, Q.; MA, K; CHEN, L. Temperature-dependent gas exchange and stomatal/non-stomatal limitation to CO₂ assimilation of *Quercus liaotungensis* under midday high irradiance. **Photosynthetica**, v.39, p.383-388, 2001.

OLIVEIRA, L. S. **Uso de inibidores de giberelinas em feijoeiro comum** 2016. 73 p Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista-BA:

TREADWAY, Z. R. **Determining the Effect of Prohexadione Calcium Growth Regulator on growth and yield of peanut [*Arachis hypogaea* (L.)] in Mississippi.**2020. 66 p (Mestrado em ciências da Agronomia) Faculty of Mississippi State University, Mississippi State, Mississippi.