

FERNANDA FERREIRA DE ARAUJO

**RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DE BATATA À
APLICAÇÃO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO EM CONDIÇÕES DE
VERÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de
Viçosa - Campus Viçosa

T

A663r
2018
Araujo, Fernanda Ferreira, 1986-
Respostas morfofisiológicas e agronômicas de batata à aplicação
de reguladores de crescimento em condições de verão / Fernanda
Ferreira Araujo. - Viçosa, MG, 2018.
v, 67f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Batata. 2. *Solanum tuberosum* L.. 3. Giberelina. I.
Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia Vegetal.
Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal. II. Título.


CDD 22 ed. 635.21

FERNANDA FERREIRA DE ARAUJO


**RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DE BATATA À
APLICAÇÃO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO EM CONDIÇÕES DE
VERÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

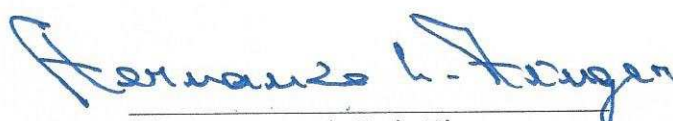
APROVADA: 23 de fevereiro de 2018.


Tania Pires da Silva


Fernanda Cristina Silva Ribeiro


Teresa Drummond Correia Mendes


Marialva Alvarenga Moreira


Fernando Luiz Finger
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus caminhos e ser presença constante na minha vida.

Aos meus pais, João Cesar e Maria de Fátima, e meu irmão Júlio Cesar pelo amor, carinho e por sempre acreditarem em mim.

Ao professor Fernando Finger, pela orientação, oportunidade e ensinamentos, contribuindo de forma valiosa para a minha formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Fisiologia Vegetal, pela oportunidade de realização do curso e crescimento profissional.

Ao grupo Rocheto, por ter cedido a área para instalação e condução dos experimentos, em especial ao Israel, por toda ajuda.

Aos amigos Bruno, Lívia e Amanda pela amizade e hospitalidade em Araxá e Belo Horizonte durante a execução dos experimentos.

À professora Marília, Paola, Maicon e ao laboratório de Anatomia Vegetal, pela ajuda e suporte nas análises.

Aos amigos do laboratório de Fisiologia Pós-colheita pela ajuda, companheirismo, conselhos e pelos bons momentos de descontração, em especial, Fernanda, Mayana, Mirelle e Adriana.

Aos funcionários do laboratório, Geraldo e José Mauricio, pelo auxílio na condução dos trabalhos.

À professora Tania pela amizade, paciência, incentivo e contribuições para o desenvolvimento dos meus trabalhos acadêmicos.

As amigas queridas, Hewlley, Myrna, Mirelle, Mara, Roberta, Larissa e Valeska, pelos momentos de descontração e companheirismo. Obrigada por fazerem parte da minha “família” em Viçosa e por terem proporcionado momentos únicos e especiais.

O meu sincero reconhecimento e a minha gratidão a todos que, direta ou indiretamente, deram a sua contribuição para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
CAPÍTULO I – Ação do paclobutrazol e trinexapac-ethyl no crescimento e produção de batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.) aplicados via foliar	
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	7
1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4. CONCLUSÕES	28
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
CAPÍTULO II - Ação do paclobutrazol e do trinexapac-ethyl no crescimento e produção de batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.) aplicados em batatas-semente	
RESUMO.....	34
ABSTRACT.....	34
1. INTRODUÇÃO	35
2. MATERIAL E MÉTODOS	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4. CONCLUSÕES	61
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

RESUMO

ARAÚJO, Fernanda Ferreira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Respostas morfofisiológicas e agrônômicas de batata à aplicação de reguladores de crescimento em condições de verão.** Orientador: Fernando Luiz Finger

Um dos fatores que restringem a obtenção de maiores índices de produtividade na cultura da batata está relacionado com o crescimento excessivo dos caules e massa foliar, que é favorecido pelas altas temperaturas do verão, levando a redução da produtividade e menor teor de matéria seca dos tubérculos. Uma prática de manejo que pode ser utilizada para obter equilíbrio entre o crescimento da parte vegetativa e o órgão de reserva das plantas é a utilização de produtos reguladores ou retardantes do crescimento vegetal, os quais atuam inibindo a biossíntese de giberelina. O paclobutrazol e o trinexapac-ethyl são reguladores de crescimento utilizado na agricultura com finalidade de controlar o crescimento vegetativo, visando à redução do porte das plantas. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento e produção da batata cultivar Markies em função da aplicação dos reguladores de crescimento, paclobutrazol (PBZ) e trinexapac-ethyl (TE), em condições de verão. Foram conduzidos dois experimentos independentes. No primeiro experimento, PBZ a 0,125 e 0,250 L ha⁻¹ e TE a 1,0 e 2,0 L ha⁻¹ foram aplicados na forma de pulverização foliar, aos 35 dias após o plantio. No segundo, PBZ a 0,1; 1,0; 10 e 100 mg L⁻¹ e TE a 1,0; 10; 100 e 1000 mg L⁻¹ foram aplicados nas batatas-semente brotadas antes do plantio. Na aplicação via foliar, os reguladores de crescimento foram eficientes em antecipar o processo de tuberização. As plantas tratadas com PBZ e TE exibiram células epidérmicas maiores e uma única camada de células do mesófilo paliçádico mais alongadas. O tratamento com PBZ nas duas doses foi eficiente em aumentar o índice de clorofila das folhas e reduzir o tamanho das plantas, porém reduziu a massa fresca e seca total dos tubérculos, produção total por planta e a gravidade específica dos tubérculos. No segundo experimento, o PBZ foi eficiente em reduzir o tamanho das plantas e aumentar o índice de clorofila, flavonoides e balanço de nitrogênio das folhas. As duas doses maiores (10 e 100 mg L⁻¹) de PBZ atrasaram a emergência da parte aérea, o início da tuberização das plantas, reduziram o número de tubérculos por planta e o teor de amido dos tubérculos. As folhas exibiram células epidérmicas maiores, células do mesófilo paliçádico mais alongadas e mesófilo esponjoso mais espesso. Nos dois experimentos, o TE não foi eficiente em reduzir o comprimento das plantas, mostrando a sua seletividade somente a determinadas espécies.

ABSTRACT

ARAUJO, Fernanda Ferreira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2018. **Morphophysiological and agronomic responses of potatoes to application of growth regulators in summer conditions.** Adviser: Fernando Luiz Finger

One of the factors that restrict the obtaining of higher productivity indices in the potato crop is related to the excessive growth of stems and foliar mass, which is favored by high temperatures, leading to reduced productivity and lower dry matter content of tubers. A management practice that can be used to achieve a balance between the growth of vegetative part and the reserve organ of the plants is the use of plant growth retarding or regulating products, which act to inhibit the biosynthesis of gibberellin. Paclobutrazol and trinexapac-ethyl are growth regulators used in agriculture to control vegetative growth, aiming at reducing the size of plants and stimulating reproductive capacity. In view of the above, the objective of this work was to evaluate the growth, dry matter partition and production of potato cv. Markies as a function of growth regulators, paclobutrazol (PBZ) and trinexapac-ethyl (TE). Two independent experiments were conducted. In the first experiment, PBZ at 0.125 and 0.250 L ha⁻¹ and TE at 1.0 and 2.0 L ha⁻¹ were applied as foliar sprays at 35 days after planting. In the second, PBZ at 0.1; 1.0; 10 and 100 mg L⁻¹ and TE at 1.0; 10; 100 and 1000 mg L⁻¹ were applied to seed potatoes sprouted before planting. In the foliar application, treatments with growth regulators anticipated the tuberization process in potato plants, when compared to the control. PBZ treatment at both doses was efficient in increasing leaf chlorophyll content and reducing plant size, but it reduced the fresh and dry mass of the tubers, total yield per plant and the specific gravity of the tubers. Plants treated with PBZ and TE exhibited larger epidermal cells and a single layer of large and elongated palisade mesophyll cells. Treatments with PBZ were observed a thicker spongy mesophyll tissue. In the second experiment, the PBZ was efficient in reducing plant size and increasing the chlorophyll, flavonoid and nitrogen balance index of the leaves. The two higher doses (10 and 100 mg L⁻¹) of PBZ delayed the emergence of aerial part, the beginning of plant tuberization, reduced the number of tubers per plant and the starch content of the tubers. Leaves from PBZ-treated seed potatoes at doses 10 and 100 mg L⁻¹ exhibited larger epidermal cells, more elongated palisade mesophyll cells and thicker spongy mesophyll. In both experiments, the TE was not efficient in reducing the size of the plants, showing their selectivity only to certain species.

INTRODUÇÃO GERAL

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um dos alimentos mais consumidos no mundo, devido a sua composição nutricional, versatilidade gastronômica, adaptações tecnológicas e baixo preço. Além disso, sua eficiência produtiva garante elevado aproveitamento de áreas destinadas à produção de alimentos, característica importante em um cenário mundial de constante crescimento populacional e insegurança alimentar (FERNANDES et al., 2010).

De acordo com a FAO (2017), a cultura ocupa o quarto lugar em produção mundial de alimentos sendo superada somente pelo trigo, milho e arroz. A área ocupada pela cultura no Brasil, em 2016, foi em torno de 120 mil hectares, com produção ao redor de 3,8 milhões de toneladas, sendo as regiões Sul e Sudeste do país responsáveis por 85% da produção nacional (IBGE, 2017).

A cultivar Markies apresenta tubérculos com um bom teor de massa de matéria seca e equilíbrio entre açúcares redutores e amido, que lhes conferem dupla aptidão de uso, com boa qualidade após o preparo, tanto na forma de cozimento para atender ao mercado de consumo in natura, como na forma de fritura destinada a fins industriais. A cv. Markies vem despertando a atenção de muitos bataticultores nos principais estados produtores (NIVAP, 2007; ABBA, 2017).

A produção total de massa de matéria seca na planta de batata e sua distribuição entre os diferentes órgãos da planta são fatores importantes e exercem interferência significativa sobre a produtividade de tubérculos (BALAMANI; POOVAIAH, 1985). A produtividade da batateira depende da capacidade da planta sintetizar carboidratos nas folhas e mobilizá-los para os tubérculos em crescimento (BODLAENDER, 1968; RADWAN et al., 1971).

No entanto, um dos fatores que restringem a obtenção de maiores índices de produtividade na cultura da batata está relacionado com o crescimento excessivo da parte aérea, em detrimento do menor desenvolvimento dos tubérculos (PRAKASH et al., 2001).

Assim, em cultivares que apresentam maior crescimento vegetativo e/ou em condições de cultivo que favoreçam o crescimento da parte aérea das plantas, a adoção de práticas de manejo que visem reduzir o porte das plantas pode ser uma alternativa para incrementar a produtividade de tubérculos. Uma prática de manejo que pode ser utilizada para obter equilíbrio entre o crescimento da parte vegetativa e o órgão de reserva das

plantas é a utilização de produtos reguladores ou retardantes do crescimento vegetal (NUNES, 2017), os quais são compostos sintéticos que reduzem a altura das plantas sem ocasionar fitotoxidez (RADEMACHER, 2000), uma vez que atuam na regulação dos processos fisiológicos da planta (CASTRO et al., 2012). Esses produtos atuam inibindo algumas etapas da rota biossintética das giberelinas (GAs). Desde modo, na cultura da batata a aplicação de produtos reguladores do crescimento pode ser uma alternativa para diminuir o crescimento aéreo das plantas e aumentar o crescimento dos tubérculos, através do incremento na mobilização de assimilados e nutrientes para os tubérculos em formação (DYSON, 1965; BALAMANI; POOVAIAH, 1985).

As GAs são terpenóides e, assim, são formadas por unidades de isoprenos de cinco carbonos; o precursor intermediário das GAs é um diterpeno que contém quatro unidades de isopreno. A rota do metil-eritrol-P é utilizado para a biossíntese das GAs; cada uma das etapas nesta rota até o GA₁₂ são as mesmas em todas as plantas. Entretanto a partir deste ponto, diferentes espécies usam rotas específicas para formar diferentes GAs. Poucas GAs são bioativas, enquanto outras são precursoras ou GAs não ativas (KENDE & ZEEVAART, 1997).

A maioria dos retardantes vegetais inibe a síntese de GA e podem, então, ser utilizados para reduzir o alongamento dos ramos e para o manejo do crescimento vegetativo. Assim, três tipos diferentes de retardantes vegetais que interferem na síntese da GA podem ser relacionados: os compostos quaternários, como o cloreto de mepiquat e o cloreto de chlormequat, que inibem a conversão de geranyl geranyl difostato para o caureno; os compostos cíclicos contendo um nitrogênio, como o ancymidol, flurprimidol, paclobutrazol e uniconazole, que inibem a passagem do caureno a GA₁₂-aldeído, que é catalisado por monoxigenases; os acilciclohexanodionas como o trinexapac-ethyl e o prohexadione-Ca, que podem bloquear as reações finais do metabolismo de GA (conversão do GA₁₂-aldeído nas diferentes GAs), relativas a ação de dioxigenases (RADEMACHER, 2000).

O paclobutrazol (PBZ), do grupo dos triazois, é uma das substâncias químicas mais ativas e afeta várias espécies das plantas superiores, reduzindo a altura de plantas. O PBZ bloqueia reações de oxidação no caminho da síntese de substâncias giberelínicas e promove também uma série de alterações fisiológicas nas plantas, incluindo a partição de carboidratos (SALISBURY & ROSS, 1992). Devido às suas características físico-químicas e seu modo de ação, o PBZ pode ser aplicado às plantas através das raízes, folhas, troncos, ramos ou de órgãos de propagação, como sementes, bulbos e tubérculos

(SELEGUINI, 2007). A aplicação via radicular é usualmente mais utilizada, todavia, tem como desvantagem a alta retenção no solo e o risco de contaminação, tendo em vista que a taxa de degradação dos triazóis no solo é baixa (DAVIS et al., 1988).

O trinexapac-ethyl (TE) é um regulador que foi desenvolvido para uso como agente antiacamamento em poáceas (gramíneas) alimentícias, e como regulador de crescimento em gramados (MOTTER, 2007). De acordo com Kerber et al (1989), a absorção do trinexapac-ethyl ocorre nas folhas, sendo translocado até os nós do colmo e atuando no balanço das giberelinas. Segundo Heckman et al. (2002), o TE atua reduzindo a elongação celular no estágio vegetativo e obstruindo a biossíntese do ácido giberélico. Davies (1987), afirma que o TE inibe a enzima 3 β -hidroxilase, reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA₁) e aumenta acentuadamente seu precursor biossintético imediato GA₂₀. Sendo assim, como o ácido giberélico ativo diminui, o crescimento das plantas é inibido, pois o hormônio responsável pelo alongação do caule está em baixa quantidade na planta.

Apesar de ser um inibidor de giberelinas, o trinexapac-ethyl, diferentemente de outros reguladores vegetais, que interferem mais precocemente na biossíntese de giberelina, paralisando a produção das demais (SHEPARD, 2000), este não interfere na síntese de algumas giberelinas importantes, com isso, não prejudica a fotossíntese de plantas (MOTTER, 2007).

Os estudos visando a utilização de reguladores de crescimento em hortaliças são poucos e restritos a um pequeno número de espécies. Resultados promissores de pesquisas têm sido encontrados para batata, alho e tomate (TEKALIGN & HAMMES, 2005; STILL & PILL, 2004; RESENDE & SOUZA, 2002; BEROVA & ZLATEV, 2000).

Em um experimento objetivando avaliar os efeitos da aplicação de 0, 2, 4 e 6 kg ha⁻¹ de PBZ, na cultura da batata, cultivada em condições tropicais, Tekalign e Hammes (2005) verificaram que a aplicação do PBZ propiciou reduções significativas no índice de área foliar, taxa de crescimento da cultura e produção de biomassa total e aumentou o peso específico da folha, a taxa de crescimento do tubérculo, a taxa de assimilação líquida e o coeficiente de assimilação. O PBZ reduziu a partição de assimilados das folhas, talos, raízes e estolões e aumentou a distribuição para os tubérculos. Embora o PBZ tenha reduzido a produção de biomassa total, melhorou a produtividade de batata sob condições tropicais pelo redirecionamento dos assimilados para os tubérculos.

Deste modo, o uso de reguladores de crescimento em hortaliças tem se tornado uma opção para controlar a altura de plantas e partição de assimilados. Contudo, pouco

se sabe sobre os efeitos desses reguladores nos processos fisiológicos das plantas que possam contribuir para o incremento da produtividade e efeito sobre a qualidade dos tubérculos.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos dos reguladores de crescimento, paclobutrazol e trinexapac-ethyl, aplicados via foliar e nas batatas sementes antes do plantio, no desenvolvimento da batata cultivar Markies em condições de verão da região Sudeste.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA. **Variedades**. Disponível em: <http://www.abbabatabrasileira.com.br/site/?id_BAT=3>. Acesso em: 20 de novembro de 2017.

BALAMANI, V.; POOVAIAH, B. W. 1985. Retardation of shoot growth and promotion of tuber growth of potato plants by paclobutrazol. **American Potato Journal** 62: 363-369.

BEROVA, M.; ZLATEV, Z. 2000. Physiological response and yield of paclobutrazol treated tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Plant Growth Regulation** 30(2):117-123.

BODLAENDER, K. B. A. 1968. The influence of the growth retardant B 995 on potato growth and yield. **The Seed Potato** 8: 194-196.

CASTRO, P. R. C.; SANTOS, V. M.; STIPP, S. R. 2012. **Nutrição vegetal e biorregulação no desenvolvimento das plantas**. Informações Agronômicas, Piracicaba, 139: 9-15.

DAVIS, T. D.; STEFFENS, G. L.; SANKHLA, N. 1988. Triazole plant growth regulators. **Horticultural Reviews** 10: 63-105.

DAVIES, P.J. 1987. The plant hormones: their nature, occurrence and functions. In: Plant hormones and their role in plant growth and development. **Netherlands: Kluwer Academic** 1-23.

DYSON, P. W. 1965. Effects of gibberellic acid and (2-chloroethyl) – trimethylammonium chloride on potato growth and development. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 16: 542-549.

FAO, **Produção Agrícola**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E> . Acesso em: 20 de novembro de 2017.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L.; SOUZA-SCHLICK, G. D. 2010. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 45(8): 826-835.

HECKMAN, N. L.; ELTHON, T. E.; HORST, G. L.; GAUSSOIN, R. E. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. *Crop Science*, v. 42, p. 423-427, 2002.

IBGE, **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp> . Acesso em: 20 de novembro de 2017.

KENDE, H.; ZEEVAART, J. A. D. 1997. The five “classical” plant hormones. **The Plant Cell** 9: 1197-1210.

KERBER, E.; LEYPOLD, G.; SEILER, A. 1989. CGA 163'935 a new plant growth regulator for small grain cereals, rape and turf. **Brighton Crop Protection Conference-Weeds** 83-88.

MOTTER, L. 2007. **Influência da adubação nitrogenada e de etil-trinexapac no crescimento e produtividade de trigo**. UNOESTE (dissertação de mestrado). Marechal Candido Rondon.

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

NUNES, J. G. S. 2017. **Crescimento, produtividade e qualidade de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) em função da aplicação de reguladores vegetais**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Campus de Botucatu.

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

RADEMACHER, W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellins biosynthesis and others metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 51: 501-531.

RADWAN, A. A.; EL-FOULY, M. M.; GARAS, N. A. 1971. Retarding stem elongation and stimulating dry matter production and yield of potato with chlormequat chloride (CCC). **Potato Research** 14: 173-180.

RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. 2002. Efeito de doses de paclobutrazol na cultura do alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 37(5):637-641.

SALISBURY, F. B; ROSS, C. W. 1992. **Plant Physiology**. Belmont, Wadsworth, 682p.

SELEGUINI, A. 2007. **Uso de paclobutrazol na produção de mudas, no crescimento produção e qualidade de frutos de tomateiro em ambiente protegido**. 2007. 100f. Tese (Doutorado em Agronomia, Sistema de Produção) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

SHEPARD, D.; DIPAOLA, J. M. 2000. Regulate growth and improve turf quality. **Golf Course Management** 68(3): 56-59.

STILL, J. R.; PILL, W. G. 2004. Growth and stress tolerance of tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in response to seed treatment with paclobutrazol. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, 79(2):197-203.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P. S. 2005. Growth responses of potato (*Solanum tuberosum*) grown in a hot tropical lowland to applied paclobutrazol: 2. Tuber attributes. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science** 33(1): 43-51.

ACÇÃO DO PACLOBUTRAZOL E TRINEXAPAC-ETHYL NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BATATA (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) APLICADOS VIA FOLIAR

F. F. de Araujo¹; F. L. Finger²

¹Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-900, Viçosa, MG, Brasil

²Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito dos reguladores de crescimento sobre o desenvolvimento da batata Markies cultivada em condições de verão do estado Minas Gerais. Trinta e cinco dias após o plantio, paclobutrazol (PBZ) a 0,125 e 0,250 L ha⁻¹ e trinexapac-ethyl (TE) a 1,0 e 2,0 L ha⁻¹ foram aplicados na forma de pulverização foliar. Os tratamentos com os reguladores de crescimento anteciparam o processo de tuberização nas plantas de batata. O PBZ foi eficiente em aumentar o índice de clorofila das folhas e reduzir o tamanho das plantas. As plantas tratadas com PBZ e TE exibiram células epidérmicas maiores e uma única camada de células do mesofilo paliçádico mais alongadas. Nos tratamentos com PBZ foi observado o mesofilo esponjoso mais espesso. O número de hastes por planta não foi alterado pelos tratamentos, porém esses reduziram a produção total, teor de matéria seca e a gravidade específica dos tubérculos. A maior dose de PBZ reduziu significativamente o número de tubérculos por planta. Os tubérculos controle e das plantas tratadas com TE 1,0 L ha⁻¹ apresentaram maior conteúdo de amido na colheita final.

Palavras-chave: Giberelina; partição de matéria seca; tuberização; cultivar Markies.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of growth regulators on the development of the Markies potato cultivated under summer conditions in the state of Minas Gerais. Thirty-five days after planting, paclobutrazol (PBZ) at 0.125 and 0.250 L ha⁻¹ and trinexapac-ethyl (TE) at 1.0 and 2.0 L ha⁻¹ were applied as foliar sprays. Treatments with growth regulators anticipated the process of tuberization in the potato plants. PBZ was efficient at increasing leaf chlorophyll content and reducing plant size. Plants treated with PBZ and TE exhibited larger epidermal cells and a single layer of large and elongated palisade mesophyll cells. Treatments with PBZ were observed a thicker spongy mesophyll tissue. The number of stems per plant was not altered by treatments, but these reduced the total production, dry matter content and specific gravity of tubers. The higher dose of PBZ significantly reduced the number of tubers per plant. The control tubers and the plants treated with TE 1.0 L ha⁻¹ showed higher starch content in the final harvest.

Keywords: Gibberellin; *dry matter partitioning*; tuberization; cultivar Markies.

INTRODUÇÃO

A batata é cultivada nos Andes há mais de 7000 anos. Atualmente é uma das principais espécies alimentícias do planeta, com uma produção no ano de 2014, em torno de 381.682.114 toneladas, perdendo apenas para o milho, arroz e trigo (FAO, 2014), sendo cultivada em mais de 150 países. No mesmo ano, o Brasil produziu 3.689.836 toneladas de batata, correspondendo pouco menos de 1% do montante mundial, havendo destaque para as regiões Sul e Sudeste, as quais são responsáveis por 88% da produção nacional (IBGE, 2017).

O Estado de Minas Gerais, maior produtor de batata do país, contribuiu no ano de 2016 com uma produção de 1.259.882 toneladas. As mesorregiões do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Sul/Sudeste de Minas produziram 676.130 e 539.402 toneladas, respectivamente, correspondendo, em torno de 94% do total produzido no Estado (IBGE, 2017). Nessas regiões o cultivo de batata é favorecido pelo clima tropical de altitude.

As regiões de altitude são preferidas porque apresentam temperaturas amenas e maior amplitude de temperatura entre o dia e a noite (WREGE et al., 2004), como é o caso do município de Perdizes, situado na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Porém, nos meses de verão, o crescimento excessivo dos caules e massa foliar causa auto sombreamento com consequente aumento das doenças, reduzindo a produtividade e o menor teor de massa de matéria seca dos tubérculos.

O processo de tuberização em batata envolve a interação entre fatores endógenos (genéticos e bioquímicos) e ambientais. Dias curtos (12 h) e temperaturas médias em torno de 15 a 20 °C, durante a estação de crescimento, são as condições ideais para o cultivo da batata e favorecimento da tuberização. As variedades modernas são mais produtivas, quando cultivadas sob condições de dias longos e temperatura média entre 15 a 20 °C. Em condições de temperatura elevada, as plantas iniciam a tuberização mais tardiamente, os estolões se tornam mais compridos, a folhagem mais abundante, com maior número de hastes laterais, maior florescimento e maior ciclo (DEMAGANTE & VAN DER ZAAG, 1988). Com temperaturas acima de 25 °C, acompanhada ou não de dias longos, a produção de tubérculos é reduzida, sendo que acima de 30 °C não há formação de tubérculos (MOREIRA et al., 2011). Esses efeitos inibitórios da tuberização por altas temperaturas são mediados pela ação de ácido giberélico (GA) produzido nas gemas das plantas.

O tratamento das plantas com inibidores da síntese de GA (cloreto de 2-cloroetiltrimetilamônia, chlormequat, ancymidol e paclobutrazol) estimula a formação de

tubérculos em condições não indutoras (MENZEL, 1983; JACKSON & PRAT, 1996). Tekalign & Hammes (2005a) mostraram que a aplicação de paclobutrazol em batatas cultivadas em condições de clima tropical quente melhorou a produtividade, reduziu o crescimento das hastes, aumentou o teor de clorofila das folhas e proporcionou incremento na taxa de fotossíntese. As plantas tiveram maior eficiência no uso da água e houve maior partição de matéria seca para os tubérculos.

Os inibidores da síntese de giberelinas são divididos em três classes, e cada classe específica interrompe uma das três etapas da síntese de giberelina. A primeira classe de compostos, tais como amônio quartenário (cloreto de chlormequat ou CCC, cloreto de mepiquat e AMO-1618) e fosfônio (cloreto de clorfênio), bloqueia a síntese de ent-caureno a partir do geranyl geranyl difosfato. A segunda classe consiste nos compostos heterocíclicos contendo nitrogênio, como ancimidol (uma pirimidina), tetciclasas (um norbornanodiazetina), e compostos tipo triazol (paclobutrazol e uniconazol). Estes compostos inibem a oxidação de ent-caureno para o ácido ent-caurenóico durante a etapa 2 da biossíntese da giberelina. O terceiro grupo inclui acilciclohexanoedionas, os quais inibem dioxigenases dependentes do 2-oxoglutarato na etapa 3 da biossíntese de giberelina. Acilciclohexanoedionas, como prohexadiona-Ca e trinexapac-etil, são estruturalmente similares ao 2-oxoglutarato e são, portanto, inibidores da atividade da dioxigenase por competição pelo sítio de ligação do cosubstrato, 2-oxoglutarato (RADEMACHER, 2000).

O paclobutrazol ([[(2R, 3R+2S, 3S)-1-(4-chloro-phenyl) 4,4-dimethyl-2-(1,2,4-triazol-1-yl)-pentan-3-ol]]) é um regulador de crescimento vegetal amplamente utilizado na agricultura. Pertencente ao grupo químico dos triazóis, sendo caracterizado por uma estrutura em anel contendo três átomos de N, chlorophenyl e cadeias laterais de carbono (DAVIS & CURRY, 1991; FLETCHER et al., 2000). Esse regulador de crescimento bloqueia a atividade das enzimas monooxigenases P450 no retículo endoplasmático. Segundo KENDE & ZEEVAART (1997), essas enzimas promovem a oxidação de ent-caureno a ácido ent-caurenóico, que conseqüentemente origina GA₁₂-aldeído, que é a primeira giberelina formada em todas as plantas, sendo a precursora de todas as demais. Esse processo resulta em redução dos níveis de todas as formas de GAs (FLETCHER et al., 2000) causando reduções na taxa de alongamento e divisão celular, sem ocasionar citotoxicidade (SYMONS, 1989).

O trinexapac-ethyl (4-(cyclopropyl (hydroxyl) methylene)-3,5-dioxocyclohexane carboxylic acid) é um redutor de crescimento que atua nas plantas reduzindo o

alongamento celular e conseqüentemente a altura, inibindo a biossíntese do GA. Este regulador de crescimento atua no balanço das giberelinas reduzindo os níveis dos ácidos giberélicos ativos GA₁, e aumentando significativamente o seu precursor biosintético imediato GA₂₀ (NAKAYAMA et al., 1990). A redução do nível do GA ativo é a provável causa da inibição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000). A sua translocação é relativamente rápida e os sintomas de inibição do crescimento podem ser observados em até 48 horas após a aplicação. Atuando de forma seletiva, induz a planta à inibição temporária ou redução na taxa de crescimento, sem afetar a fotossíntese, a integridade da gema apical e o volume de massa radicular (FREITAS et al., 2002).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do paclobutrazol e do trinexapac-ethyl aplicado via foliar sobre o desenvolvimento da batata Markies cultivada em condições de verão do estado Minas Gerais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado com a cultivar Markies e conduzido em uma lavoura de batata na Fazenda Água Santa – Grupo Rocheto, situada no município de Perdizes, Minas Gerais (19° 21' 19" S e 47° 16' 58" O, com altitude de 1100 m), durante o período de verão da região Sudeste. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita de Produtos Hortícolas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG.

Durante o período de crescimento, a precipitação total foi de 1133 mm e as temperaturas médias mínimas e máximas mensais foram de 19 °C (que variaram de 15,9 a 23 °C) e 29 °C (que variaram de 19,8 a 37,1 °C), respectivamente (Figura 1). A umidade relativa média foi de 77%, variando de 53 a 94%. A radiação solar teve média de 206 W/m².

Trinta dias antes do plantio, as batatas-semente foram retiradas da câmara fria (4 °C e 85% de umidade relativa) e colocadas em temperatura ambiente, no escuro, para induzir a brotação dos tubérculos.

Os plantios foram realizados de forma mecanizada, com espaçamento de 0,38 m entre plantas, 0,8 m entre linhas e profundidade de plantio de 0,12 m. As parcelas experimentais constaram de 19,2 m², sendo 2,4 m de largura e 8 m de comprimento, e foi mantida sempre uma distância longitudinal de 4 m entre as parcelas.

Para a adubação da batateira, utilizou-se 180 kg ha⁻¹ de N (MAP e nitrato de amônio), 420 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (MAP) e 270 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). O cloreto

de potássio foi aplicado no pré-plantio, o MAP no plantio e o nitrato de potássio aos 35 (amontoa) e 65 dias após o plantio. Todos os tratamentos receberam aplicações de micronutrientes (B, Zn e S), via pivô central, ao longo do ciclo.

Os tratos culturais pertinentes à cultura, como amontoa e tratamentos fitossanitários, foram realizados de acordo com a necessidade da cultura e cronograma da fazenda.

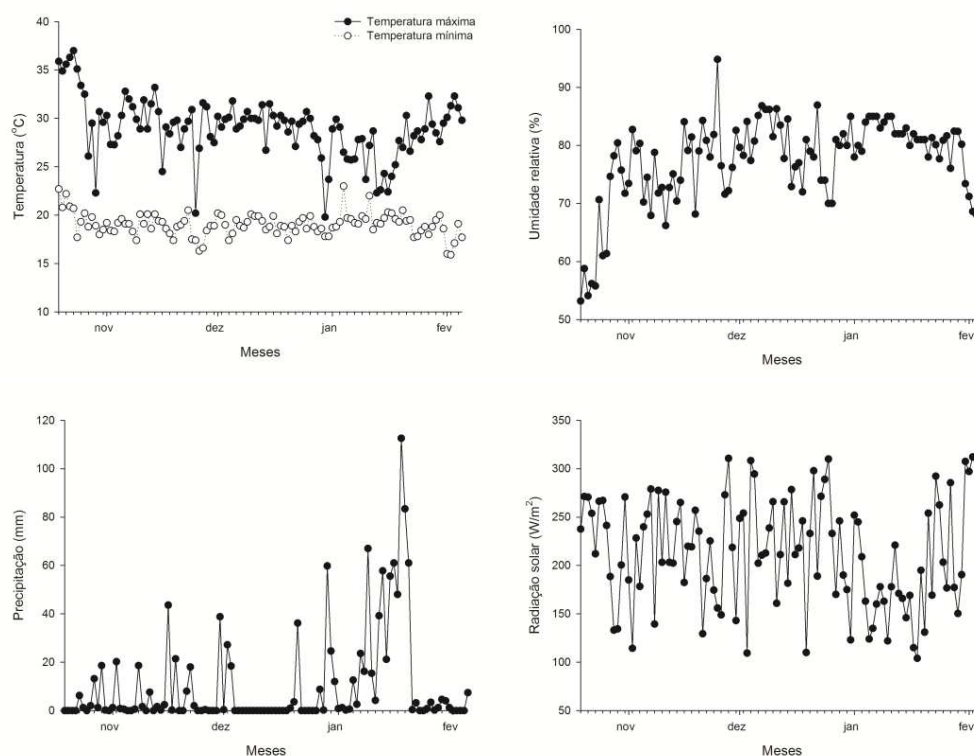


Figura 1. Temperatura máxima e mínima do ar (°C), umidade relativa (%), precipitação (mm) e radiação solar (W/m^2) durante a condução do experimento da batata cultivar Markies, no período entre novembro de 2015 a fevereiro de 2016. Perdizes, Minas Gerais.

Trinta e cinco dias após o plantio, as plantas foram tratadas com paclobutrazol (PBZ) a 0,125 e 0,250 $L ha^{-1}$ e trinexapac-ethyl (TE) a 1,0 e 2,0 $L ha^{-1}$ via aplicação foliar utilizando a formulação Cultar (250 g i.a. PBZ por litro, Syngenta Crop Protection) e Moddus (250 g i.a. Trinexapac-ethyl por litro, Syngenta Crop Protection). Nas aplicações dos reguladores de crescimento, utilizou-se um pulverizador costal de pressão constante (CO_2), dotado de barra com quatro bicos espaçados de 0,5 m entre si e 0,5 m em relação à cultura, a uma velocidade de aplicação média de 4 $km h^{-1}$. As plantas do tratamento controle foram tratadas com água em volumes equivalentes.

As avaliações foram realizadas com 50 (Avaliação I), 65 (Avaliação II), 80 (Avaliação III) e 95 dias após o plantio (DAP) (Avaliação IV). Três plantas foram selecionadas aleatoriamente e colhidas em cada categoria de tratamento. As amostras

foram divididas em folhas, hastes, tubérculos e raízes/estolões. A massa de matéria fresca foi determinada imediatamente após a colheita, e a matéria seca de cada órgão da planta, após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C durante 5 (cinco) dias. A partição de matéria seca foi determinada a partir da massa de matéria seca de cada órgão da planta individualizada em termos de porcentagem de massa de matéria seca total da planta.

O coeficiente de partição de massa de matéria seca (MS) foi obtido pela relação entre a taxa de acúmulo de MS no tubérculo e a taxa de acúmulo de MS na planta inteira (McCOLLUM, 1978).

Determinou-se o número de hastes por planta e o comprimento da maior haste, o número e a massa de matéria fresca de tubérculos. A gravidade específica dos tubérculos foi determinada pela razão entre o peso em ar e o peso do tubérculo em água (MAEDA & DIP, 2000) e o teor de matéria seca pela razão entre a massa seca e fresca do tubérculo, expresso em porcentagem.

As medições ópticas de clorofila e flavonoides da folha foram feitas no folíolo terminal da quarta folha completamente expandida a partir do ápice da planta com o medidor portátil Dualex® (Force-A, Orsay, France), obtendo-se o índice de flavonoides (IFLV), índice de clorofila (ICHL) e o índice balanceado de N (IBN). Este último foi obtido pela relação entre ICHL e IFLV.

Secções de folhas de batata foram fixadas em FAA₅₀ durante 48 horas e mantidas em etanol 70% (JOHANSEN, 1940), com três repetições por tratamento. As amostras (0,25 x 0,25 x 0,25 mm) foram desidratadas em série etanólica e embebidas em metacrilato (Historesin, Leica, Heidelberg, Alemanha) de acordo com as recomendações do fabricante. O material foi seccionado com 5 µm de espessura em micrótomo rotativo automático (Leica RM2155, Deerfield, IL, USA) e corado com azul de toluidina (O'BRIEN et al., 1964). As imagens foram obtidas em microscópico de luz (AX-70 TRF, Olympus Optical, Tóquio, Japão) acoplado a uma câmera digital (Zeiss AxioCam HRc, Göttinger, Alemanha) ao computador com o programa de captura de imagem Axion Vision. As medições foram feitas utilizando-se o software Image-Pro Plus.

A quantificação de açúcares solúveis totais das folhas e tubérculos foi realizada de acordo com o método do fenol-ácido sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). Os açúcares redutores foram quantificados de acordo com a metodologia do ácido dinitrossalicílico (DNS) (GONÇALVES et al. 2010). O teor de açúcares não redutores foi obtido pela

diferença entre o teor de açúcares solúveis totais e o teor de açúcares redutores. Para quantificação de amido, foi seguido o método descrito por McCready et al. (1950).

Aos 95 DAP, realizou-se a dessecação da parte aérea das plantas de todos os tratamentos com o herbicida Diquat (400 g i.a. ha⁻¹). Aos 110 DAP, foram colhidos os tubérculos de 6 (seis) plantas das linhas centrais de cada parcela para determinação da produtividade.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as diferentes concentrações dos reguladores de crescimento e nas subparcelas, as épocas de avaliação (50, 65, 80 e 95 DAP) das plantas, com 3 (três) repetições.

Os dados foram analisados por análises de variância e de regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genética da UFV (SAEG, 2008). Para a escolha do modelo de regressão baseou-se na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{SQReg} / \text{SQtrat}$) e no comportamento biológico em estudo. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados referentes ao teor de MS dos tubérculos e carboidratos de folhas e tubérculos foram submetidos à análise descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O percentual de partição de MS para as folhas e raízes, na avaliação I (50 DAP) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 1). O tratamento com PBZ 0,250 L ha⁻¹ proporcionou menor porcentagem de MS de hastes e menor quantidade de MS total. As duas doses de TE promoveram as maiores porcentagens de MS total, não diferindo do tratamento controle.

Na avaliação II (65 DAP), o acúmulo de MS nos tubérculos das plantas que receberam aplicação de PBZ nas doses de 0,125 L ha⁻¹ e 0,250 L ha⁻¹ foi superior aos demais tratamentos, e nas plantas tratadas com TE, nas duas doses, apresentaram acúmulo de MS maior que o tratamento controle (Tabela 1). Isso indica que os reguladores de crescimento foram eficientes em adiantar o processo de tuberização nessa cultivar, antecipando a transição da fase de crescimento vegetativo para a fase de enchimento de tubérculos. Durante este período de crescimento, a proporção de MS translocada para as folhas foi significativamente menor para os tratamentos com PBZ comparado com as plantas controle. Os tratamentos com PBZ proporcionaram menor acúmulo de MS nas

hastes e de MS total por planta. A porcentagem de MS das raízes não diferiu entre os tratamentos (Tabela 1).

A partição de MS foi afetada pelo tratamento com PBZ na avaliação II. Foi possível notar redução da parte aérea (hastes e folhas) e a antecipação da tuberização em relação ao controle (Tabela 1). Esse comportamento pode estar associado ao fato do PBZ reduzir o nível de GA no tecido do tubérculo e estimular a atividade de dreno no tubérculo. As altas temperaturas e/ou longos dias estimulam a biossíntese de GA e, assim, incentivam o crescimento da parte aérea (MENZEL, 1981; VREUGDENHIL & SERGEEVA, 1999).

Tabela 1. Particionamento da massa de matéria seca (%) para cada órgão da batateira (*Solanum tuberosum*) e a massa de matéria seca total (g), influenciados pela aplicação de paclobutrazol (PBZ) e trinexapac-ethyl (TE).

Tratamentos	Folhas (%)	Raízes (%)	Hastes (%)	Tubérculos (%)	MS Total (g/planta)
Avaliação I (50 DAP)					
Controle	82,6 a	8,4 a	9,0 a	-	43,4 a
PBZ 0,125 L ha ⁻¹	85,0 a	8,0 a	7,0 ab	-	24,4 b
PBZ 0,250 L ha ⁻¹	86,5 a	7,4 a	6,1 b	-	19,7 c
TE 1,0 L ha ⁻¹	83,6 a	8,1 a	8,3 a	-	38,3 a
TE 2,0 L ha ⁻¹	83,2 a	8,2 a	8,6 a	-	37,1 a
CV (%)	15,9	11,0	8,3	-	19,4
Avaliação II (65 DAP)					
Controle	61,3 a	6,3 a	8,5 a	23,8 c	89,4 a
PBZ 0,125 L ha ⁻¹	52,5 c	6,1 a	6,2 b	35,2 a	50,9 c
PBZ 0,250 L ha ⁻¹	51,7 c	5,7 a	5,9 b	36,7 a	45,0 c
TE 1,0 L ha ⁻¹	56,5 b	7,1 a	8,1 a	28,4 b	75,3 b
TE 2,0 L ha ⁻¹	55,9 b	7,1 a	8,1 a	28,9 b	81,2 ab
CV (%)	10,8	13,3	9,7	15,0	17,2
Avaliação III (80 DAP)					
Controle	35,7 a	5,1 a	7,5 a	51,7 a	145,6 a
PBZ 0,125 L ha ⁻¹	36,2 a	4,8 a	6,2 ab	52,8 a	129,5 b
PBZ 0,250 L ha ⁻¹	39,3 a	4,6 a	5,9 b	50,1 a	110,3 c
TE 1,0 L ha ⁻¹	37,6 a	4,5 a	8,2 a	49,8 a	130,4 b
TE 2,0 L ha ⁻¹	36,5 a	4,3 a	7,9 a	51,3 a	131,8 b
CV (%)	14,1	14,3	8,9	10,2	14,1
Avaliação IV (95 DAP)					
Controle	22,8 c	3,9 a	6,9 a	66,5 a	168,8 a
PBZ 0,125 L ha ⁻¹	26,4 b	3,2 a	5,9 a	64,5 ab	152,9 b
PBZ 0,250 L ha ⁻¹	30,2 a	3,6 a	5,8 a	60,4 b	139,9 c
TE 1,0 L ha ⁻¹	27,8 b	3,1 a	6,5 a	62,6 ab	154,8 b
TE 2,0 L ha ⁻¹	25,7 b	3,4 a	6,8 a	64,2 ab	160,9 ab
CV (%)	9,4	10,4	11,0	12,5	15,7

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

A porcentagem de MS particionada para as folhas, raízes e tubérculos não diferiu significativamente entre os tratamentos durante a avaliação III (80 DAP). A partição de MS para as hastes foi inferior nas plantas tratadas com PBZ 0,250 L ha⁻¹ quando comparada com as plantas tratadas com TE e o tratamento controle. O tratamento com a maior dose de PBZ também apresentou menor quantidade de matéria seca total por planta (Tabela 1).

Aos 80 DAP, a média de acúmulo de MS nos tubérculos dos tratamentos representava cerca de 51% do total da planta, em oposição a cerca de 49% da MS das folhas, hastes e raízes. Assim, a partir do início de enchimento, os tubérculos tornam-se os principais drenos de carboidratos e nutrientes inorgânicos móveis (TEKALIGN & HAMMES, 2005a, 2005b; SILVA et al., 2009).

Na avaliação IV, as plantas de todos os tratamentos apresentavam avançado processo de senescência, com amarelecimento das folhas. O percentual de particionamento de MS para as raízes e hastes não apresentou diferença entre os tratamentos. O tratamento com PBZ 0,250 L ha⁻¹ proporcionou acúmulo de MS no tubérculo significativamente inferior ao controle. A maior quantidade de MS total da planta foi observada no tratamento controle (Tabela 1).

Do início da tuberização até 65 DAP, as plantas controle apresentaram os menores coeficientes de partição de massa de matéria seca entre os tubérculos e a planta inteira, enquanto as plantas tratadas com PBZ apresentaram os maiores coeficientes (Figura 2). Aos 80 DAP, todos os tratamentos apresentaram o coeficiente próximo a 1,0. Ao final do ciclo, todos os tratamentos apresentaram coeficientes de partição maiores que 1,0, ou seja, havia maior taxa de acúmulo de MS nos tubérculos do que na planta inteira, o que indica a ocorrência de realocação de MS dos demais órgãos para os tubérculos.

McCollum (1978) também verificou valores de coeficiente de partição de MS maiores que 1,0 aos 62 dias após a emergência (DAE) das plantas de batata cv. Pungo. O mesmo autor observou que, dos 30% da MS que foi acumulada nos tubérculos a partir dos 62 DAE, apenas 12% foram fixados pela fotossíntese ocorrida nesse período e que os 18% restantes foram provenientes de MS anteriormente assimilada em outros órgãos da planta.

Na avaliação dos 95 DAP, as plantas controle apresentam o maior coeficiente de partição de MS entre os tubérculos e a planta inteira. As plantas tratadas com TE apresentaram coeficientes intermediários e aquelas com PBZ os menores coeficientes

(Figura 2). Esse resultado indica que nas plantas controle pode ter ocorrido maior realocação de MS da parte aérea da planta para os tubérculos.

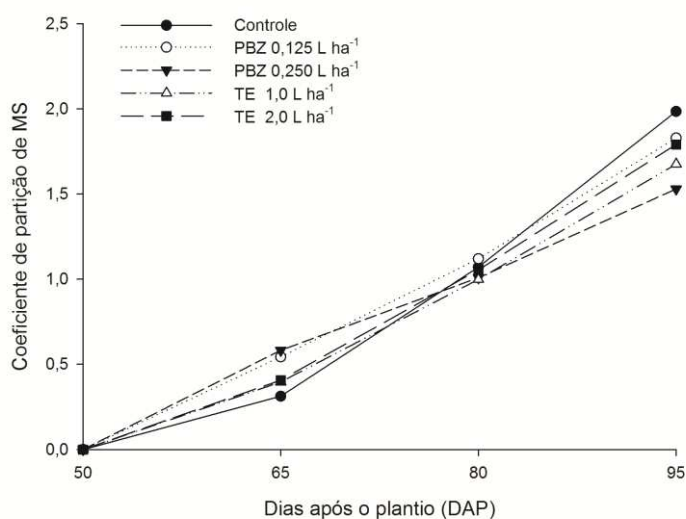


Figura 2. Coeficiente de partição de MS entre os tubérculos e a planta inteira de batata tratadas com paclobutrazol (PBZ), trinexapac-ethyl (TE) e controle em função dos dias após o plantio.

As plantas controle apresentaram maior comprimento da haste ao longo de todo ciclo, enquanto as plantas tratadas com TE apresentaram valores intermediários e as tratadas com PBZ, os menores valores para o comprimento da haste principal (Figura 3A).

O tratamento com PBZ nas duas doses diferiu significativamente do controle em razão do comprimento da maior haste (Tabela 2). A aplicação de 0,125 e 0,250 L ha⁻¹ de PBZ via foliar reduziu cerca de 14% e 20% do comprimento da planta em relação ao controle, respectivamente. Os triazois são potentes reguladores de plantas, que inibem o crescimento de rebentos em baixas concentrações. O PBZ suprime eficazmente o crescimento em uma ampla gama de espécies de plantas e as tratadas tendem a ser menores e mais compactas na aparência, e apresentar folhas com cor verde mais escura (KAMOITSIS et al., 1999; TERRI & MILLIE, 2000; SEBASTIAN et al., 2002). A redução do crescimento ocorre principalmente devido à diminuição do comprimento dos entrenós, e a dose eficaz varia com a espécie e cultivar (DAVIS & CURRY, 1991).

Os tratamentos com o TE não influenciaram significativamente a relação comprimento da maior haste da planta (Tabela 2). Porém, esse resultado diverge dos encontrados por Amabile et al. (2004) em cevada, Penckowski et al. (2010) em trigo e Arf et al. (2012) em arroz, onde o trinexapac-ethyl foi eficiente em reduzir a altura das plantas tratadas.

Tabela 2. Comprimento da maior haste e número de hastes por planta de batata influenciados por aplicações de paclobutrazol (PBZ) e trinexapac-ethyl (TE).

Tratamentos	Comprimento da maior haste (cm)	Número de hastes
Controle	77,1 a	3,0 a
PBZ 0,125 L ha ⁻¹	66,1 b	2,7 a
PBZ 0,250 L ha ⁻¹	61,3 c	3,0 a
TE 1,0 L ha ⁻¹	74,5 a	3,3 a
TE 2,0 L ha ⁻¹	73,0 a	3,0 a
CV (%)	10,3	22,4

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

O trinexapac-ethyl é um acilciclohexanoedionas, que em espécies de Poaceae, como o trigo e o centeio, provoca redução do comprimento dos entrenós e, conseqüentemente, na altura das plantas (RADEMACHER, 2000). Este efeito é explicado pela ação do trinexapac-ethyl sobre a síntese de giberelinas, a partir do GA₁₂-aldeído, que, entre outras funções, é responsável pelo alongamento das células (CALDAS et al., 2009; DALLEY & RICHARD JÚNIOR, 2010; RADEMACHER, 2000). Como consequência, tornam-se incapazes de sintetizar giberelinas ativas, as plantas começam a sintetizar e acumular giberelinas biologicamente menos eficientes, o que provoca reduções no alongamento celular (RADEMACHER, 2000; TAIZ & ZEIGER, 2006). Porém, em dicotiledôneas esta inibição não é tão forte, mostrando assim seletividade do trinexapac-ethyl pelas espécies da família Poaceae (RADEMACHER, 2000).

O número de hastes por planta não diferiu significativamente entre os tratamentos (Tabela 2). Os reguladores de crescimento foram aplicados aos 35 dias após o plantio, quando a haste principal das plantas já apresentava cerca de 20 cm de comprimento. O número de hastes por planta está diretamente relacionado com o tamanho do tubérculo-semente utilizado, pela condição de brotação no momento do plantio (SOUZA, 2003; FELTRAN & LEMOS, 2005).

Na Figura 3B podem ser observados os valores para os índices de clorofila (ICHL), juntamente com suas respectivas equações estimadas, conforme os períodos de avaliação e os tratamentos aplicados. Ocorreu aumento da clorofila em todos os tratamentos até atingir índice máximo entre 67 e 71 dias após o plantio, seguido de decréscimo, indicando possível início do processo de senescência.

A folhagem das plantas de batata tratadas com PBZ exibiu coloração verde mais escura em comparação as tratadas com TE e controle, em todos os períodos de colheita (Figura 3B). O maior índice de clorofila foi observado no tratamento com PBZ 0,250 L ha⁻¹ aos 68 DAP. Trabalhos com diferentes culturas mostraram que a folhagem das plantas tratadas com PBZ exibem tipicamente cor verde escuro intensa, devido a síntese aumentada de clorofila (SEBASTIAN et al., 2002) e/ou maior densidade de cloroplastos por unidade de área foliar (KHALIL, 1995).

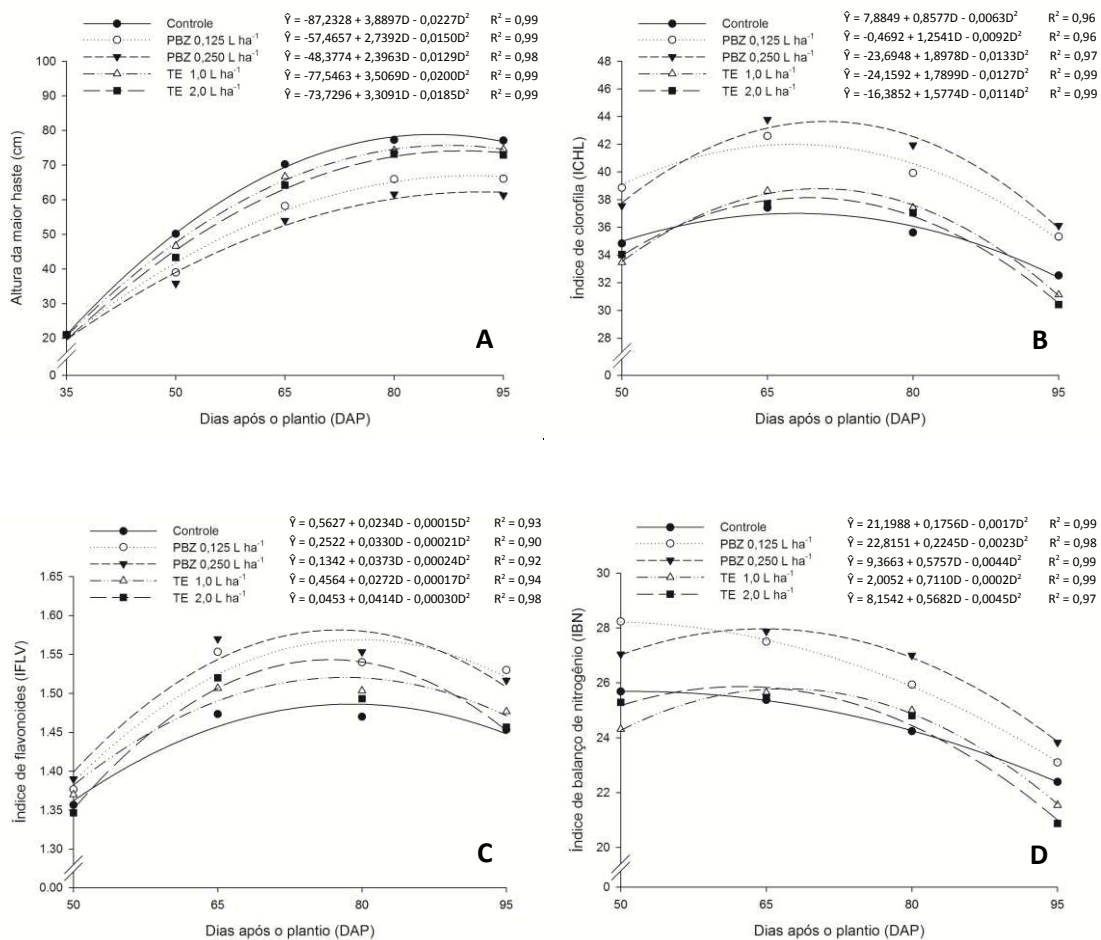


Figura 3. Comprimento da maior haste (A), índice de clorofila (B), índice de flavonoides (C) e índice de balanço de nitrogênio (D) de plantas de batata tratadas com paclobutrazol (PBZ), trinexapac-ethyl (TE) e controle ao longo dos dias após o plantio.

O maior teor de clorofila nas folhas de batata tratadas com PBZ em relação ao controle pode estar relacionado com a influência desses sobre o conteúdo endógeno de citocinina. Tem sido proposto que o PBZ estimula a síntese de citocinina, que induz a diferenciação de cloroplasto, biossíntese de clorofila e previne a degradação da clorofila (FLETCHER et al., 1982). O uso de inibidores da biossíntese de GA, como uniconazole,

ancymidol e paclobutrazol, aumentaram o teor de citocinina de arroz (IZUMI et al., 1988), soja (GROSSMAN, 1992) e cravo (SEBASTIAN et al., 2002).

As plantas tratadas com PBZ obtiveram os maiores índices de flavonoides durante todos os períodos de avaliação (Figura 3C). O PBZ, pertence ao grupo químico dos triazois e apresenta ação antifúngica. Segundo Fletcher et al. (2000), o PBZ também pode aumentar a tolerância de diferentes espécies de plantas a estresses bióticos e abióticos, incluindo condições de baixa e alta temperatura. Há evidências de que componentes do sistema de fotossíntese e moléculas que regulam alguns constituintes da atividade antioxidante nas plantas são os principais alvos dos triazois para aumentar a tolerância da planta ao estresse (KRAUS & FLETCHER, 1994; LIN et al., 2006). Isso indica que o índice superior de flavonoides observado nas plantas tratadas com PBZ ao longo do ciclo da cultura pode ter sido causado pela ativação dos mecanismos de defesa dessas plantas em virtude da aplicação do PBZ.

Nas plantas tratadas com a maior dose de TE foi observado aumento do índice de flavonoides até atingir o máximo aos 69 DAP, seguido de decréscimo acentuado até a avaliação dos 95 DAP, não diferindo do tratamento controle nessa data. O trinexapac-ethyl apresenta semelhanças estruturais com ácido 2-oxoglutárico, podendo competir com dioxigenases que são dependentes do ácido 2-oxoglutárico para a formação de giberelinas e metabolismo dos flavonoides (RADEMACHER, 2000).

No tratamento controle também ocorreu acréscimo de flavonoides ao longo dos dias de avaliação, atingindo ponto máximo aos 78 DAP, seguido de pequeno declínio ao final do ciclo.

Ao longo de todo ciclo foi observado um índice superior de balanço de nitrogênio nas folhas das plantas tratadas com PBZ (Figura 3D). Esses resultados indicam que nessas plantas pode ter ocorrido maior assimilação de nitrogênio pelas folhas. A remobilização de fotoassimilados e de nitrogênio da parte aérea para os tubérculos ao final do ciclo vegetativo é um fator que interfere na produção final de tubérculos (MOORBY, 1970). Porém esse maior índice de balanço de nitrogênio nas folhas das plantas tratadas com PBZ não refletiu em maior produção total de tubérculos ao final do ciclo.

Nos tratamentos controle e PBZ na dose de 0,125 L ha⁻¹ ocorreu decréscimo do índice de nitrogênio da folha, ao longo do período de avaliação. Enquanto, nos tratamentos com PBZ 0,250 L ha⁻¹ e com as duas doses de TE houve um pequeno acréscimo no índice de nitrogênio entre os 50 e 65 dias, seguido de decréscimo até o final das avaliações.

As plantas tratadas com PBZ (Figura 7B e 7C) e TE (Figura 7D e 7E) exibiram células epidérmicas maiores e uma única camada de células do mesófilo paliádico mais alongadas em comparação com o controle (Figura 7A). Nos tratamentos com PBZ foi observado o mesófilo esponjoso mais espesso em relação aos demais tratamentos.

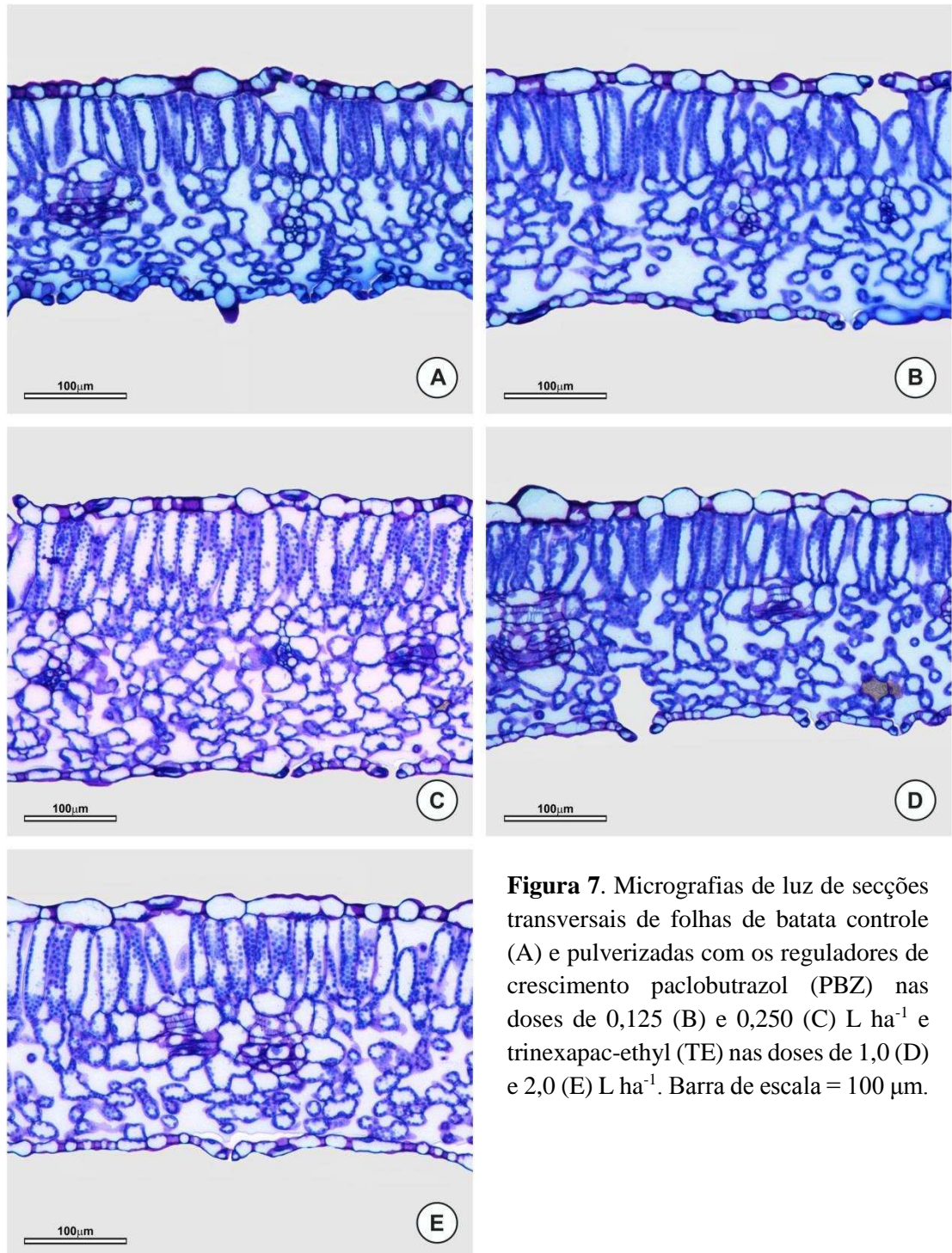


Figura 7. Micrografias de luz de secções transversais de folhas de batata controle (A) e pulverizadas com os reguladores de crescimento paclobutrazol (PBZ) nas doses de 0,125 (B) e 0,250 (C) L ha⁻¹ e trinexapac-ethyl (TE) nas doses de 1,0 (D) e 2,0 (E) L ha⁻¹. Barra de escala = 100 µm.

A espessura total da folha aumentou de 305,9 μm para 394,8 μm em resposta ao tratamento com a maior dose PBZ e para 339,1 μm com a maior dose de TE (Tabela 4). Tsegaw et al. (2005) também observaram que plantas de batata tratadas com PBZ exibiram aumento na espessura total da folha em relação ao controle. Esse aumento foi de 215 μm para 268 μm em resposta ao tratamento com PBZ na dosagem de 67,5 mg i.a. por planta na forma de pulverização foliar. Já o regulador trinexapac-ethyl promoveu alterações anatômicas em *Brachiaria brizantha*, aumentando a espessura da lâmina foliar e da área do mesófilo (FIALHO et al., 2009)

O PBZ aumentou o comprimento (CCE) e a largura das células epidérmicas (LCE) em cerca de 13 e 12% nas folhas pulverizadas com 0,250 L ha⁻¹ e em 10 e 11% nas pulverizadas com 0,125 L ha⁻¹, respectivamente, em relação ao controle. Já nas folhas tratadas com o regulador de crescimento TE, esse aumento foi cerca de 18 e 15% na dosagem 2,0 L ha⁻¹ e de 16 e 13% na dosagem 1,0 L ha⁻¹, respectivamente.

Os tratamentos com PBZ e TE aumentaram o comprimento das células epidérmicas (CCP), entretanto não alterou significativamente a largura (LCP) dessas células.

O aumento médio no CCP foi de 24% (0,125 L ha⁻¹) e 26,9% (0,250 L ha⁻¹) para as folhas tratadas com PBZ, e de 15,8% (1,0 L ha⁻¹) e 17,2% (2,0 L ha⁻¹) para as folhas tratadas com TE, em comparação as folhas não tratadas.

O tratamento com PBZ aumentou a espessura do mesófilo esponjoso (EME) em 34,6% nas folhas tratadas com a dose 0,250 L ha e em 21,3% nas tratadas com 0,125 L ha, sobre o controle. Já no tratamento com o regulador TE, a diferença não foi significativa em relação ao controle.

É possível afirmar que o aumento observado na espessura total da folha nas plantas tratadas com reguladores de crescimento é atribuído ao aumento do diâmetro das células epidérmicas, do comprimento das células paliçádicas e da espessura do mesófilo esponjoso.

Houve redução significativa no número de tubérculos no tratamento com a dose mais alta de PBZ em relação ao controle e as plantas tratadas com TE (Tabela 3). Essa redução no número de tubérculos nas plantas tratadas com PBZ 0,250 L ha⁻¹ pode estar relacionada com a diminuição do número de estolões, devido aos baixos níveis de GA após a aplicação PBZ. Um menor número de estolões resulta em menor número de tubérculos à medida que são formados após a diferenciação de estolões em órgãos vegetativos de armazenamento (KUMAR & WAREING, 1972). Resultados semelhantes

foram obtidos por Tekalign & Hammes (2004) em que a aplicação de PBZ reduziu o número de tubérculos por planta. Pelo contrário, nos ensaios de Bandara & Tanino (1995) o tratamento com PBZ quase duplicou o número de tubérculos por planta sem afetar a massa fresca total dos tubérculos. Tal diferença pode estar relacionada com a dose do produto aplicado, época ou pela sensibilidade da cultivar ao PBZ.

Tabela 4. Efeito dos tratamentos com paclobutrazol (PBZ) e trinexapac-ethyl (TE) nas características foliares. ET: espessura total, CCE: comprimento das células epidérmicas, LCE: largura das células epidérmicas, CCP: comprimento das células paliçádicas, LCP: largura das células paliçádicas, EME: espessura do mesófilo esponjoso. (μm)

Tratamentos	ET	CCE	LCE	CCP	LCP	EME
Controle	305,9 c	49,6 c	32,1 b	111,7 c	28,4 a	179,3 c
PBZ 0,125 L ha ⁻¹	346,3 b	54,5 b	35,5 a	138,8 a	32,1 a	217,5 b
PBZ 0,250 L ha ⁻¹	394,8 a	55,9 ab	35,8 a	141,7 a	32,9 a	241,4 a
TE 1,0 L ha ⁻¹	314,4 c	57,6 ab	36,3 a	129,4 b	30,1 a	186,8 c
TE 2,0 L ha ⁻¹	339,1 b	58,5 a	36,9 a	130,9 b	31,8 a	193,4 c
CV (%)	9,2	8,5	7,3	11,5	9,5	7,9

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

As plantas tratadas com TE não diferiram significativamente do controle quanto ao número de tubérculos por planta. Não foi encontrado na literatura trabalhos utilizando esse regulador de crescimento na cultura da batata. Em tomate, o tratamento com trinexapac-ethyl propiciou a redução da porcentagem de frutos grandes e médios, e conseqüentemente aumentou a porcentagem de frutos pequenos produzidos (FIGUEIREDO et al., 2015).

Os tratamentos com TE e com PBZ 0,125 L ha⁻¹ não foram eficientes em aumentar o teor de massa seca e fresca de tubérculos por planta e produção total de tubérculos quando comparados com o controle (Tabela 3). Figueiredo et al. (2015) estudando o comportamento de plantas de tomateiro na presença do regulador de crescimento, observaram que o trinexapac-ethyl causou redução da produtividade, da massa média dos frutos e da porcentagem de frutos grandes e médios.

O tratamento com PBZ na dose de 0,250 L ha⁻¹ diminuiu significativamente as massas seca e fresca total dos tubérculos por planta, e conseqüentemente, a produção total de tubérculos, quando comparado com os demais tratamentos (Tabela 3). Nesse tratamento ocorreu aumento da massa fresca por tubérculo, em função da redução do número de tubérculos por planta. A massa média do tubérculo das plantas tratadas com

PBZ 0,250 L ha⁻¹ foi de 144 gramas contra os 123 gramas do tratamento controle, acarretando em acréscimo de 21 g por tubérculo.

Tabela 3. Número de tubérculos, massa de matéria fresca e seca dos tubérculos, produção total (massa fresca) e gravidade específica do tubérculo influenciados por aplicações de paclobutrazol (PBZ) e trinexapac-ethyl (TE) aos 110 dias após o plantio.

Tratamentos	Número de tubérculos	Massa fresca (g/planta)	Massa seca (g/planta)	Produção (t/ha)	Gravidade específica (g cm ⁻³)
Controle	8,0 a	984,9 a	149,0 a	35,4 a	1,0581 a
PBZ 0,125 L ha ⁻¹	6,7 ab	946,0 b	135,4 b	34,0 b	1,0556 b
PBZ 0,250 L ha ⁻¹	6,0 b	845,6 c	113,0 c	30,4 c	1,0517 c
TE 1,0 L ha ⁻¹	7,3 a	932,6 b	130,5 b	33,6 b	1,0554 b
TE 2,0 L ha ⁻¹	8,0 a	943,0 b	134,3 b	33,9 b	1,0549 b
CV (%)	9,5	11,2	12,9	11,2	0,5

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

Apesar da tuberização mais precoce, do alto índice de clorofila das folhas e do menor particionamento de MS para a parte aérea, as plantas tratadas com a dose mais alta de PBZ não foram eficientes em aumentar a produção total de tubérculos. Esses resultados contrariam os ensaios de Balamani & Poovaiah (1985), Simko (1991) e Tekalign & Hammes (2004), onde o tratamento com PBZ aumentou a produção total de tubérculos.

As plantas tratadas com PBZ apresentaram maior teor de massa de matéria seca dos tubérculos aos 65 DAP quando comparadas aos demais tratamentos (Figura 4). Esse alto teor de massa de matéria seca pode ser atribuído à redução da atividade GA no tecido do tubérculo, que por sua vez, aumentou a força dreno para atrair mais assimilados e aumentar a síntese de amido. Ocorreu queda no teor de MS aos 80 DAP em todos os tratamentos, exceto para o controle. Na colheita final, os tubérculos controle apresentaram os maiores teores de MS (15,1%), seguido dos tratamentos com PBZ 0,125 (14,3%), TE 2,0 L ha⁻¹ (14,2%), TE 1,0 L ha⁻¹ (14,0%) e por último o tratamento com PBZ 0,250 L ha⁻¹ (13,3%). Portanto, os tratamentos com os reguladores de crescimento não foram eficazes em aumentar o teor de MS dos tubérculos.

As plantas tratadas com os reguladores de crescimento reduziram significativamente a gravidade específica dos tubérculos, sendo essa redução mais pronunciada nos tubérculos tratados com a maior dose de PBZ (Tabela 3).

Houve uma relação positiva entre a gravidade específica e teor de MS, o que indica que a gravidade específica pode ser um bom indicador de teor de MS do tubérculo.

Tsegaw & Zelleke (2002) e Tekalign & Hammes (2004) relataram uma correlação positiva entre a porcentagem de MS e a densidade dos tubérculos.

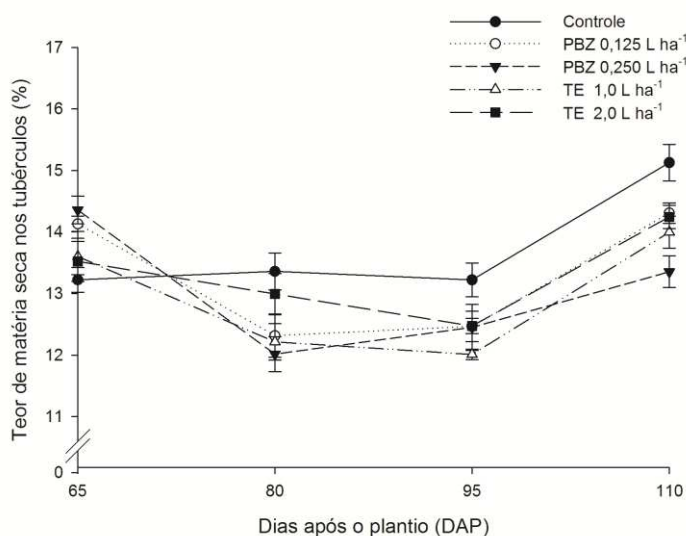


Figura 4. Teor de massa de matéria seca nos tubérculos de batata tratadas com paclobutrazol (PBZ), trinexapac-ethyl (TE) e controle em função dos dias após o plantio. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Aumentar o teor de MS de tubérculos de batata pode vir a ser útil na produção de tubérculos possuindo elevada gravidade específica, que é critério preponderante para a indústria classificar os tubérculos de batata para o processamento. O teor de MS > 20% é compatível com o requerido pelas indústrias de processamento (PEREIRA et al., 2007). Tubérculos de batata que apresentam alto teor de MS proporciona maior rendimento após a fritura, com menor saída de água e menor absorção de gordura, resultando em produtos de textura crocante e sem encharcamento de gordura. Para batatas com baixo conteúdo de sólidos, ocorre o inverso (VENDRUSCOLO & ZORZELLA, 2002).

As plantas tratadas com TE 1,0 L ha⁻¹ e controle obtiveram os maiores teores de açúcares totais nas folhas aos 50 DAP (Figura 5A). Com exceção das folhas tratadas com TE 2,0 L ha⁻¹, os tratamentos tiveram queda aos 65 DAP, seguida de acréscimo nos teores de açúcares totais em todos os tratamentos até o fim das avaliações.

O maior percentual de açúcares redutores aos 50 DAP foi observado nas folhas do tratamento controle e o menor nas folhas das plantas tratadas com PBZ 0,250 L ha⁻¹ (Figura 5B). Nesse tratamento ocorreu aumento desses açúcares no decorrer dos dias de avaliação, obtendo o maior teor aos 95 DAP.

Nas plantas tratadas com TE 1,0 L ha⁻¹ foi observado os maiores teores de açúcares não redutores aos 50 DAP (Figura 5C). Aos 65DAP ocorreu queda no conteúdo desses açúcares em todos os tratamentos, com posterior acréscimo até os 95DAP.

No tratamento com PBZ 0,250 L ha⁻¹, as folhas obtiveram os menores teores de amido em todas as avaliações (Figura 5D). Nesse tratamento também foi observado baixos teores de açúcares não redutores. Isso demonstra que nessas plantas pode ter ocorrido limitação no acúmulo de reserva na forma de amido e provavelmente também afetou a translocação de fotoassimilados devido a menor expansão das folhas (observação pessoal) e tamanho total da planta.

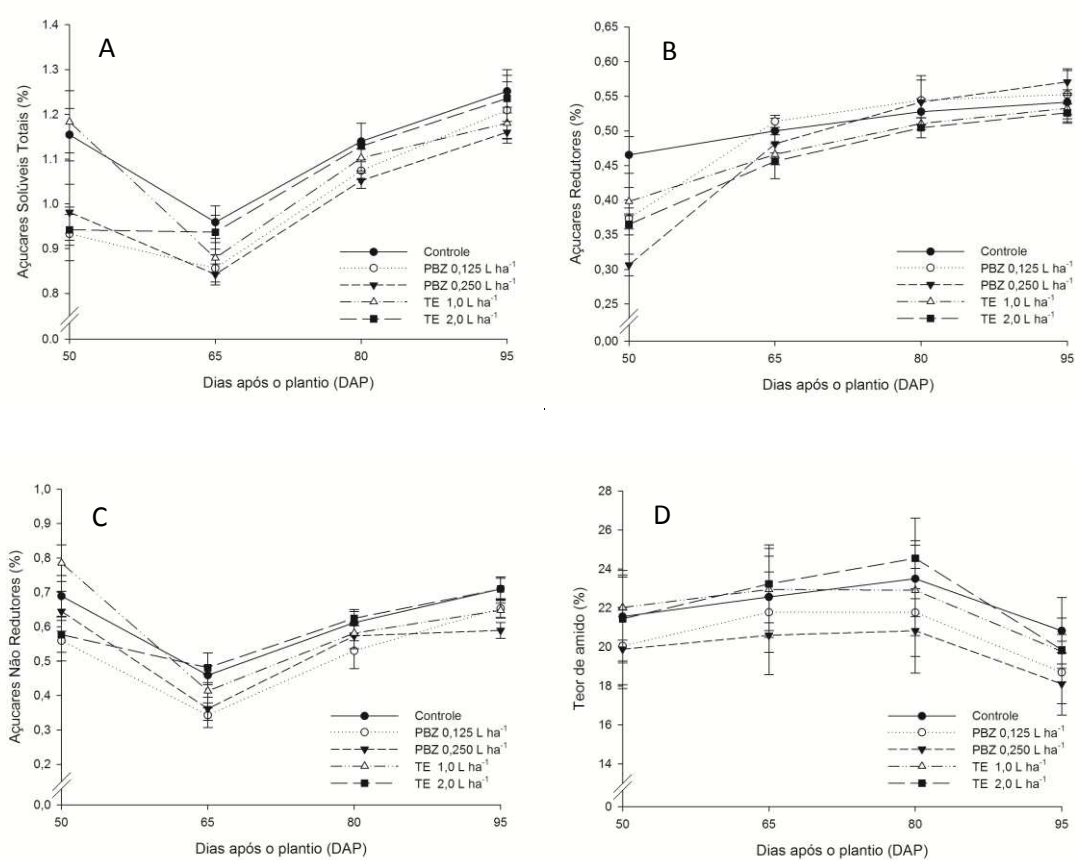


Figura 5. Teores de açúcares solúveis totais (A), açúcares redutores (B), açúcares não redutores (C) e amido (D) em folhas de plantas de batata tratadas com paclobutrazol (PBZ), trinexapacetyl (TE) e controle em função dos dias após o plantio. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Dos 80 aos 95 DAP foi observada queda no teor de amido nas folhas de todos os tratamentos, indicando possível remobilização das reservas das folhas para os tubérculos. Aos 95 DAP, as folhas do tratamento controle apresentou maior quantidade de reserva de amido nas folhas, comparadas aos demais tratamentos.

Para Moorby (1970), a distribuição de fotoassimilados armazenados em outros órgãos da planta, principalmente folhas e hastes, possui importância considerável no enchimento dos tubérculos, sendo, portanto, mais um fator que afeta a produção final dos tubérculos aliado ao acúmulo direto de fotoassimilados nos tubérculos pelo processo de fotossíntese. Este mesmo autor verificou que durante o período de decréscimo da matéria seca da parte aérea, cerca de 20 a 25% do incremento na massa seca dos tubérculos foi devido à remobilização de fotoassimilados. No final do ciclo vegetativo, 90% da matéria seca encontrada nos tubérculos resultavam da translocação direta de fotoassimilados e 10%, da remobilização dos fotoassimilados encontrados na parte aérea da planta.

Dos açúcares solúveis totais, os açúcares não redutores foram predominantes durante todo o período de avaliação dos tubérculos (Figura 6C). Houve redução do conteúdo de açúcares não redutores em todos os tratamentos aplicados, sendo os tubérculos das plantas tratadas com PBZ 0,250 L ha⁻¹ os que se mantiveram com os menores teores em todo o período de avaliação.

Na avaliação aos 65 DAP, os tubérculos das plantas tratadas com PBZ nas duas doses e TE 2,0 L ha⁻¹ apresentaram os teores de açúcares redutores inferiores ao controle e teores de amido superiores. Essa redução no teor de açúcares redutores pode ter sido causada pelo aumento do teor de amido, o que implica que a maior parte dos açúcares redutores foi convertida em amido. Isto pode ser explicado por níveis baixos de GA que estimula as enzimas da biossíntese de amido, como sintase do amido, que convertem açúcares em amido.

A resposta ao alto teor de amido aos 65 DAP pode ser atribuída à redução da atividade GA no tecido do tubérculo, que por sua vez, aumentou a força dreno, atraindo mais assimilados e aumentando a síntese de amido, como é evidente pelo maior percentual de matéria seca particionado aos tubérculos aos 65 DAP, mostrado na Colheita II da Tabela 1. O acúmulo de GA₃ no tecido do tubérculo reduz a força dreno (BOOTH & LOVELL, 1972).

Aos 80 dias foi observada uma queda na porcentagem de amido nos tubérculos, sendo essa queda menos pronunciada nos tubérculos do tratamento controle. Ao fim do ciclo, nota-se que o tratamento controle e a dose mais baixa de TE apresentaram teor de amido superior aos demais tratamentos.

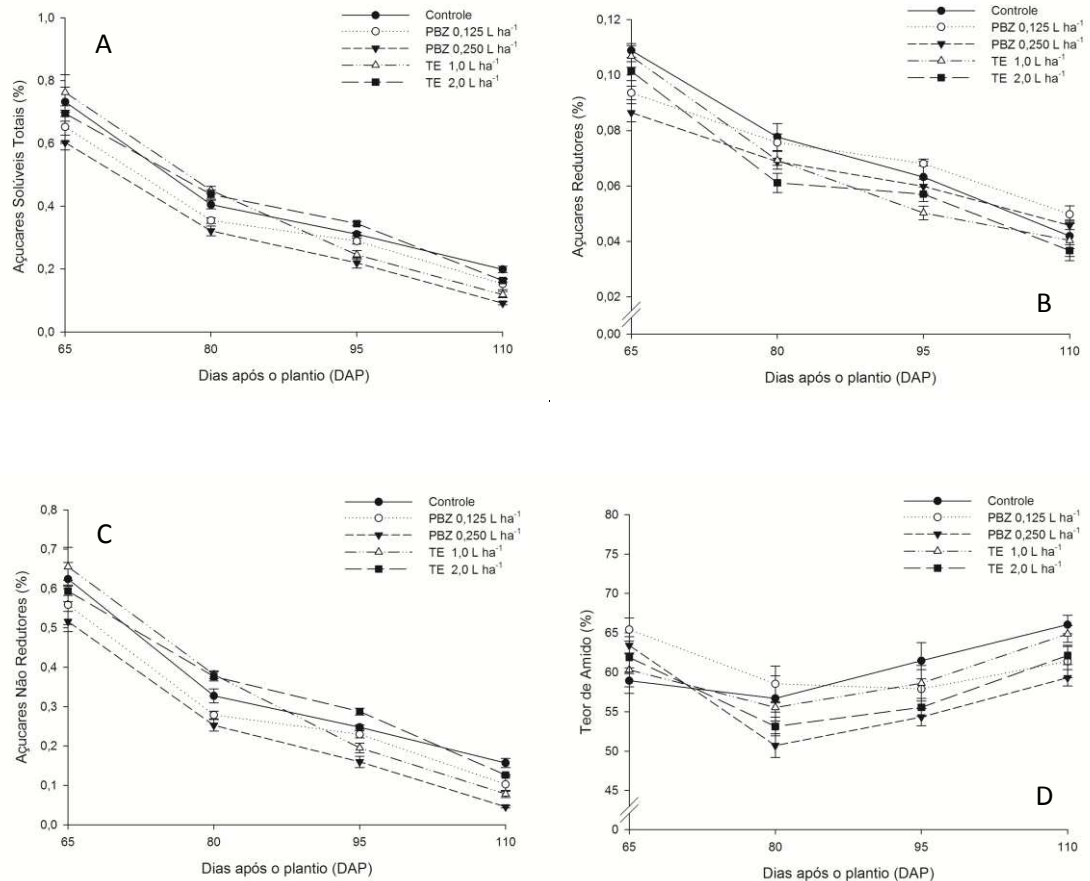


Figura 6. Teores de açúcares solúveis totais (A), açúcares redutores (B), açúcares não redutores (C) e amido (D) em tubérculos de plantas de batata tratadas com paclobutrazol (PBZ), trinexapacetyl (TE) e controle em função dos dias após o plantio. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Esse comportamento pode indicar que logo após a aplicação das duas doses do PBZ e a dose mais alta de TE, esses foram eficientes em reduzir rapidamente o nível do ácido giberélico do tubérculo, porém no decorrer dos dias foram diminuindo a eficiência. Booth e Lovell (1972) observaram que a aplicação de GA₃ para brotos de batata reduziu a exportação de fotoassimilados aos tubérculos, diminuindo o acúmulo de amido e aumentando os níveis de açúcares, que resultou na interrupção do crescimento do tubérculo. Da mesma forma, a aplicação de GA₃ sobre os tubérculos em crescimento reduziu substancialmente a atividade de ADPG-pirofosforilase, enquanto que a atividade de fosforilase do amido permaneceu constante (MARES et al., 1981).

Essa perda da aparente eficiência dos reguladores de crescimento ao longo do ciclo evidencia a necessidade de outra aplicação para uma maior durabilidade da efetividade dos mesmos.

CONCLUSÕES

Os tratamentos com os reguladores de crescimento anteciparam o processo de tuberização nas plantas de batata. O tratamento com PBZ nas duas doses foi eficiente em aumentar o índice de clorofila das folhas e reduzir o tamanho das plantas, porém reduziu a massa fresca e seca dos tubérculos, produção total por planta e a gravidade específica dos tubérculos.

As plantas tratadas com PBZ e TE exibiram células epidérmicas maiores e uma única camada de células do mesofilo paliádico mais alongadas.

O tratamento com PBZ resultou em plantas com menor altura e compactas que podem ser adequadas para o plantio mais adensado, de modo a maximizar a população de plantas e aumentar o retorno econômico por unidade de terra.

Recomenda-se, para trabalhos futuros, a aplicação desses reguladores de forma parcelada em duas vezes, para testar a durabilidade da efetividade dos mesmos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMABILE, R. F.; MINELLA E.; VALENTE, C. M. W. 2004. **Efeito do regulador de crescimento Trinexapac-etil em cevada cervejeira irrigada em áreas de cerrado no Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 14p.

ARF, O.; NASCIMENTO V.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVAREZ, R. C. F.; GITTI, D. C.; SÁ, M. E. 2012. Uso do Etil Trinexapac em cultivares de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 42(2):150-158.

BALAMANI, V.; POOVAIAH, B. W. 1985. Retardation of shoot growth and promotion of tuber growth of potato plants by paclobutrazol. **American Potato Journal** 62: 363-369.

BANDARA, P. M. S.; TANINO, K. K. 1995. Paclobutrazol enhances mini tuber production in Norland potatoes. **Journal Plant Growth Regulation** 14: 151-155.

BOOTH, A.; LOVELL, P. H. 1972. The effect of pre-treatment with gibberellic acid on the distribution of photosynthates in intact and disbudded plants of *Solanum tuberosum*. **New Phytologist** 71: 795-804.

CALDAS, L. S.; MACHADO, L. L.; CALDAS, S. C.; CAMPOS, M. L.; CALDAS, J. A.; PHARIS, R. P.; PEREIRA-NETTO, A. B. 2009. Growth-active gibberellins overcome the very slow shoot growth of *Hancornia speciosa*, an important fruit tree from the Brazilian "Cerrado". **Trees** 23: 1229-1235.

DALLEY, C. D.; RICHARD JUNIOR, E. P. 2010. Herbicides as ripeners for sugarcane. **Weed Science** 58: 329-333.

DAVIS, T.; CURRY, E. 1991. Chemical regulation of vegetative growth. **Critical Reviews in Plant Sciences** 10(2): 151-158.

DEMAGANTE, A. L., VAN DER ZAAG, P. 1988. Potato (*Solanum* spp.) in an isohyperthermic environment. II Response to planting date. **Field Crop Research** 19:153-166.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A. ; HAMILTON, J. K. ; REBERS, P. A. ; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry** 28: 350-356.

FAO, **Produção Agrícola**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E> . Acesso em: 20 fev. 2014.

FELTRAN, J. C.; LEMOS, L. B. 2005. Características agronômicas e distúrbios fisiológicos em cultivares de batata. **Científica** 33: 106-113.

FIALHO, C. M. T.; FERREIRA, E. A.; MEIRA, R. A. S.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; FREITAS, F. C. L.; GALON, L.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; TIRONI, S. P.; ROCHA, P. R. R. 2009. Caracteres morfoanatómicos de *Brachiaria brizantha* submetida à aplicação de Trinexapac-Ethyl. **Planta Daninha** 27(3), 533-539

FIGUEIREDO, A. S. T.; MEERT, L.; PAULA, J. T.; RESENDE, J. T. V.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O. 2015. Comportamento de plantas de tomateiro indeterminado na presença de regulador de crescimento. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias** 10(1): 31-40.

FLETCHER, R. A., KALLIDUMBIL, V.; STEELE, P. 1982. An improved bioassay for cytokinin using cucumber cotyledons. **Plant Physiology** 69: 675-677

FLETCHER, R. A.; GILLEY, A.; SANKHLA, N.; DAVIS, T. 2000. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. **Horticultural Reviews** 24: 55-138.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; BARBOSA, J. G.; MIRANDA, G. V. 2002. Efeitos do trinexapac-ethyl sobre o crescimento e florescimento da grama-batatais. **Planta Daninha** 20(3): 477-486.

GONÇALVES, C.; RODRIGUES-JASSO, M. R.; GOMES, N.; TEIXEIRA, J. A.; BELO, I. 2010. Adaptation of dinitrosalicylic acid method to microtiter plates. **Analytical Methods** 2: 2046-2048.

GROSSMANN, K. 1992. **Plant growth retardants: Their mode of action and benefit for physiological research.** In: KARSSSEN, C. M.; VAN LOON, L. C.; VREUGDENHIL, D. (eds), Plant Growth Regulations. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 788-797.

IBGE, **Produção Agrícola Municipal.** Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp> . Acesso em: 17 de novembro de 2017.

IZUMI, K.; NAKAGAWA, S.; KOBAYASHI, M.; OSHIO, H.; SAKURAI, A.; TAKAHASHI, N. 1988. Levels of IAA, cytokinins, ABA and ethylene in rice plants as affected by GA biosynthesis inhibitor, uniconazole-P. **Plant Cell Physiology** 29: 97-104.

JACKSON, S. D.; PRAT, S. 1996. Control of tuberization in potato by gibberellins and phytochrome B. **Physiology Plant** 98: 407- 412.

KHALIL, I. A. 1995. Chlorophyll and carotenoid contents in cereals as affected by growth retardants of triazole series. **Cereal Research Communications** 23: 183-189.

KAMOUTSIS, A. P.; CHRONOPOULOU-SERELI, A. G.; PASPATIS, E. A. 1999. Paclobutrazol affects growth and flower bud production in Gardenia under different light regimes. **HortScience** 34(4): 674-675.

KENDE, H.; ZEEVAART, J. A. D. 1997. The five “classical” plant hormones. **The Plant Cell** 9: 1197-1210.

KRAUS, T. E.; FLETCHER, R. A. 1994. Paclobutrazol protects wheat seedlings from heat and paraquat injury. Is detoxification of active oxygen involved? **Plant Cell Physiology** 35: 45-52.

KUMAR, D.; WAREING, P. F. 1972. Factors controlling stolon development in the potato plant. *New Phytologist* 71: 639-648.

LIN, K. H.; PAI, F. H.; HWANG, S. Y.; LO, H. F. 2006. Pre-treating Paclobutrazol enhanced chillingtolerance of sweetpotato. **Plant Growth Regulation** 49: 249–262.

MAEDA, M.; DIP, T. M. 2000. Curvas de crescimento mássica de água x peso específico em vegetais in natura - otimização de processos industriais pela seleção via teste de matéria-prima. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, 20(3): 309-313.

MARES, D. J.; MARSCHNER, H.; KRAUSS, A. 1981. Effect of gibberellic acid on growth and carbohydrate metabolism of developing tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Physiology Plant** 52: 267-274.

- MCCOLLUM, R. E. 1978. Analysis of potato growth under differing P regimes. II. Time by P-status interactions for growth and leaf efficiency. **Agronomy Journal** 70: 58-67.
- MCCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; WENS, H. S. 1950. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytical Chemistry** 22: 1156-1158.
- MENZEL, C. M. 1980. Tuberization in potato (*Solanum tuberosum* cultivar Sebago) at high temperature: response to gibberellin and growth inhibitors. **Annals of Botany** 46: 259-266.
- MENZEL, C. M. 1981. Tuberization in potato at higher temperatures: promotion by disbudding. **Annals of Botany** 46: 727-733.
- MENZEL, C. M. 1983. Tuberization in potato at high temperatures. Responses of gibberellin and growth inhibitors. **Annals of Botany** 46: 259-265.
- MOORBY, J. 1970. The production, storage and translocation of carbohydrates in developing potato plants. **Annals of Botany** 34(2): 297-308.
- MOREIRA, M. A.; MAPELI, A. M.; FINGER, F. L. FONTES, P. C. R. 2011. Fisiologia da batata. In: ZAMBOLIM, L. (Ed) **Produção Integrada da Batata**. Viçosa, MG: Departamento de Fitopatologia, 438p.
- PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. 2010. Qualidade industrial do trigo em função do Trinexapac Etil e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia** 34(6): 1492-1499.
- PEREIRA, A. S.; SILVA, R. S.; BENDER, C. I.; FERRI, M. L.; VENDRUSCOLO, J. L. 2007. Genótipos de batata com baixo teor de açúcares redutores. **Horticultura Brasileira** 25(2): 220-223.
- NAKAYAMA, I.; KAMIYA, Y.; KOBAYASHI, M.; ABE, H.; SAKURAI, A. 1990a. Effects of a plant growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cell-free systems derived from immature seeds. **Plant Cell Physiology** 31: 1183-1190.
- NIVAP - NETHERLANDS POTATO CONSULTATIVE FOUNDATION. 2007. Netherlands catalogue of potato varieties. 287p.
- RADEMACHER, W. 2000. Growth retardants: Effects on giberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology** 51: 501-531.
- SAEG - **Sistema de análises estatísticas e genéticas**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. Versão 9.1. Viçosa, MG, 2008. (CD-ROM).

SEBASTIAN, B.; ALBERTO, G.; EMILIO, A. C.; JOSE, A. F.; JUAN, A. F. 2002. Growth, development and color response of potted *Dianthus caryophyllus* cv. Mondriaan to paclobutrazol treatment. **Scientia Horticulturae** 1767: 1-7.

SELEGUINI, A. **Uso de paclobutrazol na produção de mudas, no crescimento, produção e qualidade de frutos de tomateiro em ambiente protegido**. 2007. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira.

SILVA, F. L.; PINTO, C. A. B. P.; ALVES, J. D.; BENITES, F. R. G.; ANDRADE, C. M.; RODRIGUES, G. B.; LEPRE, A. L.; BHERING, L. P. 2009. Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia** 68: 295-302.

SIMKO, I. 1991. In vitro potato tuberization after treatment with paclobutrazol. **Biologia** 46: 251-256.

SOUZA, Z. S. Ecofisiologia. In: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. (Ed.). 2003. **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, pp.80-105.

SYMONS, P. R. R. 1989. **Paclobutrazol: its application and effect on aspects of plant morphology, anatomy, biochemistry and physiology**. Pietermaritzburg, Department of Horticultural Science, University of Natal. 82p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2006. **Plant Physiology**. Sinauer, Sunderland, MA, USA.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P. S. 2004. 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** 43(3): 227-236.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P. S. 2005a. Growth responses of potato (*Solanum tuberosum*) grown in a hot tropical lowland to applied paclobutrazol: 1. Shoot attributes, assimilate production and allocation. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science** 33(1): 35-42.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P. S. 2005b. Growth responses of potato (*Solanum tuberosum*) grown in a hot tropical lowland to applied paclobutrazol: 2. Tuber attributes. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science** 33(1): 43-51.

TERRI, W. S.; MILLIE, S. W. 2000. Growth retardants affect growth and flowering of *Scaevola*. **HortScience** 35(1): 36-38.

TSEGAW, T.; HAMMES, S.; ROBBERTSE, J. 2005. Paclobutrazol-induced Leaf, Stem, and Root Anatomical Modifications in Potato. **HortScience** 40(5): 1343-1346.

VENDRUSCOLO, J. L. S.; ZORZELLA, C. A. 2002. **Processamento de batata (*Solanum tuberosum* L.): Fritura**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas. 15p.

VREUGDENHIL, D.; SERGEEVA, L. I. 1999. Gibberellins and tuberization in potato. **Potato Research** 42: 471–481.

WREGE, M. S.; HERTER, F. G.; PEREIRA, A. S.; CARAMORI, P. H.; GONÇALVES, S. L.; BRAGA, H. J.; PANDOLFO, C.; MATZENAUER, R.; CAMARGO, M. B. P.; BRUNINI, O.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; FERREIRA, J. S. A.; SANS, L. M. A. 2004. **Caracterização climática das regiões produtoras de batata no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 35p

ACÇÃO DO PACLOBUTRAZOL E DO TRINEXAPAC-ETHYL NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BATATA (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) APLICADOS EM BATATAS-SEMENTE

F. F. de Araujo¹; F. L. Finger²

¹Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-900, Viçosa, MG, Brasil

²Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito dos reguladores de crescimento paclobutrazol e trinexapac-ethyl, aplicados nos tubérculos brotados, sobre o desenvolvimento de batata Markies cultivada em condições de verão do estado Minas Gerais. Os tratamentos foram 0,1; 1,0; 10 e 100 mg L⁻¹ de paclobutrazol (PBZ) e 1,0; 10; 100 e 1000 mg L⁻¹ de trinexapac-ethyl (TE), aplicados nas batatas-semente brotadas antes de realizar o plantio. O PBZ foi eficiente em reduzir o tamanho das plantas e aumentar o índice de clorofila, flavonoides e balanço de nitrogênio das folhas em relação as plantas controle. As folhas das plantas provenientes de batatas-semente tratadas com PBZ nas doses 10 e 100 mg L⁻¹ exibiram células epidérmicas maiores, células do mesófilo paliádico mais alongadas e mesófilo esponjoso mais espesso. Os tratamentos com o regulador de crescimento TE não proporcionaram modificações na anatomia foliar. Os tratamentos com PBZ nas doses 10 e 100 mg L⁻¹ atrasaram a emergência da parte aérea, o início da tuberização das plantas, reduziu o número de tubérculos por planta e o teor de amido. A menor dose de PBZ (0,1 mg L⁻¹) não diferiu do controle e dos tratamentos com TE em relação ao teor de massa fresca e seca dos tubérculos, produção total e gravidade específica dos tubérculos.

Palavras-chave: Particionamento de fotoassimilados; reguladores de crescimento; teor de matéria seca.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of growth regulators paclobutrazol and trinexapac-ethyl on the development and production of the cultivar Markies potato cultivated under summer conditions in the state of Minas Gerais. Treatments were 0.1; 1.0; 10 and 100 mg L⁻¹ paclobutrazol (PBZ) and 1.0; 10; 100 and 1000 mg L⁻¹ of trinexapac-ethyl (TE), applied to seed potatoes sprouted before planting, and control treatment. PBZ was efficient in reducing plant size and increasing chlorophyll, flavonoid and leaf nitrogen balance. Leaves from PBZ-treated seed potatoes at doses 10 and 100 mg L⁻¹ exhibited larger epidermal cells, more elongated palisade mesophyll cells and thicker spongy mesophyll. The treatments with TE did not provide modifications in the foliar anatomy. PBZ treatments at doses 10 and 100 mg L⁻¹ delayed the emergence of shoot, the beginning of plant tuberization, reduced the number of tubers per plant and the starch content of the tubers. The lowest dose of PBZ (0.1 mg L⁻¹) did not differ from the control and the treatments with TE in relation to the fresh and dry mass content of the tubers, total production and specific gravity of the tubers.

Keywords: Partitioning of photoassimilates; growth regulators; dry matter content.

INTRODUÇÃO

Com alto índice proteico e valor biológico, a batata é considerada uma das fontes alimentícias mais nutritivas para o homem, à frente do trigo, arroz, feijão e milho, estando entre os alimentos mais consumidos no mundo (ABBA, 2017a). Embora habitualmente consumidos frescos, os tubérculos são também direcionados para processamento de produtos congelados, fritos ou desidratados, entre outros derivados.

O consumo de batata industrializada no Brasil tem aumentado expressivamente nos últimos anos (EVANGELISTA et al., 2011), especialmente no seguimento de palitos pré-fritos congelados, as quantidades consumidas pela população brasileira quase dobraram de volume nos últimos seis anos. Tubérculos de boa qualidade são de fundamental importância para a indústria de processamento, pois aqueles com maiores percentuais de matéria seca e amido favorecem o rendimento de fritura, proporcionando menor retenção de óleo, garantindo a crocância e a textura do produto final (FERNANDES et al., 2010).

Nesse mercado de batata industrializada a cultivar Asterix tem se destacado, pois apresenta tubérculos com formato uniforme e alongado e com percentual elevado de matéria seca. No entanto, a falta de matéria prima em quantidade e qualidade adequadas tem levado à busca por novas cultivares de batata, com alta qualidade para o processamento, adaptadas às condições brasileiras de cultivo (MÜLLER et al., 2009), e que atendam às características desse mercado consumidor. Recentemente, a cultivar Markies, que apresenta tubérculos com características similares aos da cultivar Asterix (FERNANDES et al., 2010; EVANGELISTA *et al.*, 2011), começou a ser cultivada no Brasil em extensões de áreas bastante significativas e passou a ser uma das cinco cultivares de batata mais plantadas no país (ABBA, 2017b). Além disso, os tubérculos da cultivar Markies também têm sido comercializados *in natura*, tendo boa aceitação em algumas regiões.

O Estado de Minas Gerais destaca-se como o principal produtor nacional de batata, participando com 32% do total produzido no Brasil, seguido do Estado do Paraná com 23% e na sequência, o Estado de São Paulo com 19%. A produção das mesorregiões do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Sul/Sudeste de Minas representam em torno de 96% do total produzido no estado de Minas Gerais (IBGE, 2017).

Caracterizadas por altitudes médias que variam de 800 a 1350 metros, essas regiões de altitude são preferidas, uma vez que apresentam temperaturas amenas e maior amplitude de temperatura entre o dia e a noite (WREGGE et al., 2004), como é o caso do

município de Perdizes, situado na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, onde foi realizado o experimento. Contudo, nos meses de verão, o crescimento dos caules e massa foliar é favorecido pelas altas temperaturas, levando à redução da produtividade, aumento das doenças fúngicas e bacterianas e o menor teor de matéria seca dos tubérculos.

Os reguladores de crescimento são compostos utilizados em sistemas agrícolas. Tanto os reguladores naturais, como os sintéticos, que exercem efeitos semelhantes aos hormônios, são denominados conjuntamente de reguladores de crescimento vegetal e são definidos como compostos orgânicos que, em pequenas quantidades, promovem, inibem ou modificam, qualitativamente, o crescimento e desenvolvimento das plantas (FERNANDES, 2007). Porém, o grau de resposta destes reguladores varia com a espécie, com a cultivar, com o método de aplicação e com a concentração utilizada. Entre estes compostos estão o paclobutrazol e o trinexapac-ethyl, que em geral têm proporcionado aumento na produtividade.

O paclobutrazol (PBZ) é um triazol que bloqueia a biossíntese de GA (Ácido giberélico), diminuindo o desenvolvimento das plantas. De acordo com Silva et al. (2003), o composto ativo alcança os meristemas subapicais da planta inibindo a oxidação do caureno para ácido caurenóico, o qual é precursor do ácido giberélico. Esse processo resulta em redução dos níveis de todas as formas de giberelinas (GAs) (FLETCHER et al., 2000), causando reduções na taxa de alongação e divisão celular, sem ocasionar citotoxicidade (SYMONS, 1989). Os triazóis também podem alterar os níveis de ácido abscísico, etileno, citocininas (FLETCHER et al., 2000) e auxinas (DAVIS; CURRY, 1991).

Devido às suas características físico-químicas e seu modo de ação, o paclobutrazol pode ser aplicado nas plantas através das raízes, folhas, troncos, ramos ou órgãos de propagação, como sementes, bulbos e tubérculos (SELEGUINI, 2007). A aplicação via radicular é usualmente mais utilizada, todavia, tem como desvantagem a sua alta retenção no solo e o risco de contaminação, tendo em vista que a taxa de degradação dos triazóis no solo é baixa (DAVIS et al., 1988).

A aplicação do paclobutrazol em órgãos propagativos como sementes, bulbos, rizomas, tubérculos e estacas tem sido incentivado. Esse método tem numerosos benefícios em comparação aos procedimentos convencionais, sendo simples, de baixo custo, reduz à concentração da substância química utilizada, o conteúdo de resíduos nos produtos são mínimos ou nulos, e de baixa difusão no ambiente (FLETCHER et al., 2000;

MAGNITSKIY et al., 2006). Em batata, a aplicação de paclobutrazol via foliar foi eficiente em reduzir a altura e área foliar das plantas proporcionalmente à concentração aplicada nas plantas na fase que antecedeu início da tuberização (TSEGAW et al., 2005). Os autores também identificaram alterações na anatomia e morfologia das folhas e caules, afetando a estrutura e o potencial de produção da planta. Logo, a aplicação do paclobutrazol em batatas sementes seria uma alternativa para evitar os riscos inerentes ao uso desse produto em campos de produção comercial de batata. Porém, o efeito do paclobutrazol aplicado em tubérculos brotados, antes de realizar o plantio, ainda é desconhecido.

Outra substância que apresenta efeito comprovado na inibição da biosíntese de giberelina é o trinexapac-ethyl (MATYSIAK, 2006) por apresentar acilciclohexanoedina, que por ser similar ao 2-oxiglutarato compete nos sítios de ligação, inibindo a atividade da dioxigenase e a biossíntese de giberelina (RADEMACHER, 2000). Esse regulador de crescimento atua na terceira fase de síntese das GAs, impedindo a transformação do GA₁₂ aldeído (inativa) em GAs de maior atividade biológica como a GA₄ e GA₁ (ativas), dentre outras. Com isso, o crescimento longitudinal dos tecidos caulinares é reduzido, permitindo a formação de uma planta de menor tamanho e mais compacta, sem a presença de modificações morfológicas no caule (LINZMEYER JÚNIOR et al., 2008). A paralisação da rota metabólica produtora de giberelina nas plantas é temporária e depende de fatores como dosagem e condições ambientais, notadamente fotoperíodo e temperatura (FAGERNESS et al., 2002).

Em algumas espécies de gramíneas, como o trigo e o centeio, o trinexapac-ethyl provoca redução do comprimento dos entrenós e, conseqüentemente, na altura das plantas. O efeito desse regulador na cultura da batata ainda é desconhecido.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do paclobutrazol e trinexapac-ethyl aplicados nas batatas-semente brotadas sobre o desenvolvimento da cultivar Markies cultivada em condições de verão do estado Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com a cultivar Markies e conduzido em uma lavoura de batata na Fazenda Água Santa – Grupo Rocheto, situada no município de Perdizes, Minas Gerais (19° 21' 19'' S e 47° 16' 58'' O, com altitude de 1100 m), durante o período de verão da região Sudeste. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de

Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita de Produtos Hortícolas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG.

Trinta dias antes do plantio, as batatas-semente foram retiradas da câmara fria (4 °C e 85% de umidade relativa) e colocadas em temperatura ambiente, no escuro, para induzir a brotação dos tubérculos.

Batatas-semente brotadas foram imersas durante 30 minutos em quatro concentrações de paclobutrazol (PBZ) (0,1; 1,0; 10 e 100 mg L⁻¹) e quatro concentrações de trinexapac-ethyl (TE) (1,0; 10; 100 e 1000 mg L⁻¹).

Os plantios foram realizados de forma manual, com espaçamento de 0,38 m entre plantas, 0,8 m entre linhas e profundidade de plantio de 0,12 m. As parcelas experimentais constaram de 19,2 m², sendo 2,4 m de largura e 8 m de comprimento, e foi mantida sempre uma distância longitudinal de 4 m entre as parcelas.

Para a adubação da batateira, utilizaram-se 180 kg ha⁻¹ de N (MAP e nitrato de amônio), 420 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (MAP) e 270 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). O cloreto de potássio foi aplicado no pré-plantio, o MAP no plantio e o nitrato de potássio aos 35 (amontoa) e 65 dias após o plantio. Todos os tratamentos receberam aplicações de micronutrientes (B, Zn e S), via pivô central, ao longo do ciclo.

Os tratos culturais pertinentes à cultura, como amontoa e tratamentos fitossanitários, foram realizados de acordo com a necessidade da cultura e cronograma da fazenda.

Durante o período de crescimento, a precipitação total foi de 1133 mm e as temperaturas médias mínimas e máximas mensais foram de 19 °C (que variaram de 15,9 a 23 °C) e 29 °C (que variaram de 19,8 a 37,1 °C), respectivamente (Figura 1). A umidade relativa média foi de 77%, variando de 53 a 94%. A radiação solar teve média de 206 W/m².

As avaliações foram realizadas com 35 dias após o plantio (DAP) (Avaliação I), 50 dias DAP (Avaliação II), 65 DAP (Avaliação III), 80 DAP (Avaliação IV) e 95 DAP (Avaliação V). Três plantas selecionadas aleatoriamente foram colhidas de cada categoria de tratamento. As amostras foram divididas em folhas, caules, tubérculos e raízes/estolões. A matéria fresca foi determinada imediatamente após a colheita e a matéria seca de cada órgão da planta, após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C durante 5 (cinco) dias. A partição de massa de matéria seca foi determinada a partir da massa seca de cada órgão da planta individualizada, expresso em porcentagem de massa seca total da planta.

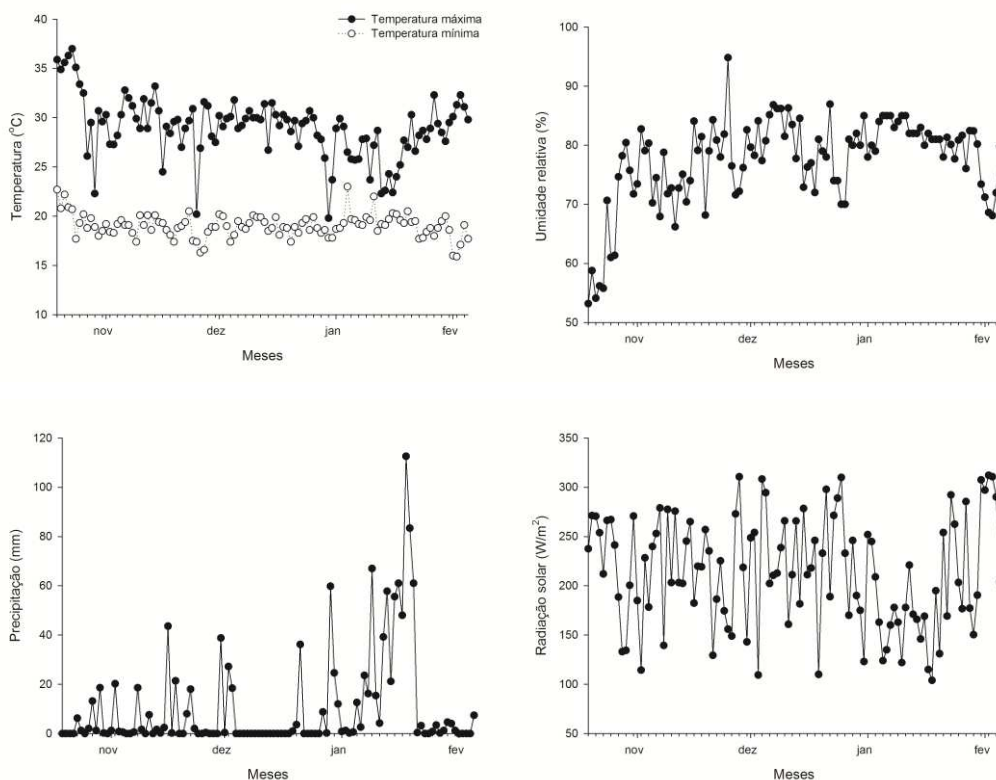


Figura 1. Temperatura máxima e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa (%), precipitação (mm) e radiação solar (W/m^2) durante a condução do experimento da batata cultivar Markies, no período entre novembro de 2015 a fevereiro de 2016. Perdizes, Minas Gerais.

O coeficiente de partição de matéria seca (MS) foi obtido pela relação entre a taxa de acúmulo de MS no tubérculo e a taxa de acúmulo de MS na planta inteira (McCOLLUM, 1978).

Determinou-se o número de hastes por planta e o comprimento da maior haste, o número e a massa fresca de tubérculos. A gravidade específica foi determinada pela razão entre o peso em ar e o peso do tubérculo em água (MAEDA & DIP, 2000) e o teor de matéria seca pela razão entre a massa seca e fresca do tubérculo, expresso em percentagem.

As medições ópticas de clorofila e flavonoides da folha foram feitas no folíolo terminal da quarta folha completamente expandida a partir do ápice da planta com o medidor portátil Dualex® (Force-A, Orsay, France), obtendo-se o índice de flavonoides (IFLV), índice de clorofila (ICHL) e o índice balanceado de N (IBN). Este último foi obtido pela relação entre ICHL e IFLV.

Secções de folhas de batata foram fixadas em FAA₅₀ durante 48 horas e mantidas em etanol 70% (JOHANSEN, 1940), com três repetições por tratamento. As amostras

(0,25 x 0,25 x 0,25 mm) foram desidratadas em série etanólica e embebidas em metacrilato (Historesin, Leica, Heidelberg, Alemanha) de acordo com as recomendações do fabricante. O material foi seccionado com 5 µm de espessura em micrótomo rotativo automático (Leica RM2155, Deerfield, IL, USA) e corado com azul de toluidina (O'BRIEN et al., 1964). As imagens foram obtidas em microscópio de luz (AX-70 TRF, Olympus Optical, Tóquio, Japão) acoplado a uma câmera digital (Zeiss AxioCam HRc, Göttinger, Alemanha) ao computador com o programa de captura de imagem Axion Vision. As medições foram feitas utilizando-se o software Image-Pro Plus.

A quantificação de açúcares solúveis totais das folhas e tubérculos foi realizada de acordo com o método do fenol-ácido sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). Os açúcares redutores foram medidos de acordo com a metodologia do ácido dinitrossalicílico (DNS) (GONÇALVES et al., 2010). O teor de açúcares não redutores foi obtido pela diferença entre o teor de açúcares solúveis totais e o teor de açúcares redutores. Para quantificação de amido, foi seguido o método descrito por McCready et al. (1950).

Para a avaliação da aparência dos palitos de batata, a fritura foi realizada em óleo de soja refinado, durante 3 minutos, em fritadeira especializada com temperatura monitorada e mantida a 180°C.

Aos 95 DAP, realizou-se a dessecação da parte aérea das plantas de todos os tratamentos com o herbicida Diquat (400 g i.a. ha⁻¹). Aos 110 DAP, foram colhidos os tubérculos de 6 (seis) plantas das linhas centrais de cada parcela para determinação da produtividade.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as diferentes concentrações dos reguladores de crescimento e nas subparcelas, as épocas de avaliação das plantas (35, 50, 65, 80 e 95 DAP) com 3 (três) repetições.

Os dados foram analisados por análises de variância e de regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genética da UFV (SAEG, 2008). Para a escolha do modelo de regressão baseou-se na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{SQReg} / \text{SQtrat}$) e no comportamento biológico em estudo. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados referentes ao teor de MS dos tubérculos e carboidratos de folhas e tubérculos foram submetidos à análise descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação I (35 DAP), as plantas de todos os tratamentos já haviam emergido, exceto as plantas das batatas-semente tratadas com as duas doses maiores de paclobutrazol (PBZ). Nesses tratamentos somente foi notado emergência de plantas a partir dos 65 DAP (avaliação III).

No cultivo da batata é desejável que antes do plantio dos tubérculos-semente, a dormência seja rompida. O processo de quebra da dormência e início da brotação em batata é desencadeado, entre outros fatores, pelo balanço interno favorável de hormônios vegetais promotores de crescimento, como as auxinas, as citocininas e giberelinas (LECLERC et al., 1995; SUTTLE, 2004), coincidindo com o aumento das giberelinas endógenas (ITTERSUM & SCHOTLE, 1993).

O atraso na emergência das plantas tratadas com as duas doses maiores de PBZ pode ter ocorrido devido a redução drástica no conteúdo de giberelinas endógenas nos tubérculos-semente, inibindo o crescimento do broto por um longo período de tempo. O PBZ é um triazol que bloqueia a biossíntese do ácido giberélico, diminuindo o desenvolvimento vegetal. A resposta das plantas ao PBZ varia de acordo com a concentração, forma de aplicação, absorção e estágio fenológico em que a aplicação foi realizada (SANTOS et al., 2004).

Seleguini et al. (2013) verificaram redução linear na taxa de germinação conforme o aumento da concentração de doses de PBZ aplicadas em sementes de tomateiro. De acordo com Pill e Gunter (2001) e Pasian e Bennett (2001), o efeito inibitório da embebição de sementes em soluções contendo PBZ pode estar associado a taxa de absorção do PBZ, causando toxicidade ao embrião, com redução nos níveis de GA a valores insuficientes para a germinação e para o crescimento da plântula. Segundo Hung et al. (1992), o aumento das concentrações e dos tempos de exposição das sementes ao regulador de crescimento contribuiu para a elevação na taxa de penetração do produto nas sementes e conseqüente redução da germinação.

Nas batatas-semente tratadas com o regulador de crescimento trinexapac-ethyl (TE), que também bloqueia a biossíntese de giberelina, não foi verificado atraso na emergência das plantas. Essa não inibição da brotação nas batatas-semente tratadas com TE podem ter ocorrido devido a utilização de baixa concentração do produto, não suficientemente eficaz para reduzir o conteúdo de giberelinas, ou pela seletividade desse composto a algumas espécies de plantas.

Tabela 1. Particionamento da massa de matéria seca (%) para cada parte (órgão) da batateira (*Solanum tuberosum*) e a matéria seca total (g), influenciados por aplicações de paclobutrazol (PBZ) e trinexapacetyl (TE) nas batatas-semente antes do plantio.

Tratamentos	Folhas (%)	Raízes (%)	Hastes (%)	Tubérculos (%)	MS Total (g/pl)
Avaliação I (35 DAP)					
Controle	77,24 b	11,75 a	11,01 a	-	9,78 a
PBZ 0,1 mg L ⁻¹	79,64 ab	12,34 a	8,02 ab	-	5,71 b
PBZ 1,0 mg L ⁻¹	81,18 a	12,24 a	6,58 b	-	3,94 c
PBZ 10 mg L ⁻¹	-	-	-	-	0 d
PBZ 100 mg L ⁻¹	-	-	-	-	0 d
TE 1,0 mg L ⁻¹	78,20 ab	12,58 a	9,22 ab	-	6,23 b
TE 10 mg L ⁻¹	79,84 ab	12,13 a	8,03 ab	-	6,68 b
TE 100 mg L ⁻¹	78,16 ab	13,67 a	8,17 ab	-	6,02 b
TE 1000 mg L ⁻¹	78,10 ab	13,68 a	8,22 ab	-	5,88 b
CV (%)	8,9	14,3	12,6	-	11,5
Avaliação II (50 DAP)					
Controle	78,29 a	11,44 a	10,27 a	-	33,58 a
PBZ 0,1 mg L ⁻¹	80,01 a	12,01 a	7,98 ab	-	18,05 c
PBZ 1,0 mg L ⁻¹	80,82 a	12,49 a	6,69 b	-	12,60 c
PBZ 10 mg L ⁻¹	-	-	-	-	0 d
PBZ 100 mg L ⁻¹	-	-	-	-	0 d
TE 1,0 mg L ⁻¹	81,03 a	10,61 a	8,36 ab	-	30,14 a
TE 10 mg L ⁻¹	80,83 a	11,33 a	7,84 ab	-	25,78 b
TE 100 mg L ⁻¹	79,79 a	12,29 a	7,93 ab	-	26,72 b
TE 1000 mg L ⁻¹	79,69 a	12,25 a	8,06 ab	-	22,82 b
CV (%)	7,2	13,7	15,9	-	18,9
Avaliação III (65 DAP)					
Controle	57,87 c	6,40 b	8,52 a	27,21 a	78,85 a
PBZ 0,1 mg L ⁻¹	63,69 b	6,55 b	6,69 a	23,07 b	62,62 b
PBZ 1,0 mg L ⁻¹	79,91 a	11,31 a	8,78 a	-	35,99 c
PBZ 10 mg L ⁻¹	79,38 a	12,84 a	7,78 a	-	11,99 d
PBZ 100 mg L ⁻¹	78,60 a	13,12 a	8,29 a	-	8,56 d
TE 1,0 mg L ⁻¹	64,14 b	6,87 b	6,99 a	21,99 b	77,61 a
TE 10 mg L ⁻¹	64,24 b	6,45 b	6,74 a	22,57 b	78,44 a
TE 100 mg L ⁻¹	64,45 b	6,03 b	6,96 a	22,56 b	75,36 a
TE 1000 mg L ⁻¹	63,51 b	6,46 b	6,66 a	23,37 b	74,11 a
CV (%)	7,9	14,7	19,6	8,9	10,2
Avaliação IV (80 DAP)					
Controle	42,42 d	5,59 b	6,63 b	45,36 a	129,48 a
PBZ 0,1 mg L ⁻¹	48,59 c	5,21 b	6,57 b	39,63 b	106,84 b
PBZ 1,0 mg L ⁻¹	61,36 b	8,25 a	6,49 b	23,89 c	76,38 c
PBZ 10 mg L ⁻¹	80,82 a	10,35 a	8,83 a	-	28,95 d
PBZ 100 mg L ⁻¹	81,77 a	9,74 a	8,49 a	-	14,28 e
TE 1,0 mg L ⁻¹	45,81 c	5,54 b	6,44 b	42,21 ab	130,36 a
TE 10 mg L ⁻¹	46,85 c	5,22 b	6,90 b	41,04 ab	131,30 a
TE 100 mg L ⁻¹	48,47 c	5,66 b	6,64 b	39,23 b	128,61 a
TE 1000 mg L ⁻¹	46,88 c	5,01 b	5,62 b	42,48 ab	125,57 a
CV (%)	8,3	12,1	15,9	7,2	9,1
Avaliação (95 DAP)					
Controle	34,75 c	4,26 b	5,96 b	55,03 a	151,48 a
PBZ 0,1 mg L ⁻¹	39,59 c	4,54 b	5,57 b	50,29 b	123,84 b
PBZ 1,0 mg L ⁻¹	49,03 b	8,26 a	5,49 b	37,22 c	95,38 c
PBZ 10 mg L ⁻¹	80,82 a	9,69 a	9,49 a	-	35,61 d
PBZ 100 mg L ⁻¹	82,77 a	9,07 a	8,16 a	-	20,28 e
TE 1,0 mg L ⁻¹	36,47 c	4,54 b	5,44 b	53,55 ab	152,36 a
TE 10 mg L ⁻¹	36,18 c	3,55 b	6,90 b	53,37 ab	149,30 a
TE 100 mg L ⁻¹	39,81 c	3,72 b	6,58 b	49,89 b	149,61 a
TE 1000 mg L ⁻¹	38,55 c	4,35 b	5,62 b	51,48 ab	147,57 a
CV (%)	7,9	16,8	14,3	7,8	10,9

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

O percentual de partição de MS para as folhas em batata-sementes tratadas com PBZ 1,0 mg L⁻¹, aos 35DAP, foi significativamente superior ao controle, apresentando cerca de 81% da MS total da planta (Tabela 1). Aos 50 DAP, os tratamentos não apresentaram diferença em relação ao percentual de partição de MS para as folhas. Na avaliação III (65 DAP), as plantas tratadas com as três maiores doses de PBZ obtiveram os maiores índices de MS, enquanto as plantas do controle proporcionou a menor porcentagem. Na última avaliação (95 DAP) foi observado que todos os tratamentos apresentavam queda na porcentagem de partição de MS para as folhas, exceto nas duas doses maiores de PBZ, onde foi observado atraso no crescimento inicial e ainda não havia iniciado o processo de tuberização.

O particionamento de MS para as raízes nas avaliações I e II não apresentou diferença significativa entre os tratamentos em que as plantas já haviam emergido (Tabela 1). Na avaliação II, as raízes dos tratamentos representavam de 10,61 a 12,49% da MS total da planta. Segundo Tekalign & Hammes (2005), o sistema radicular representa em torno de 4% da MS total da planta de batata. Contudo, tal proporção pode variar de acordo com a cultivar e com as condições de cultivo.

Nas avaliações subsequentes aos 65, 80 e 95 DAP, as plantas das batatas-semente tratadas com as três maiores doses de PBZ apresentaram diferença significativa em relação aos outros tratamentos, obtendo maior percentual de partição de MS para as raízes. Esse efeito pode ser um reflexo da redução do crescimento da parte aérea das plantas, o que possivelmente aumenta a disponibilidade de carbono que pode ser direcionado para o sistema radicular.

Quanto ao acúmulo e distribuição de MS para as hastes, somente o tratamento com PBZ 1,0 mg L⁻¹ apresentou diferença significativa em relação ao controle nas avaliações de 35 e 50 DAP (Tabela 1). Na colheita III (65 DAP), os tratamentos não diferiram entre si. Nas avaliações IV e V, os tratamentos com PBZ 10 e 100 mg L⁻¹ obtiveram os maiores índices de partição para as hastes quando comparados aos demais tratamentos.

O início do processo de tuberização ocorreu após a avaliação de 50 DAP, sendo que aos 65 DAP, os tratamentos com as três maiores doses de PBZ não haviam iniciado a tuberização. Nessa data, o controle apresentou porcentagem maior de partição de MS para os tubérculos em relação aos demais tratamentos (Tabela 1).

Na avaliação IV (80 DAP), as plantas referentes ao tratamento com PBZ 1,0 mg L⁻¹ já apresentava tubérculos, porém estes obtiveram o menor índice de partição de MS

para os tubérculos comparado aos demais. Aos 95 DAP, 55% do total de MS das plantas do tratamento controle estavam acumulados nos tubérculos, enquanto no tratamento com PBZ 1,0 mg L⁻¹ esse acúmulo de MS foi de apenas 37,2%. Até essa data, as plantas dos tubérculos-semente tratados com as duas maiores doses de PBZ não haviam tuberizado.

Primeiramente, os drenos metabólicos preferenciais foram as folhas e hastes, e posteriormente os tubérculos que, com o seu aparecimento e crescimento, se tornaram os drenos metabólicos preferenciais de forma acentuada e definitiva, em virtude da alta capacidade mobilizadora dos tubérculos que ocasionaram uma redução acentuada no acúmulo de matéria seca, após os 65 DAP, tanto para as folhas quanto para as hastes (Tabela 1). Nos tratamentos com as duas doses maiores de PBZ, essa mudança não foi notada até os 95DAP devido ao atraso na tuberização dessas plantas.

Nesse presente estudo, a aplicação dos reguladores de crescimento PBZ e TE nas batatas-semente, antes do plantio, não aumentou a partição de MS para os tubérculos na fase de enchimento.

Com base nos acúmulos de MS na planta inteira, na primeira avaliação, observa-se que as plantas do tratamento controle obtiveram os maiores conteúdos de MS, seguida de todas as doses do tratamento com TE e a menor dose do tratamento com PBZ, e por último o tratamento com PBZ 1,0 mg L⁻¹ (Tabela 1). Lembrando que aos 35 DAP, as plantas tratadas com duas maiores doses de PBZ não haviam emergido.

Na avaliação II (50 DAP), as plantas do tratamento controle não diferiram significativamente das plantas tratadas com TE 1,0 mg L⁻¹ em razão da partição de MS na planta inteira. Já na avaliação III (65 DAP) era possível notar um crescimento inicial lento das plantas tratadas com PBZ 10 e 100 mg L⁻¹, apresentando menor porcentagem de MS total em relação aos demais tratamentos. Na última avaliação de partição, aos 95 DAP, foi observado que o tratamento controle não diferiu significativamente dos tratamentos com o TE. Porém esses diferiram dos tratamentos com as doses de PBZ, onde a menor porcentagem de acúmulo de MS na planta inteira foi obtida no tratamento com a maior dose de PBZ (100 mg L⁻¹).

Em relação ao coeficiente de partição de MS entre a planta inteira e os tubérculos é possível notar que as plantas do tratamento controle apresentaram os maiores coeficientes em relação aos demais tratamentos em todos os períodos de avaliação (Figura 2). Como as plantas das batatas-semente tratadas com as duas maiores doses do PBZ não haviam iniciado a tuberização até os 95 DAP, não foi possível calcular o coeficiente de partição desses tratamentos. O tratamento com o PBZ 0,1 mg L⁻¹, atingiu ao final dos 95

DAP, o coeficiente 1,01, ou seja, a taxa de acúmulo de MS nos tubérculos já era maior do que na planta inteira (Figura 2A).

Nos tratamentos com o regulador de crescimento TE foi notado que aos 65 DAP os coeficientes de partição eram menores que o do controle, porém ao final dos 95 DAP observa-se que as plantas de batata-sementes tratadas com a dose de TE 1,0 e 10 mg L⁻¹ conseguiram aproximar do coeficiente do tratamento controle. O controle e todos os tratamentos com TE atingiram coeficientes maiores que 1,0 aos 95 DAP, indicando maior taxa de acúmulo de MS nos tubérculos do que na planta inteira e a realocação de MS dos demais órgãos para os tubérculos (Figura 2B).

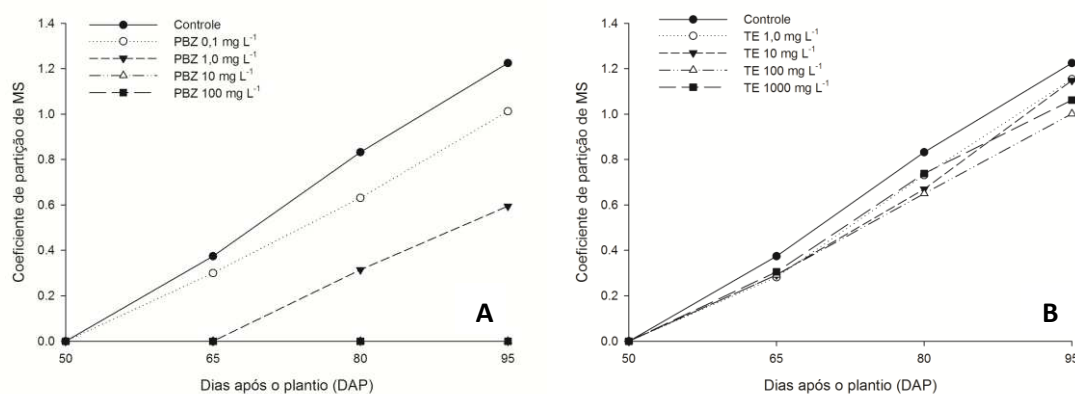


Figura 2. Coeficiente de partição de MS entre os tubérculos e a planta inteira de batatas-semente tratadas com paclobutrazol (PBZ) (A) e trinexapac-ethyl (TE) (B) em função dos dias após o plantio.

As plantas do tratamento controle apresentaram maior comprimento da haste principal em comparação às plantas das batatas-semente tratadas PBZ ao longo de todo o ciclo da planta (Figura 3A). Nos tratamentos com as doses de TE foi observado redução do comprimento da maior haste em relação ao controle na primeira avaliação, aos 35 DAP, porém ao final do ciclo essa diferença no comprimento da haste entre esses tratamentos não foi significativa (Figura 3B).

Os tratamentos com as doses do regulador TE não diferiram significativamente do controle em relação ao comprimento da maior haste da planta (Tabela 2). Enquanto, nos tratamentos com PBZ, todas as doses apresentaram diferença significativa em relação ao controle e aos tratamentos com TE. A imersão das batatas-semente brotadas antes do plantio em solução de 0,1; 1,0; 10 e 100 mg L⁻¹ de PBZ reduziu o comprimento da haste em cerca de 18; 25; 51 e 55%, em comparação ao controle, respectivamente.

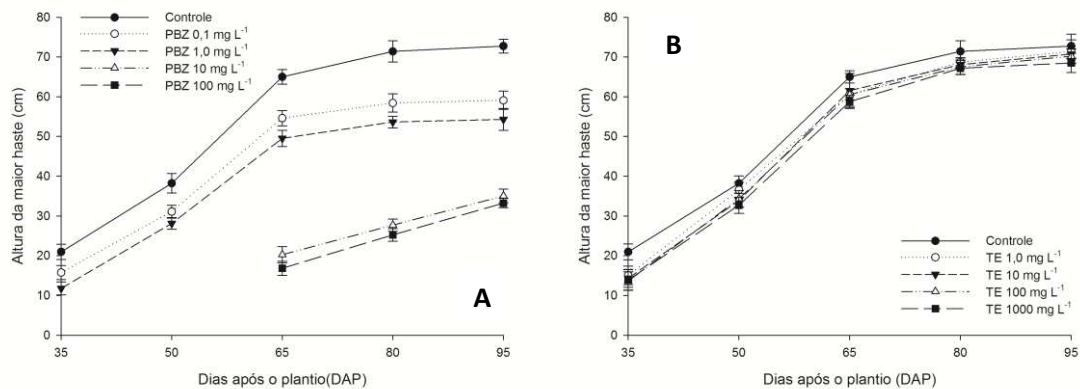


Figura 3. Comprimento da maior haste de plantas de batatas-semente tratadas com paclobutrazol (PBZ)(A) e trinexapac-ethyl (TE)(B) ao longo dos dias após o plantio.

O tratamento das batatas-semente com PBZ resultou em plantas menores e compactas que podem ser adequadas para o plantio mais adensado, de modo a maximizar a população de plantas e aumentar o retorno econômico por unidade de terra.

O tratamento de sementes com PBZ foi efetivo na redução da altura de mudas de calêndula, gerânio e tomate (PASIAN & BENNETT, 2001; PILL & GUNTER, 2001; NASCIMENTO et al., 2003). Vários estudos, no entanto, têm indicado desvantagens do tratamento de sementes com PBZ, que incluem demora e redução na taxa de emergência da muda (GIOVINAZZO & SOUZAMACHADO, 2001; PASIAN & BENNETT, 2001).

De acordo com Fletcher et al. (2000), a redução na altura das plantas ocasionada pela aplicação do PBZ está ligada à inibição da conversão de ent-caureno para ácido ent-caurenóico, resultando em redução nos níveis de ácido giberélico, com consequente diminuição na taxa de alongação e divisão celular. López et al. (2011) observaram que a aplicação dos reguladores de crescimento paclobutrazol e uniconazol em batateira, via foliar, foram mais efetivos em reduzir o crescimento da parte aérea das plantas de batata em comparação ao regulador de crescimento cycocel. Os autores atribuíram os efeitos aos diferentes modos de ação dos compostos na biossíntese de giberelina (RADEMACHER, 2000; FAGAN et al., 2015).

O trinexapac-ethyl é um acilciclohexanoedionas, que em espécies de poaceae, como o trigo e o centeio, provoca redução do comprimento dos entrenós e, consequentemente, na altura das plantas. Porém, em dicotiledôneas esta inibição não é tão forte, mostrando assim seletividade do trinexapac-ethyl pelas espécies da família Poaceae (RADEMACHER, 2000).

Os tratamentos com PBZ 10 e 100 mg L⁻¹ promoveram aumento no número de hastes por planta quando comparados ao controle e aos tratamentos com TE (Tabela 2). Opatrná et al. (1997) revelaram que segmentos de internódios de plantas de batateira submetidos ao tratamento com paclobutrazol aumentaram o número de gemas, indicando que o tratamento de plantas com substâncias inibidoras da síntese de giberelina pode estimular novas brotações, como observado neste estudo, onde, o número de hastes por planta aumentou nas aplicações de PBZ 10 e 100 mg L⁻¹ em batatas-semente antes do plantio.

Tabela 2. Comprimento da maior haste e número de hastes por planta influenciados por aplicações de paclobutrazol (PBZ) e trinexapac-ethyl (TE) em batata sementes.

Tratamentos	Comprimento da maior haste (cm)	Número de hastes
Controle	72,73 a	2,67 b
PBZ 0,1 mg L ⁻¹	59,10 b	3,00 b
PBZ 1,0 mg L ⁻¹	54,30 b	3,00 b
PBZ 10 mg L ⁻¹	35,03 c	3,67 a
PBZ 100 mg L ⁻¹	33,23 c	3,67 a
TE 1,0 mg L ⁻¹	71,37 a	2,67 b
TE 10 mg L ⁻¹	70,73 a	3,00 b
TE 100 mg L ⁻¹	70,20 a	3,67 b
TE 1000 mg L ⁻¹	68,50 a	3,00 b
CV (%)	8,1	11,5

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

Nas Figuras 4A e 4B podem ser observados os índices de clorofila (ICHL) dos tratamentos com PBZ e TE, respectivamente. As folhas das plantas de batatas-semente tratadas com PBZ apresentaram o ICHL mais alto do que as tratadas com TE e controle, durante todo o período de avaliação.

Dentre os tratamentos com PBZ, as folhas de batatas tratadas com as doses 1,0 e 0,1 mg L⁻¹ apresentaram o maior ICHL aos 65 DAP, ocorrendo início da degradação de clorofila a partir dessa data. Nas outras doses de PBZ, aos 65 DAP foi realizada a primeira leitura de clorofila, devido ao atraso de emergência da parte aérea dessas plantas.

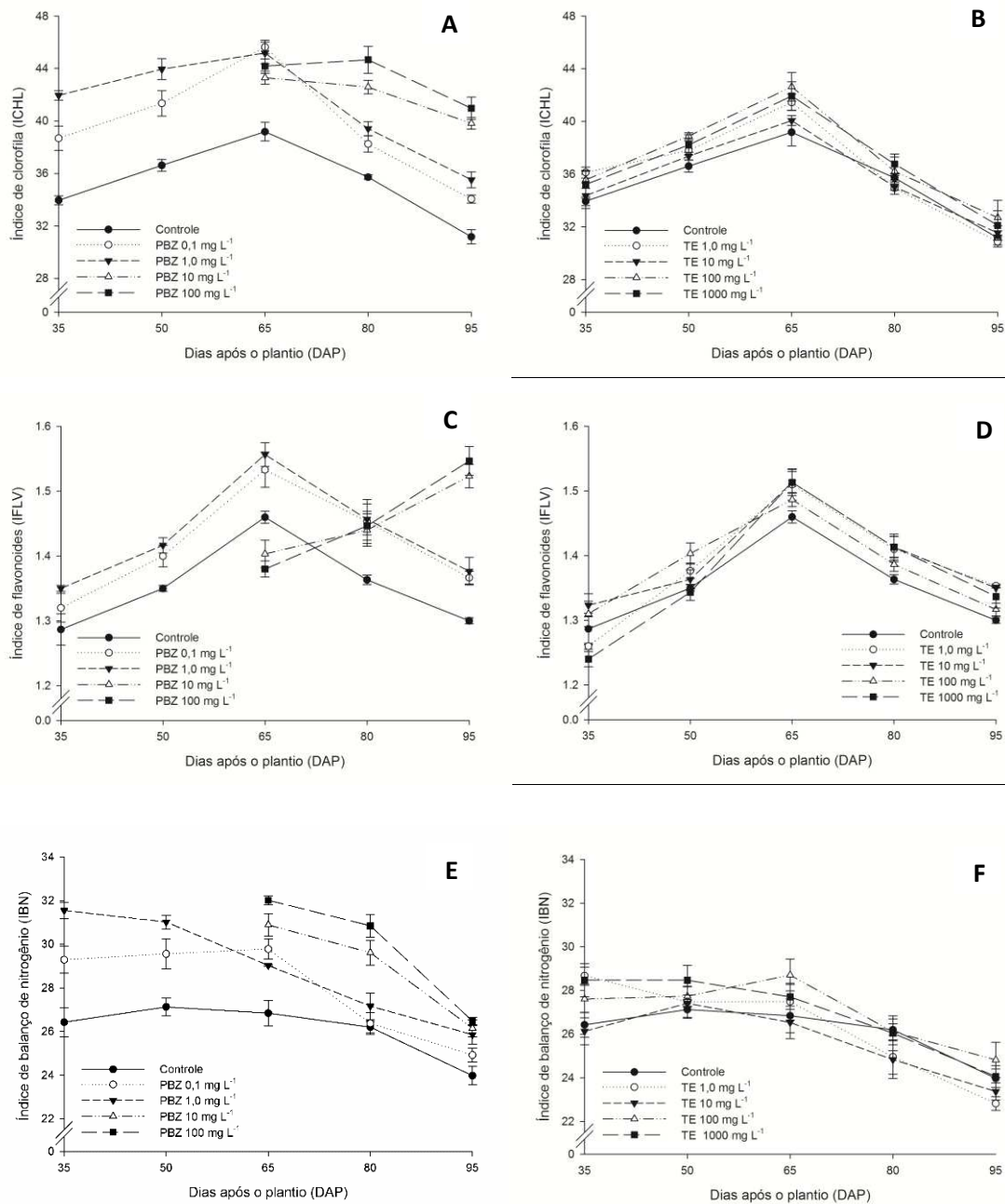


Figura 4. Índice de clorofila (ICHL), índice de flavonoides (IFLV) e índice de balanço de nitrogênio (IBN) de plantas de batata sementes tratadas com paclobutrazol (PBZ) (A, C, E) e trinexapac-ethyl (TE) (B, D, F), respectivamente, ao longo dos dias após o plantio.

As plantas de batata tratadas com PBZ apresentaram folhas com cor verde mais escura devido ao alto teor de clorofila. Melo et al. (2014) também observaram folhas com coloração verde mais intensa do que as do controle em mudas de tomates oriundas de sementes tratadas com PBZ. O aumento do teor de clorofila pode ser atribuído a uma síntese melhorada de clorofila e/ou mais cloroplastos densamente embalados por unidade de área foliar. Sebastian et al. (2002) relataram síntese melhorada de clorofila em

Dianthus caryophyllus e Khalil (1995) observou cloroplastos mais densamente embalados por unidade de área foliar em resposta ao tratamento com PBZ.

O maior teor de clorofila das folhas de batata pode estar relacionado à influência de PBZ nos níveis endógenos de citocinina. Foi proposto que o PBZ estimula a síntese de citocinina que melhora a diferenciação do cloroplasto, a biossíntese da clorofila e evita a degradação da clorofila (FLETCHER et al., 1982).

As plantas tratadas com TE apresentaram índices de clorofila semelhantes ao longo de todo período avaliado, exceto aos 65 DAP, onde a dose 10 mg L⁻¹ de TE e o controle mostraram um índice menor que os demais tratamentos. Todos as plantas do tratamento com TE e controle atingiram o maior ICHL aos 65 DAP.

Nas Figuras 4C e 4D são mostrados os índices de flavonoides (IFLV) das folhas de batatas-semente tratadas com PBZ e TE. Nas plantas tratadas com PBZ, as doses mais baixas atingiram o maior IFLV aos 65 DAP, com redução desse índice após essa data. Nas tratadas com as doses mais altas, as folhas obtiveram maior IFLV na última avaliação (95 DAP). As folhas dos tratamentos com doses de TE apresentaram comportamento semelhante ao controle durante todo o experimento, onde o maior IFLV foi observado aos 65 DAP e o menor aos 95 DAP.

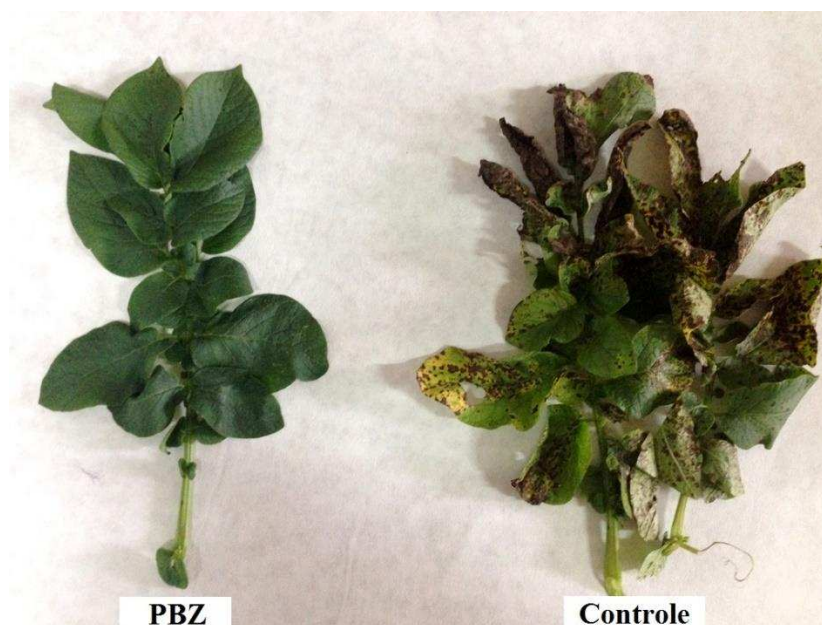


Figura 5. Aparência das folhas de batata-semente tratadas com PBZ e o tratamento controle.

As folhas das plantas provenientes de batatas-semente tratadas com diferentes doses de PBZ não apresentaram ou tiveram sintomas reduzidos de pinta preta (*Alternaria*

solani), quando comparadas com as folhas das plantas controle (Figura 5). Nas plantas tratadas com TE, as folhas não diferiram do controle em relação aos sintomas de pinta preta (dados não mostrados).

O índice superior de flavonoides encontrados nas plantas de batatas-semente tratadas com PBZ, quando comparado aos demais tratamentos, pode ter sido causado pelo aumento dos mecanismos de defesa dessas plantas em resposta aos ataques do fungo *Alternaria solani*.

O paclobutrazol (PBZ), pertencente ao grupo químico dos triazois, é um regulador de crescimento com ação antifúngica, e segundo Fletcher et al. (2000), também pode aumentar a tolerância de diferentes espécies de plantas a estresses bióticos e abióticos. Estudos demonstraram que componentes do sistema de fotossíntese e moléculas que regulam alguns constituintes da atividade antioxidante nas plantas são os principais alvos dos triazois para aumentar a tolerância da planta ao estresse (KRAUS & FLETCHER, 1994; LIN et al., 2006).

Jacobs e Berg (2000) demonstraram o efeito inibidor do paclobutrazol sobre diversos fungos patogênicos da madeira. Também, foi descrito por Deas e Clifford (1984), como sendo inibidor do crescimento fúngico, resultado, também, observado por Jackson et al. (1996), uma vez que é estruturalmente similar aos fungicidas do grupo triazole.

Os índices de balanço de nitrogênio (IBN) das folhas de batatas-semente tratadas com PBZ e TE podem ser observados nas figuras 4E e 4F, respectivamente. As folhas de batatas-semente tratadas com PBZ 1,0 mg L⁻¹ apresentaram os maiores IBN aos 35 e 50 DAP, quando comparadas aos demais tratamentos. A partir dos 65 DAP, ocorreu decréscimo do IBN em todos os tratamentos e aos 95 DAP, as três maiores doses do PBZ proporcionaram os maiores IBN às plantas. Esses resultados indicam que nas plantas tratadas com PBZ pode ter ocorrido maior assimilação de nitrogênio nas folhas.

As folhas das plantas provenientes de batatas-semente tratadas com PBZ nas doses 10 e 100 mg L⁻¹ (Figura 9) exibiram células epidérmicas maiores, células do mesófilo paliádico mais alongadas e mesófilo esponjoso mais espesso, quando comparadas aos demais tratamentos. Em consequência do aumento dessas variáveis foi observado um aumento significativo na espessura total dessas folhas.

A espessura total da folha aumentou de 327,1 µm para 475,7 µm (45,4%) em resposta ao tratamento com PBZ 100 mg L⁻¹ e para 375,3 µm (26,8%) com a dosagem de PBZ 10 mg L⁻¹ (Tabela 4).

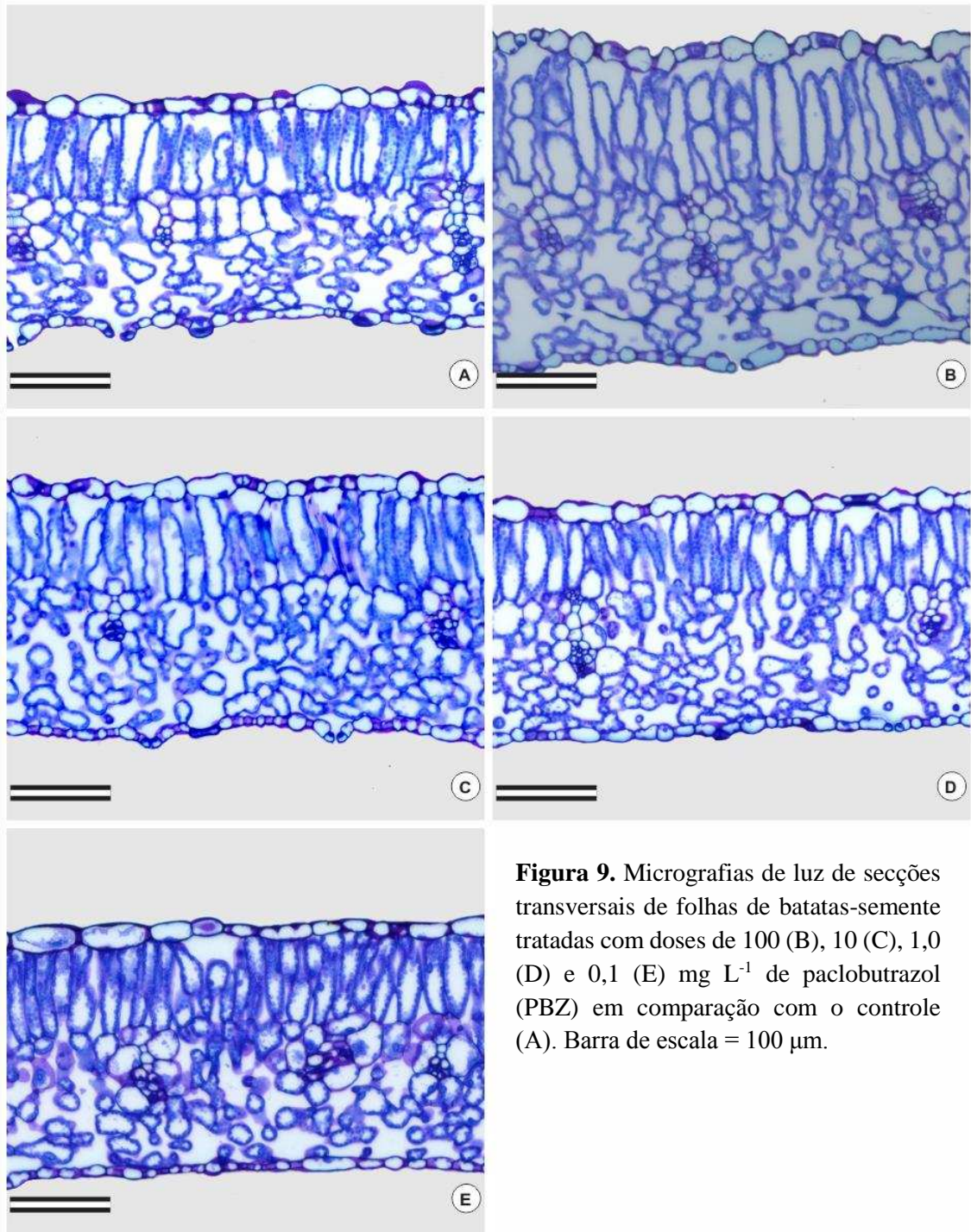


Figura 9. Micrografias de luz de secções transversais de folhas de batatas-semente tratadas com doses de 100 (B), 10 (C), 1,0 (D) e 0,1 (E) mg L⁻¹ de paclobutrazol (PBZ) em comparação com o controle (A). Barra de escala = 100 µm.

Uma maior espessura de folha em resposta ao tratamento com PBZ também foi confirmada em milho (SOPHER et al., 1999), crisântemos (BURROWS et al., 1992) e trigo (GAO et al., 1987). Hawkins et al. (1985) relataram aumento de 15% a 24% na espessura da folha de soja devido ao alongamento das células do mesófilo paliçádico sem afetar o número de fileiras e a espessura do parênquima esponjoso. Dalziel e Lawrence (1984) observaram que o PBZ induziu um aumento de 100% na espessura da folha de beterraba açucareira devido a um aumento de três a quatro vezes no comprimento da

célula paliçádicas. Enquanto, nesse presente trabalho, as folhas de plantas provenientes de batatas-semente tratadas com as duas maiores doses de PBZ exibiram tanto alongamento das células paliçádicas quanto aumento da espessura do mesófilo esponjoso e das células epidérmicas.

Tabela 4. Efeito dos tratamentos com paclobutrazol (PBZ) e trinexapac-ethyl (TE) nas características foliares. ET: espessura total, CCE: comprimento das células epidérmicas, LCE: largura das células epidérmicas, CCP: comprimento das células paliçádicas, LCP: largura das células paliçádicas, EME: espessura do mesófilo esponjoso. (μm)

Tratamentos	ET	CCE	LCE	CCP	LCP	EME
Controle	327,1 c	42,8 c	28,7 b	116,5 c	25,1 c	176,8 c
PBZ 0,1 mg L ⁻¹	323,3 c	42,2 c	28,3 b	113,1 c	25,3 c	178,3 c
PBZ 1,0 mg L ⁻¹	331,5 c	42,7 c	29,0 b	112,7 c	27,9 b	178,6 c
PBZ 10 mg L ⁻¹	375,3 b	45,8 b	30,7 b	129,2 b	29,0 b	214,7 b
PBZ 100 mg L ⁻¹	475,7 a	47,8 a	35,2 a	185,6 a	34,7 a	254,7 a
TE 1,0 mg L ⁻¹	322,2 c	42,4 c	29,1 b	110,4 c	24,5 c	175,6 c
TE 10 mg L ⁻¹	322,6 c	42,2 c	28,6 b	116,6 c	24,7 c	170,2 c
TE 100 mg L ⁻¹	322,7 c	41,1 c	27,1 b	111,4 c	25,2 c	175,1 c
TE 1000 mg L ⁻¹	330,6 c	42,3 c	28,0 b	112,5 c	24,3 c	173,7 c
CV (%)	15,3	7,2	8,3	11,6	7,4	8,1

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

Os tratamentos com as duas maiores doses de PBZ promoveram o aumento do comprimento das células epidérmicas (CCE) em cerca de 12% nas folhas provenientes de batatas-semente tratadas com 100 mg L⁻¹ e em 7% nas tratadas com 10 mg L⁻¹, sobre o controle (Tabela 4). Somente a maior dose de PBZ diferenciou quanto ao diâmetro das células epidérmicas (LCE), onde ocorreu um aumento de 23% em relação ao controle.

O comprimento médio das células do mesófilo paliçádico foi de 129,2 μm e 185,6 μm para os tratamentos com PBZ nas doses 10 e 100 mg L⁻¹, respectivamente, enquanto que para as folhas do controle foi 116,5 μm .

O tratamento com PBZ ocasionou maior espessura do mesófilo esponjoso (EME) em 21,4% nas folhas do tratamento com a dose 10 mg L⁻¹ e em 44% com a dose 100 mg L⁻¹, em relação ao controle.

Em contrapartida, nos tratamentos com o regulador de crescimento TE (Figura 10) não houveram modificações na anatomia foliar das plantas de batata quando comparadas ao controle.

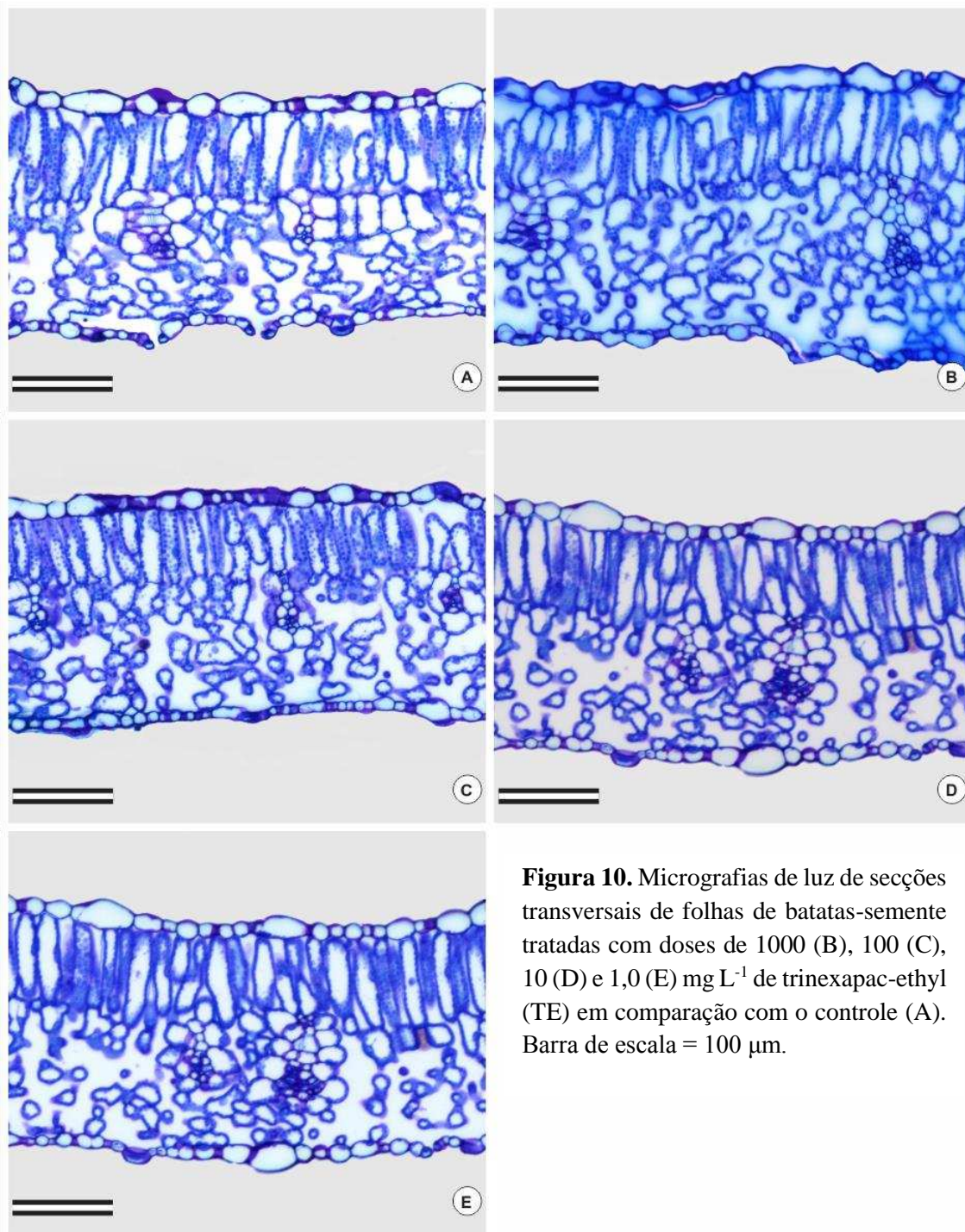


Figura 10. Micrografias de luz de secções transversais de folhas de batatas-semente tratadas com doses de 1000 (B), 100 (C), 10 (D) e 1,0 (E) mg L⁻¹ de trinexapac-ethyl (TE) em comparação com o controle (A). Barra de escala = 100 μm.

Em relação ao número de tubérculos, os tratamentos com as duas maiores doses de PBZ diminuíram significativamente esse valor, quando comparados com os demais tratamentos (Tabela 3). A média do número de tubérculos das plantas das batatas-semente tratadas com PBZ 10 e 100 mg L⁻¹ foi 5 tubérculos por planta, enquanto que para o controle foi de 7,33. Resultados obtidos por outros autores também verificaram que a aplicação de paclobutrazol, na forma de pulverização foliar, reduziu o número de

tubérculos das plantas (TEKALIGN; HAMMES, 2005; KIANMEHR et al., 2012; MABVONGWE et al., 2016).

Tabela 3. Número de tubérculos, massa de matéria fresca, massa de matéria seca, produção total e gravidade específica dos tubérculos da batata influenciados por aplicações de paclobutrazol (PBZ) e trinexapac-ethyl (TE).

Tratamentos	Número de tubérculos	Massa fresca (g/planta)	Massa seca (g/planta)	Produção (t/ha)	Gravidade específica (g cm ⁻³)
Controle	7,33 a	654,16 a	104,40 a	23,54 a	1,0581 a
PBZ 0,1 mg L ⁻¹	6,00 ab	622,93 a	90,83 a	22,42 a	1,0564 a
PBZ 1,0 mg L ⁻¹	5,67 b	397,94 b	58,01 b	14,32 b	1,0560 a
PBZ 10 mg L ⁻¹	5,00 c	175,62 c	25,33 c	6,32 c	1,0540 b
PBZ 100 mg L ⁻¹	5,00 c	137,44 d	19,61 c	4,95 d	1,0534 b
TE 1,0 mg L ⁻¹	7,33 a	648,75 a	101,58 a	23,35 a	1,0565 a
TE 10 mg L ⁻¹	7,00 ab	652,47 a	100,95 a	23,48 a	1,0574 a
TE 100 mg L ⁻¹	7,33 a	643,74 a	97,99 a	23,16 a	1,0583 a
TE 1000 mg L ⁻¹	6,67 ab	637,37 a	94,86 a	23,35 a	1,0560 a
CV (%)	9,5	8,5	9,2	6,9	0,9

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

Os tratamentos com as três maiores doses de PBZ (1,0; 10 e 100 mg L⁻¹) reduziram significativamente a massa fresca e seca dos tubérculos por planta, e a produção total de tubérculos (Tabela 3). A redução na produção total foi de 39,2; 73,2 e 79,0% nos tratamentos com PBZ 1,0; 10 e 100 mg L⁻¹, respectivamente, quando comparados com o controle. Enquanto, o tratamento com a dose mais baixa de PBZ (0,1 mg L⁻¹) não diferiu do controle e dos tratamentos com TE em relação as mesmas variáveis analisadas (Tabela 3).

Alguns estudos apontam que a aplicação de compostos inibidores da síntese de giberelina pode aumentar o teor de clorofila das folhas (BALAMI & POOVAIAH, 1985; TEKALIGN & HAMMES, 2004; WANG et al., 2009) e, sendo assim, é possível aumentar a taxa fotossintética, diminuindo o efeito inibidor causado pelos reguladores vegetais no crescimento e desenvolvimento das plantas de batata em etapas posteriores a aplicação. Porém, este fato não foi observado no presente estudo, onde o aumento no teor de clorofila das plantas tratadas com PBZ não foi suficientemente eficaz em aumentar a fotossíntese, a assimilação de fotoassimilados e a translocação de MS para os tubérculos.

Houve redução significativa da gravidade específica nos tubérculos dos tratamentos com PBZ 10 e 100 mg L⁻¹ em relação ao controle e demais tratamentos

(Tabela 3). Nesses tratamentos também foram verificados atrasos na emergência de plantas e no início da tuberização. Na colheita final, aos 110 DAP, os tubérculos desses dois tratamentos ainda estavam na fase inicial de enchimento, o que pode ter levado a redução na gravidade específica dos tubérculos em relação aos outros tratamentos.

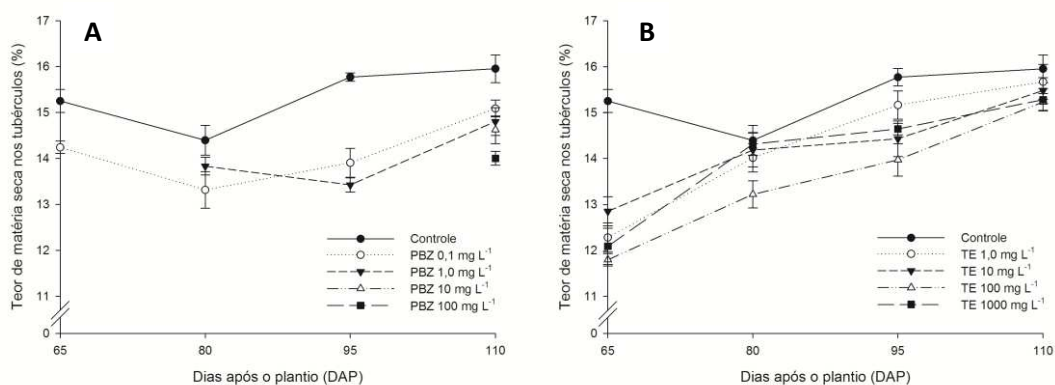


Figura 6. Teor de matéria seca nos tubérculos de batata tratadas com paclobutrazol (PBZ) (A), trinexapac-ethyl (TE) (B) e controle em função dos dias após o plantio. As barras verticais representam o erro padrão da média.

O teor de matéria seca (MS) nos tubérculos do tratamento controle mostrou-se superior aos tratamentos com PBZ durante todo o período de avaliação. Sendo que, nas duas doses maiores de PBZ somente foi possível realizar essa avaliação na colheita final, aos 110 DAP, devido ao atraso no processo de tuberização desses tratamentos (Figura 6A).

O tratamento controle apresentou teor de MS nos tubérculos superior na primeira avaliação (65 DAP) em relação aos tratamentos com TE. Porém, essa diferença foi reduzindo ao longo dos dias de avaliação, e ao final do experimento o tratamento com TE 1,0 mg L⁻¹ não diferiu do controle (Figura 6B).

Na Figura 7 são apresentados os teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e amido (%) nas folhas de batatas-semente tratadas com PBZ (A, C, E e G) e TE (B, D, F e H), respectivamente. Para o teor dos açúcares solúveis totais, o controle apresentou predominância sobre os tratamentos com PBZ, nas avaliações de 35 DAP e 50 DAP. Porém, ao final do experimento, o controle não diferiu significativamente dos tratamentos com PBZ 0,1 e 1,0 mg L⁻¹.

Nos tratamentos com TE, as doses 1,0 e 10 mg L⁻¹ apresentaram teores de açúcares solúveis totais inferiores aos outros tratamentos aos 50 DAP, contudo não apresentaram diferença significativa ao final do experimento. Aos 65 DAP ocorreu queda no teor de

açúcares solúveis totais em todos os tratamentos realizados nesse experimento, seguido de acréscimo até os 95 DAP.

Os tratamentos com as duas maiores doses de PBZ só começaram a ser analisados a partir dos 65 DAP, devido ao atraso na emergência da parte aérea. Nas folhas desses tratamentos foram observados teores inferiores de açúcares redutores durante todo o período avaliado (Figura 7C). Enquanto, nos tratamentos com as duas menores doses (0,1 e 1,0 mg L⁻¹) de PBZ, todas as doses de TE e controle, foi observado comportamento semelhante em relação ao teor de açúcares redutores, ao longo do período avaliado.

Durante o crescimento da planta, os fotoassimilados das folhas (fonte) são, em parte, utilizados no crescimento, sendo parcial e temporariamente armazenados sob a forma de amido e açúcares, e posteriormente, exportados para outros órgãos da planta, os quais são denominados drenos (SHISHIDO et al., 1990).

Nota-se, que nos tratamentos com as maiores doses de PBZ, onde ocorreu atraso na emergência das plantas e no início da tuberização, o comportamento dos carboidratos se apresenta diferente dos demais tratamentos. A atividade da fonte depende da demanda de assimilados do dreno, existindo uma inter-relação entre a taxa fotossintética na folha e o armazenamento de assimilados nos tubérculos. Como nos tratamentos com PBZ 10 e 100 mg L⁻¹ até os 95 DAP não havia presença de tubérculos, a atividade da fonte possivelmente foi menor nesses tratamentos do que nos demais.

O teor de açúcares não redutores aos 35 DAP e 50 DAP foi superior no tratamento controle, seguido de período de queda aos 65 DAP (Figura 7E). Nos tratamentos com TE, essa marcante queda aos 65 DAP também foi observada em todas as doses aplicadas desse regulador (Figura 7F).

Em relação ao teor de amido das folhas de batatas-semente tratadas com os reguladores PBZ e TE, é possível observar que, com exceção dos tratamentos com PBZ 10 e 100 mg L⁻¹, o comportamento desse carboidrato foi semelhante entre os tratamentos ao longo do período avaliado (Figura 7G e 7H).

Os teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e amido (%) dos tubérculos de batatas-semente tratadas com PBZ (A, C, E e G) e TE (B, D, F e H), durante os períodos de avaliação são apresentados na Figura 8. No tratamento com PBZ 1,0 mg L⁻¹ só foi possível avaliar o conteúdo de carboidratos a partir dos 80 DAP e nas doses de 10 e 100 mg L⁻¹ a partir dos 95 DAP, devido ao atraso na tuberização dessas plantas. Já nos tratamentos com a dose mais baixa do PBZ (0,1 mg L⁻¹), TE e controle, foram detectados a presença de tubérculos aos 65 DAP.

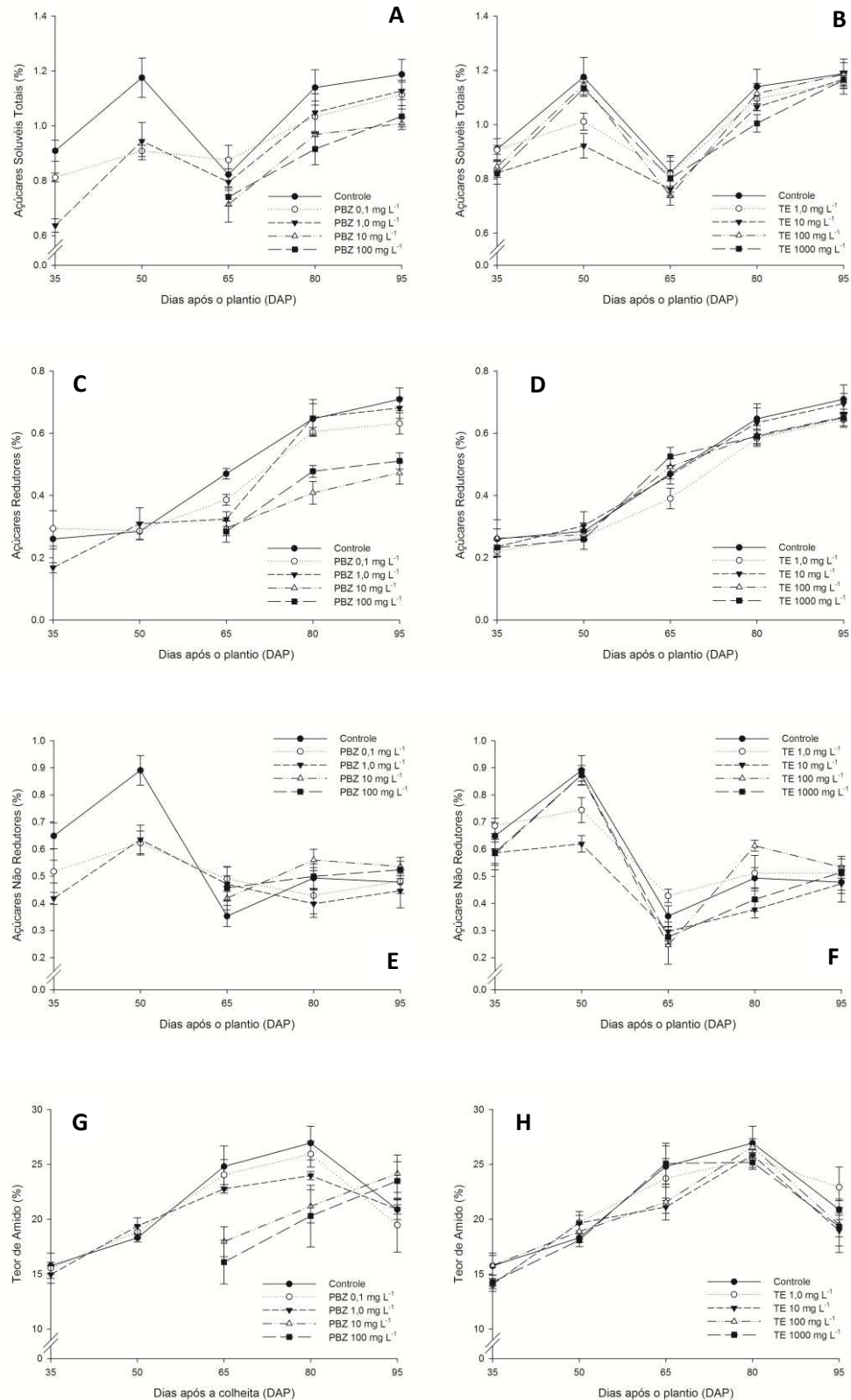


Figura 7. Teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e amido em folhas de plantas de batatas-semente tratadas com paclobutrazol (PBZ) (A, C, E e G) e trinexapac-ethyl (TE) (B, D, F e H), respectivamente, em função dos dias após o plantio. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Dos açúcares solúveis totais dos tubérculos provenientes de plantas de batatas-semente tratadas com PBZ, TE e controle, os açúcares não redutores foram predominantes durante todo o período avaliado. Em todos os tratamentos ocorreu decréscimo no teor de açúcares não redutores, ao longo do tempo (Figura 8E e 8F). Ao final do experimento (110 DAP), os tratamentos com as duas menores doses de PBZ e os tratamentos com diferentes doses de TE não diferiram do controle.

Para o conteúdo de açúcares redutores, também ocorreu decréscimo ao longo do período de avaliação nos tratamentos com os dois reguladores de crescimento, exceto no tratamento com PBZ 0,1 mg L⁻¹, onde aos 85 DAP foi observado acréscimo desse açúcar, seguido de posterior queda (Figura 8C). As duas doses mais altas de PBZ, apresentaram teores superiores de açúcares redutores aos 95 DAP e 110 DAP, que pode ser explicado pelo atraso na tuberização, onde os tubérculos apresentavam estádios de maturação diferente dos demais tratamentos. Nos tratamentos com TE, as doses não se diferenciaram do controle na última avaliação aos 110 DAP (Figura 8D).

Na colheita final (110 DAP), os tubérculos dos tratamentos com PBZ 10 e 100 mg L⁻¹ apresentavam teores de açúcares redutores de 0,2% e 0,18%, respectivamente (Figura 8C). Devido a esse acúmulo de açúcares redutores, ocorre a formação da coloração marrom ao se fritar a batata, devido à reação entre os açúcares e aminoácidos livres, chamada de reação de Maillard, ou escurecimento não enzimático (LOW, 1989).

Após a fritura das batatas cortadas em palitos e a avaliação visual da cor desenvolvida (Figura 9), verificou-se que os tubérculos provenientes das batatas-semente tratadas com as duas maiores doses de PBZ (10 e 100 mg L⁻¹), obtiveram coloração mais escura do que os demais tratamentos. Esse fato pode ter ocorrido porque os tubérculos destes dois tratamentos ainda estavam em fase de crescimento, devido ao atraso na emergência das plantas e da tuberização, e assim, apresentavam teor de açúcares redutores maiores que os demais tratamentos.

Foi verificado nesse trabalho um declínio no teor de amido aos 80 DAP nos tratamentos com as duas menores doses de PBZ (0,1 e 1,0 mg L⁻¹), todas as doses de TE e controle, seguido de acréscimo até o fim do experimento (Figura 8G e 8H). Esse declínio pode ter ocorrido devido a uma diluição momentânea no teor de amido em decorrência do aumento no conteúdo de água dos tubérculos, visto que na data desta avaliação foi relatado alto volume de água no solo, em virtude das fortes chuvas nessa época do ano (Figura 1).

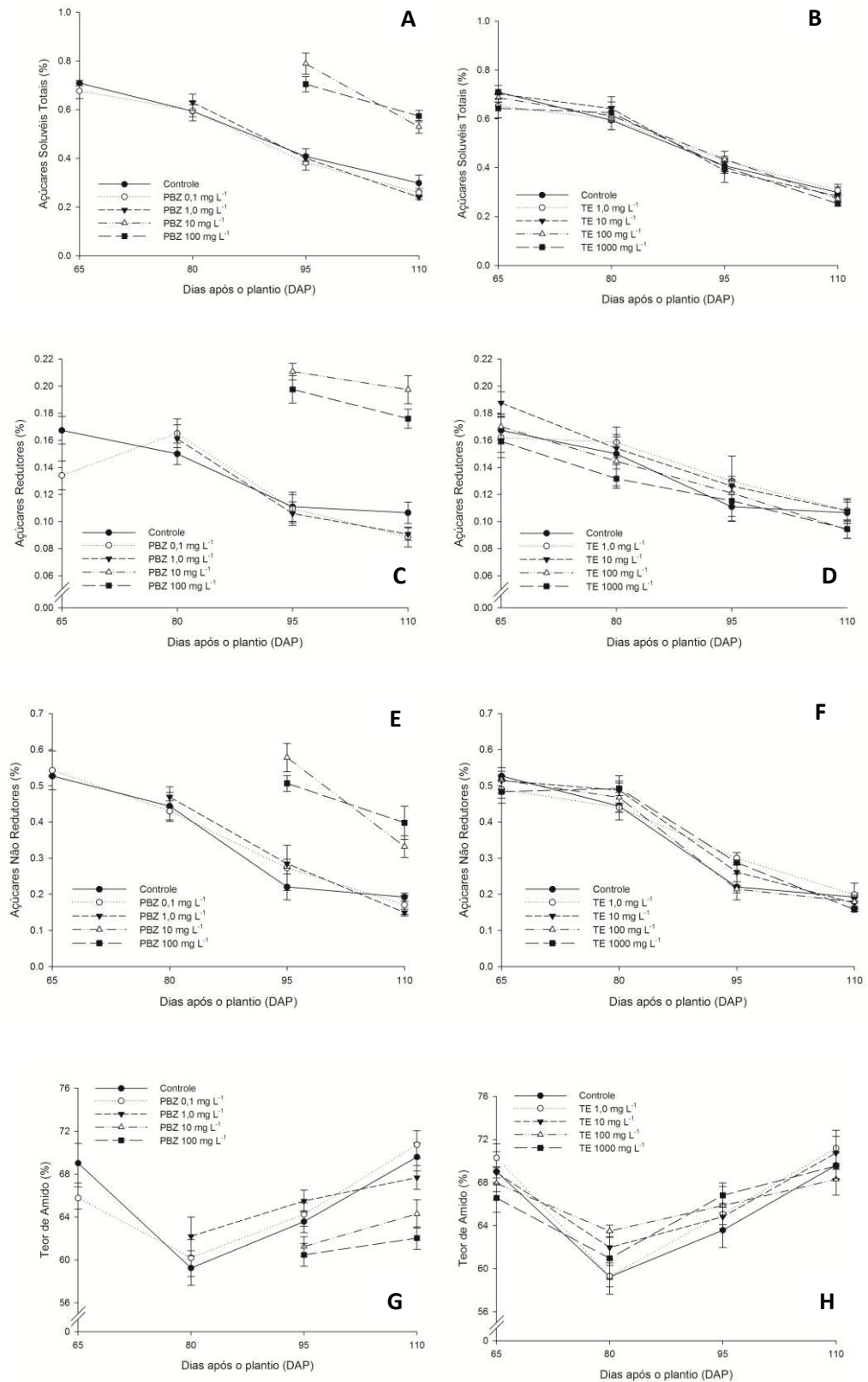
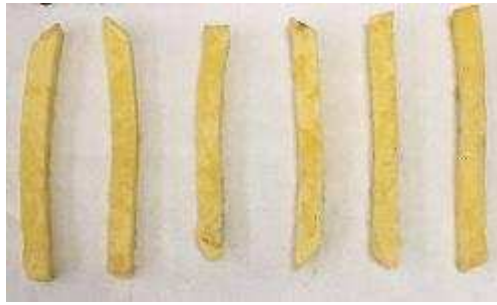


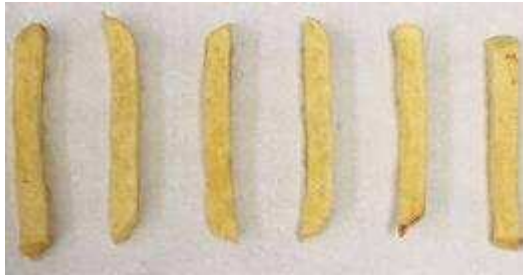
Figura 8. Teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e amido em tubérculos de plantas de batatas-semente tratadas com paclobutrazol (PBZ) (A, C, E e G) e trinexapac-ethyl (TE) (B, D, F e H), respectivamente, em função dos dias após o plantio. As barras verticais representam o erro padrão da média.



CONTROLE



PBZ 0,1 mg L⁻¹



PBZ 1,0 mg L⁻¹



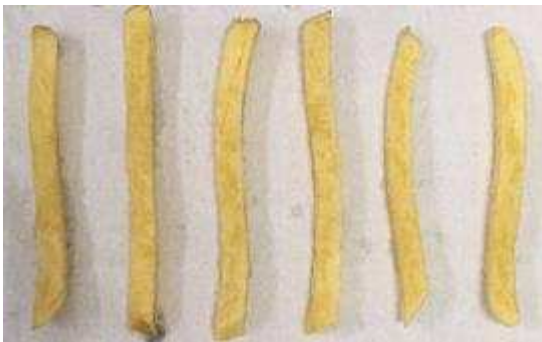
PBZ 10 mg L⁻¹



PBZ 100 mg L⁻¹



TE 1,0 mg L⁻¹



TE 10 mg L⁻¹



TE 100 mg L⁻¹



TE 1000 mg L⁻¹

Figura 9. Aparência dos palitos de batata frita da cultivar Markies provenientes do plantio de batatas-semente tratadas com paclobutrazol (PBZ), trinexapac-ethyl (TE) e controle.

A redução no teor de carboidratos solúveis totais ao longo do ciclo coincidiu com o aumento no teor de amido, indicando o início da fase de maturação dos tubérculos. Davies (1984) também observou redução nos níveis de açúcares totais em tubérculos em desenvolvimento, indicando o aumento da taxa de síntese de amido.

Na colheita final, as duas maiores doses de PBZ diferenciaram do controle em relação ao teor de amido (Figura 8C). O teor médio foi de 60,0; 61,3 e 69,6% da MS dos tubérculos para os tratamentos PBZ 100 mg L⁻¹, PBZ 10 mg L⁻¹ e tratamento controle, respectivamente. Em tubérculos de batata, o amido é o principal carboidrato armazenado, correspondendo de 60 a 80% da matéria seca do órgão (VAN ES & HARTMANS, 1987; KOBMANN et al., 1995). Os grãos de amido são formados já nos estádios iniciais da tuberização, aumentando o seu conteúdo durante o crescimento do tubérculo (VAN ES & HARTMANS, 1987)

CONCLUSÕES

O regulador de crescimento paclobutrazol (PBZ) foi eficiente em reduzir a altura das plantas e aumentar o índice de clorofila, flavonoides e balanço de nitrogênio das folhas.

As duas doses maiores (100 e 10 mg L⁻¹) de PBZ atrasaram a emergência da parte aérea, o início da tuberização, reduziu o número de tubérculos por planta e o teor de amido dos tubérculos, e as folhas exibiram células epidérmicas maiores, células do mesófilo paliçádico mais alongadas e mesófilo esponjoso mais espesso. Os tratamentos com TE não proporcionaram modificações na anatomia foliar.

A menor dose de PBZ (0,1 mg L⁻¹) foi eficiente em reduzir o porte da planta e não diferiu do controle, em relação ao teor de massa de matéria fresca e seca dos tubérculos, produção total e gravidade específica dos tubérculos.

O PBZ reduziu a presença de sintomas de *Alternaria solani* nas folhas na fase vegetativa da batata.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBA, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BATATA. **A Batata**. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/site/?id_BAT=3>. Acesso em: 20 de novembro de 2017a.

ABBA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA. **Variedades**. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/site/?id_BAT=3>. Acesso em: 20 de novembro de 2017b.

BALAMANI, V.; POOVAIAH, B. W. 1985. Retardation of shoot growth and promotion of tuber growth of potato plants by paclobutrazol. **American Potato Journal** 62: 363-369.

BANDARA, P. M. S.; TANINO, K. K. 1995. Paclobutrazol enhances mini tuber production in Norland potatoes. **Journal Plant Growth Regulation** 14: 151-155.

BURROWS, L. L.; BOAG, T. S.; STEWART, W. P. 1992. Changes in leaf, stem, and root anatomy of chrysanthemum cv. Lillian Hoek following paclobutrazol application. **Journal Plant Growth Regulation** 11, 189-194.

DALZIEL, J.; LAWRENCE, D. K. 1984. Biochemical and biological effects of kaurene oxidase inhibitors, such as paclobutrazol. **British Plant Growth Regulator** 11:43-57.

DAVIES, H. V. 1984. Sugar metabolism in stolon tips of potato during early tuberisation. **Zeitschrift Pflanzenphysiologie**. 113: 377-381.

DAVIS, T.; CURRY, E. 1991. Chemical regulation of vegetative growth. **Critical Reviews in Plant Sciences** 10(2): 151-158.

DAVIS, T. D.; STEFFENS, G. L.; SANKHLA, N. 1988. Triazole plant growth regulators. **Horticultural Reviews** 10: 63-105.

DEAS, A. H. B.; CLIFFORD, D. R. 1984. Reductive and oxidative metabolism of triazolymethanes by two basidiomycete fungi. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 22: 276-284.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry** 28: 350-356.

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

FAGAN, E. B.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; CHALFUN JÚNIOR, A.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia Vegetal: Reguladores Vegetais**. São Paulo: Andrei, 2015. 300p.

FAGERNESS, M. J.; YELVERTON, F. H.; LIVINGSTON, D.; et al. 2002. Temperature and Trinexapac-ethyl effects on bermudagrass growth, dormancy and freezing tolerance. **Crop Science** 42:853-858.

FERNANDES, A. C. **Reguladores de crescimento na dormência e germinação de sementes de amendoim**. 2007. 68f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I. 2010. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira** 28: 299-304.

FLETCHER, R. A.; GILLEY, A.; SANKHLA, N.; DAVIS, T. 2000. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. **Horticultural Reviews** 24: 55-138.

GAO, J.; HOFSTRA, G.; FLETCHER, R. A. 1987. Anatomical changes induced by triazole in wheat seedling. **Canadian Journal of Botany** 66, 1178-1185.

GIOVINAZZO, R.; SOUZA-MACHADO, V. 2001. Paclobutrazol responses with processing tomato in France. **Acta horticulturae** 542: 355-358.

GONÇALVES, C.; RODRIGUES-JASSO, M. R.; GOMES, N.; TEIXEIRA, J. A.; BELO, I. 2010. Adaptation of dinitrosalicylic acid method to microtiter plates. **Analytical Methods** 2: 2046-2048.

HAWKINS, A. F.; HUGHES, H. K.; HART, C. A. 1985. Effects of the growth regulator, paclobutrazol, on structure and photosynthesis of soybean leaves. **British Plant Growth Regulator Group** 12:127-142.

HUNG, P. E.; FRITZ, V. A.; WATERS, L. 1992. Infusion of shrunken-2 sweet corn seed with organic solvents: effects on germination and vigor. **Hortscience** (27)5: 467-470.

IBGE, **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp> . Acesso em: 17 de outubro de 2017.

ITTERSUM, M. K.; SCHOLTE, K. 1993. Shortening dormancy of seed potatoes by a haulm application of gibberellic acid and storage temperature regimes. **American Potato Journal** 70: 7-19.

JACOBS, K. A.; BERG, L. C. 2000. Inhibition of fungal pathogens of woody plants by the plant growth regulator paclobutrazol. **Pest Management Science**, 56: 407-412.

JACKSON, M. J.; LINE, M. A.; HASAN, O. 1996. Microbial degradation of a recalcitrant plant growth retardant-paclobutrazol (PP333). **Soil Biology and Biochemistry**, 28(9): 1265-1267.

KHALIL, I. A. 1995. Chlorophyll and carotenoid contents in cereals as affected by growth retardants of triazole series. **Cereal Research Communications** 23:183-189.

KIANMEHR, B.; OTROSHY, M.; PARSA, M.; MOHALLATI, M. N.; MORADI, K. 2012. Effect of Plant Growth Regulation during in vitro Phase on Potato Minituber Production. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences** 4:1060-1067.

KOBMANN, J.; MÜLLER-RÖBER, B.; RIESMEIER, J.; FROMMER, W. B.; SONNEWALD, U.; WILLMITZER, L. 1995. Transgenic plants as a tool to analyze carbohydrate metabolism. In: PONTIS, H.G.; SALERMO, G.L.; ECHEVERRIA, E.J., eds. Sucrose metabolism, biochemistry, physiology and molecular biology, v. 14, Rockville: **American Society of Plant Physiologists** 100-106.

KRAUS, T. E.; FLETCHER, R. A. 1994. Paclobutrazol protects wheat seedlings from heat and paraquat injury. Is detoxification of active oxygen involved? **Plant Cell Physiology**, 35: 45-52.

LECLERC, Y.; DONNELLY, J. D.; COLEMAN, W. K.; KING, R. R. 1995. Microtuber dormancy in three potato cultivars. **American Potato Journal** 72: 215-223.

LIN, K. H.; PAI, F. H.; HWANG, S. Y.; LO, H. F. 2006. Pre-treating Paclobutrazol enhanced chilling tolerance of sweetpotato. **Plant Growth Regulation**, 49: 249-262.

LINZMEYER JÚNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; SANTOS, D.; et al. 2008. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e Produtividade da soja. **Acta Scientiarum Agronomy** 30(3):373-379.

LÓPEZ, R. F.; CASTILHO, F. S. D.; PÉREZ, J. E. R.; AGUILAR, R. M.; LEÓN, M. T. C.; SALDAÑA, H. L. 2011. Paclobutrazol, uniconazole y cycocel en la producción de tubérculo semilla de papa en cultivo hidropónico. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, 17: 173-182.

LOW, N.; JIANG, B.; DOKHANT, S. 1989. Reduction of glucose content in potatoes with glucose oxidase. **Journal of Food Science** 54: 118-121.

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

MAEDA, M.; DIP, T. M. 2000. Curvas de crescimento mássica de água x peso específico em vegetais in natura - otimização de processos industriais pela seleção via teste de matéria-prima. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, 20(3): 309-313.

- MAGNITSKIY, V. S.; PASIAN, C. C.; BENNETT, M. A.; METZGER, J. D. 2006. Effects of soaking cucumber and tomato seeds in paclobutrazol solutions on fruit weight, fruit size and paclobutrazol level in fruits. **HortScience** 41 (6): 1446-1448.
- MATYSIAK, K. Influence of trinexapac-ethyl on grown and development of winter wheat. 2006. **Journal of Plant Protection Research** 46(2):133-143.
- MCCOLLUM, R. E. 1978. Analysis of potato growth under differing P regimes. II. Time by P-status interactions for growth and leaf efficiency. **Agronomy Journal** 70: 58-67.
- MCCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; WENS, H. S. 1950. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytical Chemistry** 22: 1156-1158.
- MELO, A. P. C.; SELEGUINI, A.; VELOSO, V. R. S. 2014. Peliculização de sementes de tomate associada ao paclobutrazol. **Bragantia** 73(2): 123-129.
- MULLER, D. R.; BISOGNIN, D. A.; ANDRIOLO, J. L.; JUNIOR, G. R. M.; GNOCATO, F. S. 2009. Expressão dos caracteres e seleção de clones de batata nas condições de cultivo de primavera e outono. **Ciência Rural** 39: 1327-1334.
- NASCIMENTO, W. M.; SALVALAGIO, R.; SILVA, J. B. C. 2003. Condicionamento químico do crescimento de mudas de tomate. **Horticultura Brasileira** 21(2): 1-3
- OPATRNÁ, J.; NOVÁK, P.; OPATRNÝ, Z. 1997. Paclobutrazol stimulates bud regeneration in *Solanum tuberosum* L. primary explant cultures. **Biologia Plantarum**, 39: 151- 158.
- PASIAN, C.C.; BENNETT, M. 2001. Paclobutrazol soaked marigold, geranium, and tomato seeds produce short seedlings. **HortScience** 36: 721-731.
- PILL, W. G.; GUNTER, J. A. 2001. Emergence and shoot growth of cosmos and marigold from paclobutrazol treated seed. **Journal of Environmental Horticulture** (19) 1: 11-14.
- RADEMACHER, W. 2000. Growth retardants: Effects on giberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology** 51: 501-531.
- RAMOS, R. M.; SILVA, A. R.; DUMBRA, J. G. R. 2013 O aquecido mercado dos vegetais congelados – Brasil tem grande potencial pra expandir a indústria nacional. **Hortifruti Brasil**, 122: 8-21.
- SAEG - **Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Universidade Federal de Viçosa - UFV. Versão 9.1. Viçosa, MG, 2008. (CD-ROM).

SANTOS, C. H.; KLAR, A. E.; GRASSI FILHO, H.; RODRIGUES, J. D.; PIERRE, F. C. 2004. Indução do florescimento e crescimento de tangerineira poncã (*Citrus reticulata* Blanco) em função da irrigação e da aplicação de paclobutrazol. **Revista Brasileira de Fruticultura** 26(1):8-12.

SEBASTIAN, B. G.; ALBERTO, A. C.; EMILIO, A. F.; JOSE, A.F. 2002. Growth, development and color response of potted *Dianthus caryophyllus* cv. Mondriaan to paclobutrazol treatment. **Scientia Horticulturae** 1767:1-7.

SELEGUINI, A. **Uso de paclobutrazol na produção de mudas, no crescimento, produção e qualidade de frutos de tomateiro em ambiente protegido**. 2007. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira.

SELEGUINI, A.; FARIA-JÚNIOR, M. J. A.; BENETT, K. S. S.; LEMOS, O. L.; SENO, S. 2013. Estratégias para produção de mudas de tomateiro utilizando paclobutrazol. **Semina: Ciências Agrárias** 34: 539-548.

SHISHIDO, Y.; KASUO, A.; KUMAKURA, H.; YUN, C. J. Y.; SEYAMA, N.; IMADA, S. 1990. Effects of developmental stages and topping on photosynthesis, translocation and distribution of ¹⁴C-assimilates in tomato plant. The Bulletin of Institute of Vegetables, **Ornamental Plants and Tea** 6:191-196.

SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F.; JONSSON, C. M. 2003. **Paclobutrazol: regulador de crescimento vegetal**. In: SILVA, C.M.M.S.; FAY, E.F. Impacto ambiental do regulador de crescimento vegetal paclobutrazol. Jaguariúna, p. 11-16.

SOPHER, C. R.; KROL, M.; HUNER, N. P. A.; MOORE, A. E.; FLETCHER, R. S. 1999. Chloroplastic changes associated with paclobutrazol-induced stress protection in maize seedling. **Canadian Journal of Botany** 77: 279-290.

SUTTLE, J. C. 2004. Physiological regulation of potato tuber dormancy. **American Journal of Potato Research** 81: 253-262.

SYMONS, P. R. R. 1989. **Paclobutrazol: its application and effect on aspects of plant morphology, anatomy, biochemistry and physiology**. Pietermaritzburg, Department of Horticultural Science, University of Natal, 82p.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P. S. 2005a. Growth responses of potato (*Solanum tuberosum*) grown in a hot tropical lowland to applied paclobutrazol: 1. Shoot attributes, assimilate production and allocation. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science** 33(1): 35-42.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P. S. 2004. 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** 43(3): 227-236.

TSEGAW, T.; HAMMES, S.; ROBBERTSE, J. 2005. Paclobutrazol-induced Leaf, Stem, and Root Anatomical Modifications in Potato. **HortScience** 40(5): 1343-1346.

VAN ES, A.; HARTMANS, K. M. 1987. Structure and chemical composition of the potato. In: RAASTOVSKI, A.; van ES, A. Storage of potatoes: post-harvest behaviour, store design, storage practice, handling. **Pudoc Wageningen** 15-77.

WANG, H.; LI, H.; LIU, F.; XIAO, L. 2009. Chlorocholine chloride application effects on photosynthetic capacity and photoassimilates partitioning in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Scientia Horticulturae** 119: 113-116.

WREGE, M. S.; HERTER, F. G.; PEREIRA, A. S.; CARAMORI, P. H.; GONÇALVES, S. L.; BRAGA, H. J.; PANDOLFO, C.; MATZENAUER, R.; CAMARGO, M. B. P.; BRUNINI, O.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; FERREIRA, J. S. A.; SANS, L. M. A. 2004. **Caracterização climática das regiões produtoras de batata no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 35p.