

Cientific Paper

Resumo

A ocorrência de deficiência hídrica é fator que ocasiona perdas expressivas de produtividade na agricultura. Na cultura da batata além de redução de produção pode ocasionar danos por distúrbios fisiológicos nos tubérculos. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da ocorrência de deficiência hídrica a partir da lâmina ótima de depleção de água no solo, sobre características de desenvolvimento vegetativo e da produção de tubérculos da cultivar de batata Ágata. O projeto foi desenvolvido na área de pesquisa em bataticultura e microclima, junto ao Departamento de Agronomia na Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO, em Guarapuava-PR. Com base em resultados de pesquisas anteriores foi considerada a depleção acumulada de água no solo de 28 mm como lâmina ótima de manejo da irrigação. Foi aplicada deficiência hídrica com depleção acumulada de água no solo 100% superior a lâmina ótima de manejo, em três períodos do ciclo vegetativo da cultura (1: 0 - 30 DAE, 2: 31 - 60 DAE e 3: 61 - 90 DAE). Os resultados demonstraram que nas condições experimentais, de maneira geral a deficiência hídrica no período inicial do ciclo de desenvolvimento vegetativo (0 - 30 DAE) afetou mais severamente a cultura, reduzindo o crescimento vegetativo e a produtividade da cultivar de batata Ágata.

Palavras Chave: Bataticultura; irrigação; produtividade; lâmina de depleção; ETP.

Efeito de deficiência hídrica no desenvolvimento vegetativo, produção e distúrbios fisiológicos em tubérculos da batata Ágata

Sidnei Osmar Jadoski ¹

Adriano Suchoronczek ²

Jesinei Dos Santos ³

Abstract

Effect of water deficit on vegetative development, production and physiological disorders on Agata potato tubers

The occurrence of water deficiency is a factor that causes significant losses of productivity in agriculture. In potato crop in addition to reduction of production can cause damage due to physiological disorders in the tubers. The main of this work was to evaluate the effect of the water deficiency occurrence through the optimum depth of water depletion in the soil, on vegetative growth characteristics and production of tubers of the Agate potato cultivar. The project was developed in the research area of bataticulture and microclimate, on the Department of Agronomy at the State University of Central West - UNICENTRO, in Guarapuava-PR. Based on the results of the previous researches, the accumulated water depletion in the soil of 28 mm was considered as the optimal irrigation management. Was applied water deficiency with accumulated soil water depletion 100% higher to the optimum irrigation management, in three periods of the crop vegetative cycle (1: 0 - 30 DAE, 2: 31 - 60, and 3: 61 - 90 DAE). The results showed that in the experimental conditions, in general the water deficit in the initial period of the vegetative cycle (0 - 30 DAE) affected more severely the culture, reducing the vegetative growth and productivity of the Agate potato cultivar.

Key words: Potato; irrigation; productivity; water depletion; ETP.

Received at: 18/12/2016

Accepted for publication at: 27/06/2017

¹ Eng. Agrônomo. Dr. Prof. Associado, Depto. Agronomia. Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO - Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03. Bairro Cascavel. Cep: 85.040-080. Guarapuava-PR. Email: sjadoski@unicentro.br

² Eng. Agrônomo. Doutorando em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Pato Branco - UTFPR - Via do Conhecimento, KM 01 - Fraron, Pato Branco - PR, 85503-390. Email: adriano.1989@alunos.utfpr.edu.br

³ Graduando em Agronomia. Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO - Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03. Bairro Cascavel. Cep: 85.040-080. Guarapuava-PR. Email: jesineidossantos@yahoo.com.br

Resumen

Efecto de deficiencia hídrica en el desarrollo vegetativo, producción y disturbios fisiológicos en tubérculos de patata Ágata

La ocurrencia de deficiencia hídrica es factor que ocasiona pérdidas expresivas de productividad en la agricultura. En el cultivo de la patata además de reducción de producción, puede ocasionar daños por disturbios fisiológicos en los tubérculos. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la ocurrencia de deficiencia hídrica a partir de la lámina óptima de depleción de agua en el suelo, en características de desarrollo vegetativo y de la producción de tubérculos de la patata cv. Ágata. El trabajo fue desarrollado en el área de investigación en patata y microclima, junto al Departamento de Agronomía en la Universidad Estadual del Centro Oeste - UNICENTRO, en Guarapuava-PR. Con base en resultados de investigaciones anteriores fue considerada la depleción acumulada del agua en el suelo de 28 mm como lámina óptima de manejo de la irrigación. Se aplicó deficiencia hídrica con depleción acumulada de agua en el suelo 100% superior a la lámina óptima de manejo, en tres períodos del ciclo vegetativo (1: 0 - 30 , 2: 31 - 60 y 3: 61 - 90 DAE). Los resultados demostraron que en las condiciones experimentales, de manera general la deficiencia hídrica en el período inicial del ciclo (0 - 30 DAE) afectó más severamente la cultura, reduciendo el crecimiento vegetativo y la productividad del cultivar de patata ágata.

Palabras clave: Papa; riego; productividad; lámina de depleción; ETP.

Revisão bibliográfica

Segundo Rawitz e Hillel (1969) diferentes processos fisiológicos prevalecem nos diversos estádios de desenvolvimento das plantas e alguns desses são mais sensíveis que outros à redução do potencial da água nos tecidos vegetais. Admitindo-se que o efeito do déficit de água no solo sobre a produção varia com a intensidade e período em que este ocorre. Cunha e Bergamaschi (1992) destacam que o conhecimento dos períodos críticos do desenvolvimento das plantas possibilita a adoção de práticas de manejo que visem à otimização da irrigação, alcançada através da aplicação da lâmina de água adequada às demandas e de acordo com o maior potencial de resposta para dado estádio da cultura.

Contextualizando de forma ampla, Aguiar Neto et al. (2000) consideram que apesar da grande importância para os resultados dos cultivos de batata, o manejo adequado da irrigação tem sido negligenciado ao longo do tempo em fração expressiva das áreas irrigadas, resultando em produtividades abaixo do potencial da cultura.

Além dos aspectos de produtividade reduzida a disponibilidade hídrica pode ocasionar problemas de qualidade de formação do tubérculo. Feltran e Lemos (2005) destacam diferentes distúrbios fisiológicos que ocorrem quando a batata é produzida sob condições de estresse ambiental

como falta ou o excesso de água no solo. Os principais são “rachaduras”, “crescimento secundário ou embonecamento” e “coração-oco”.

Zaag (1982) e Marquelli et al. (1988) relatam que umidade adequada do solo, anterior à tuberização, pode aumentar o número de tubérculos por planta, enquanto que umidade favorável no estádio seguinte resulta em tubérculos de maior tamanho. Estudos realizados por Wolfe et al. (1983) indicaram que os períodos de emissão de estolões e início de tuberização são os mais críticos ao déficit hídrico. Bezerra et al. (1998) verificaram que o déficit hídrico durante o ciclo de cultivo afetou significativamente a produção total de tubérculos e o número de tubérculos por planta da cultura.

Mourelli (2005) destaca que os distúrbios fisiológicos nos tubérculos podem ser ocasionados por condições de estresse hídrico seguidos por períodos de reposição de água no solo, condições que afetam o metabolismo da planta. Contudo, apesar de as cultivares apresentarem comportamento diferenciado quanto à susceptibilidade a tais distúrbios, não se dispõe de informações claras sobre o manejo ótimo da água para diferentes cultivares. Sabe-se, por exemplo, que a cultivar Ágata é mais sensível ao estresse hídrico que a Jaette-Bintje, e que a Monalisa apresenta sensibilidade intermediária.

O Estado do Paraná apresenta uma das maiores áreas de cultivo de batata do país, sendo que a região Centro-Oeste Paranaense (Campos

de Guarapuava), tem se destacado pela qualidade e produtividade dos tubérculos (ABBA, 2010). Conforme Silva e Jadoski (2015) atualmente, a região de Guarapuava conta com uma área plantada de aproximadamente 4000 ha por ano, sendo a cultivar Ágata a mais plantada, correspondendo a mais de 90% da área cultivada na região.

Diante do exposto o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da ocorrência de deficiência hídrica a partir da lâmina ótima de depleção de água no solo, sobre características de desenvolvimento vegetativo e da produção de tubérculos da cultivar de batata Ágata em cultivo de verão em Guarapuava-PR.

Material e métodos

O experimento foi desenvolvido na área de pesquisa em bataticultura e microclima, junto

ao Departamento de Agronomia na Universidade Estadual do Centro Oeste - Unicentro, em Guarapuava-PR, localizado nas coordenadas 25°23'02" S, 51° 29'43" W. Conforme o sistema de classificação de Köppen o clima regional é Cfb - subtropical mesotérmico úmido, com verão ameno e inverno frio.

O solo do local é classificado como Latossolo bruno distroférico, conforme metodologia de EMBRAPA (2013). Na avaliação realizada na no período de instalação do experimento o solo apresentava os valores de densidade de 1,27 e 1,29 g cm⁻³ para as profundidades de 10 e 30 cm, respectivamente, e a análise química apresentou as características demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental.

| P Mehlich mg dm ⁻³ | M.O mg dm ⁻³ | pH CaCl ² | K cmol dm ⁻³ | Ca cmol dm ⁻³ | Mg cmol dm ⁻³ | H+Al | Al | SB | CTC | V% | Micronutrientes (mg dm ⁻³) | | |
|----------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|-------|------|---|------|------|
| | | | | | | | | | | | Cu | Mn | Zn |
| 1,83 | 41,6 | 5,28 | 0,36 | 3,8 | 2,3 | 4,91 | 0,02 | 6,38 | 11,28 | 56,2 | 1,45 | 41,4 | 0,93 |

O experimento foi desenvolvido em delineamento experimental em blocos ao acaso. Os tratamentos constaram do manejo de irrigação com aplicação de deficiência hídrica durante diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, tendo como base a lâmina ótima de depleção para o manejo da cultivar Ágata de aproximadamente 28 mm verificada por SILVA (2015). Para tal foi aplicado como nível de deficiência hídrica uma lâmina 100% superior à lâmina ótima, sendo a comparação feita entre os tratamentos, considerando também a presença de um tratamento manejado nos limites da lâmina ótima para a cultura.

A aplicação dos níveis de deficiência hídrica, com lâmina de depleção acumulada de aproximadamente 56 mm, foi realizada em três diferentes períodos no ciclo de desenvolvimento das plantas, considerando um ciclo vegetativo médio para a cultura, conforme descrito por Tavares (2010), sendo:

- 1) 0 - 30 DAE (emergência ao início da estolonização);
- 2) 31 - 60 DAE (estolonização e tuberização);
- 3) 61 - 90 DAE (Crescimento dos tubérculos

ao início da maturação).

O monitoramento da umidade do solo foi realizado por Reflectometria no Domínio do Tempo com sonda TDR e as irrigações foram aplicadas por sistema de gotejamento considerando a camada de 30 cm de profundidade no solo.

O cultivo foi realizado em casa de vegetação com forma de túnel alto, móvel sobre trilhos. Este túnel possuía 3,5 m de altura, 8 m de largura e 16 m de comprimento, sendo recoberto com telhas translúcidas de polipropileno. A estrutura de cobertura se manteve normalmente afastada das unidades experimentais e em eventos de chuva foi deslocada por acionamento eletrônico, cobrindo as plantas e evitando a entrada de água nas parcelas. Desta forma foi possível se controlar a lâmina de depleção de água entre as irrigações conforme previsto nos tratamentos.

O plantio foi realizado em 11 de janeiro, tendo a emergência ocorrido 13 dias após o plantio. Foram plantados tubérculos-sementes da cultivar Ágata de sementes certificadas de primeira geração (G1), fornecidas pela Embrapa unidade de Canoinhas-SC. O plantio foi realizado manualmente em sulcos

através da distribuição dos tubérculos-sementes do tipo II (diâmetro de 40 a 50 mm) em linhas espaçadas em 0,80 m e as plantas em 0,25 m, com stand de 50 mil plantas ha⁻¹.

A emergência foi considerada quando os tubérculos apresentaram 50% dos brotos visíveis acima da superfície (aos 08 dias após o plantio - DAP). O trato cultural de amontoa foi realizado aos 10 dias após a emergência (DAE) quando as plantas apresentaram em média duas hastes e aproximadamente dez folhas. A dessecação como trato cultural de preparo para a colheita foi realizada aos 90 DAE e a colheita realizada 16 dias após.

Os tratamentos fitossanitários foram realizados tendo como base o manejo com pulverização de fungicidas de forma preventiva para as doenças de pinta preta (*Alternaria solani*) e requeima (*Phytophthora infestans*), consideradas como de ocorrência generalizada nas lavouras de batata, conforme Grimm et al. (2010). O controle de insetos foi realizado com uso de inseticidas quando absolutamente necessário. Foram utilizados produtos registrados nas dosagens recomendadas para a cultura. O controle de plantas invasoras foi realizado manualmente durante o período, quando necessário.

As variáveis avaliadas considerando o dossel vegetativo foram a) Índice de área foliar, em avaliações com intervalo aproximadamente semanal com utilização de um analisador de área foliar LAI- 2200 Li-Cor (leituras não destrutivas do dossel); b) Matéria seca, avaliada no final de cada período considerado para os tratamentos de manejo da irrigação (30, 60 e 90 DAP) colhendo-se a parte aérea de cinco plantas de cada unidade experimental, e postas a secar a 65 °C em estufa ventilada até atingir peso constante; c) Número de hastes na planta, realizada por contagem aos 60 DAP, em 10 plantas de cada unidade experimental.

As variáveis relacionadas a produção e componentes de produtividade de tubérculos avaliadas foram, a) produtividade, obtida com a pesagem dos tubérculos produzidos por dez plantas

escolhidas ao acaso na área útil de cada parcela, que foram lavados e pesados imediatamente após a colheita. A produtividade foi apresentada para a média de uma planta e expandida também para kg ha⁻¹, considerando a população utilizada de 50 mil plantas ha⁻¹; b) massa média do tubérculo, considerando o peso total dos tubérculos e o número de tubérculos colhidos; c) número médio de tubérculos por planta, a partir da relação entre o número total de tubérculos e de plantas colhidas; d) classificação comercial dos tubérculos por tamanho.

Para a classificação por tamanho foi medido o diâmetro transversal com a utilização de um paquímetro digital. A classificação foi realizada considerando as classes comerciais: 1) ≥ 85 mm, 2) de 45,1 a 84,9 mm, 3) de 33 a 45 mm e 4) < 33 mm, conforme a portaria no 69, de 21 de Fevereiro de 1995 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA.

Em todos os tubérculos utilizados para avaliação de produção foi também avaliada a incidência dos distúrbios fisiológicos “rachaduras externas” e “embonecamento”, cuja simples presença normalmente inviabiliza comercialmente o tubérculo.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias. Quando pertinente foi realizada análise de regressão utilizando o software Statistical Analysis System - SAS.

Resultados e discussão

As variações da depleção acumulada da água no solo de acordo com os tratamentos aplicados nos diferentes períodos do ciclo da cultura são apresentadas na Figura 1. Considerando a reposição total da lâmina de depleção acumulada, nas diferentes frequências de irrigação, de acordo com os tratamentos, o manejo resultou na aplicação de aproximadamente 290 mm de água durante o ciclo da cultura.

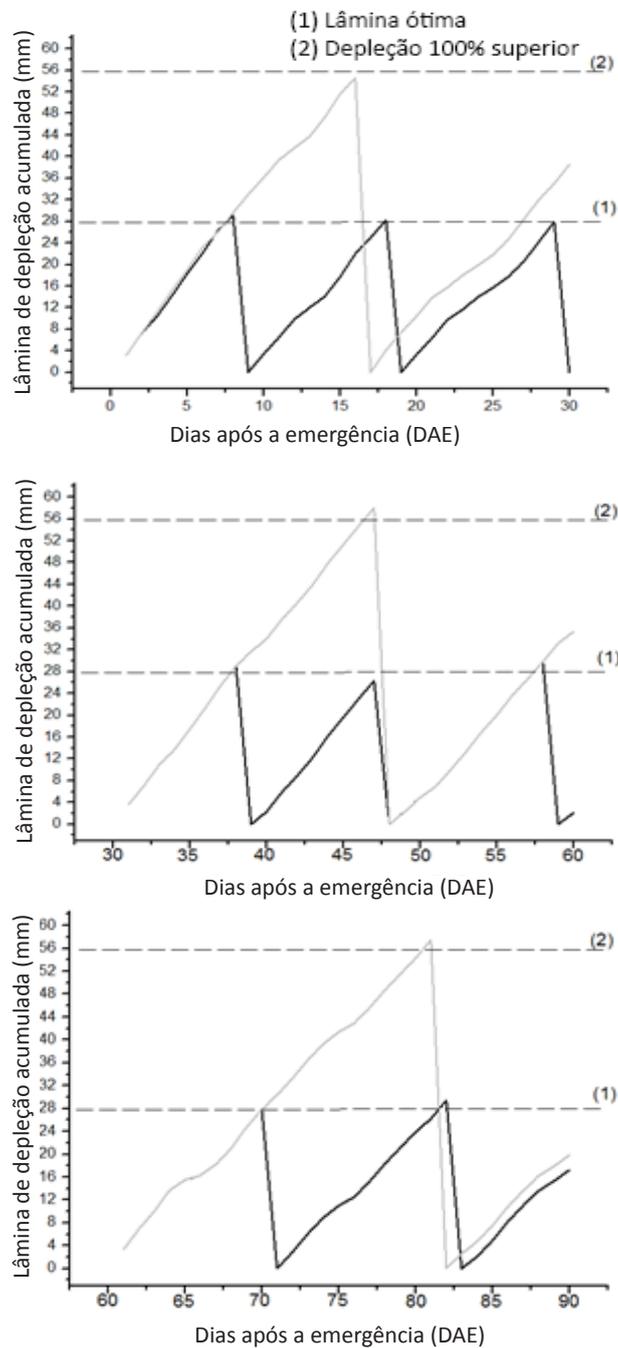


Figura 1. Comportamento da lâmina de depleção acumulada para os tratamentos de manejo da irrigação aplicados nos diferentes períodos do ciclo da cultura da batata. A) período de 0 - 30 DAE, B) 31 - 60 DAE e C) 61 - 90 DAE.

Na Figura 1 pode ser observado que a taxa de redução da umidade do solo tende a desacelerar de A para C, o que a condução do cultivo em período de verão em que a taxa de depleção da umidade do

solo associada á demanda atmosférica tende a ser diminuída ao longo do ciclo de cultivo, devido ao fotoperíodo decrescente e conseqüente tendência de amenização da temperatura ambiente.

Os resultados para o índice de área foliar são apresentados na Figura 2. Verifica-se que houveram efeitos significativos dos tratamentos sobre a expansão vegetativa.

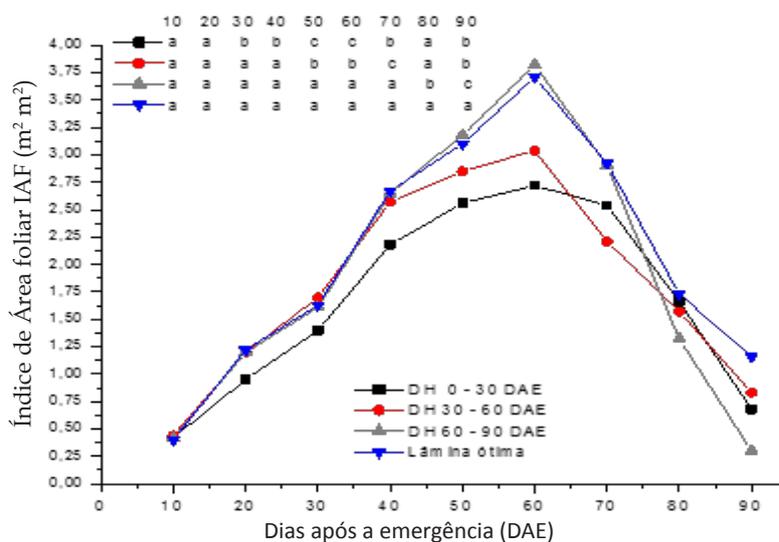


Figura 2. Índice de área foliar (IAF) da cultura da batata submetida ao manejo com ocorrência de deficiência hídrica (DH) em diferentes períodos do ciclo vegetativo.

Considerando-se a Figura 2 verifica-se que partir dos 30 e até os 60 DAE o tratamento com déficit inicial (0 - 30 DAE) resultou nos menores valores de IAF. O tratamento com déficit no período intermediário do ciclo (30 - 60 DAE) apresenta redução de crescimento entre 50 e 60 DAE, em relação aos tratamentos lâmina ótima e déficit na fase final. Sendo assim, aos 60 DAE quando está estabelecido o máximo IAF para as plantas, os tratamentos submetidos a déficit hídrico em período inicial e intermediário do ciclo, apresentam menor área foliar em relação aos tratamentos déficit final (60 - 90 DAE) e manejado com lâmina ótima. Estes resultados indicam que a ocorrência de deficiência hídrica durante o período de expansão foliar afeta expressivamente o estabelecimento dos máximos valores de IAF das plantas.

A partir dos 70 DAE o tratamento com déficit

final (60 - 90 DAE) apresenta redução de IAF ativo mais acelerado em relação aos demais, demonstrando que as plantas são afetadas pela deficiência hídrica derivada do manejo, mesmo nesta fase final do ciclo da cultura, em que ocorre naturalmente senescência de parte das folhas. Na última avaliação aos 90 DAE as plantas do manejo com lâmina ótima apresentam IAF ativo reduzido, contudo ainda superior aos demais tratamentos, resultado que pode ocasionar vantagem em relação ao potencial de translocação para o enchimento dos tubérculos nesta fase do ciclo, de acordo com o que considera Evert (2004).

Para uma avaliação estimativa no intervalo entre 10 e 90 DAE os dados de IAF verificados nos tratamentos foram submetidos à análise de regressão, sendo os resultados descritos por equações polinomiais de segundo grau são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Coeficientes da Equação de segundo grau $Y = a + bX + cX^2$ e coeficiente de correlação ajustado para os tratamentos com diferentes manejos da irrigação com e sem aplicação de déficit hídrico em períodos do ciclo vegetativo da cultivar de batata Ágata.

| Tratamentos | | Coeficientes | | | |
|-----------------------------|--|--------------|---------|----------|-------------|
| Déficit hídrico | | a | b | c | R2 ajustado |
| Inicial (0 - 30 DAE) | | -1,14071 | 0,13655 | -0,00127 | 0,89 |
| Intermediário (31 - 60 DAE) | | -1,0769 | 0,14622 | -0,00139 | 0,93 |
| Final (61 - 90 DAE) | | -1,77929 | 0,19206 | -0,00186 | 0,82 |
| Lâmina Ótima | | -1,45048 | 0,1679 | -0,00154 | 0,85 |

Os resultados demonstram que a aplicação de deficiência hídrica afetou o IAF ativo das plantas, reduzindo seus valores, em diferentes proporções, contudo independente do período do ciclo em que foi aplicado. Para Steyn et al. (1992) dentre fatores ambientais a deficiência hídrica é condicionador principal para baixo desenvolvimento vegetativo, afetando o comportamento estomático, fisiologia de translocação e taxa fotossintética da planta e, segundo

Jana et al. (1989) suprimindo o desenvolvimento vegetativo e acelerando a senescência de folhas velhas.

O número de hastes emitido pelas plantas foi afetado pela deficiência hídrica aplicada na fase inicial de desenvolvimento da cultura (0 - 30 DAE) Figura 3. Pode ser observado que nas plantas com deficiência hídrica inicial (0 - 30 DAE) o número de hastes foi reduzido para 4,0 em relação à 5,5 hastes planta⁻¹ observadas nos demais tratamentos.

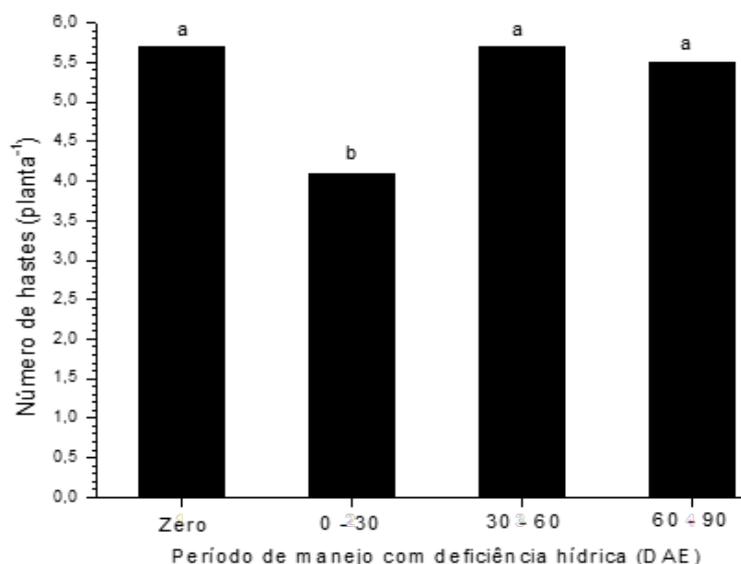


Figura 3. Número médio de hastes por planta da cultura da batata submetida ao manejo com ocorrência de deficiência hídrica em diferentes períodos do ciclo vegetativo.

Considerando resultados descritos por Henriksen et al. (2007), manejos que resultem em maior quantidades de hastes nas plantas são positivos, pois o número de hastes na planta além de estar diretamente associado ao desenvolvimento do dossel vegetativo, é um componente que no período inicial do ciclo apresenta também potencial de influenciar na produtividade da cultura, devido

sua contribuição com o dossel vegetativo e deste com a estolonização e tuberização.

Na Figura 4 são apresentados resultados referentes às avaliações de massa seca total da parte aérea da planta. Verifica-se que no período do máximo desenvolvimento das plantas aos 60 DAE, as plantas submetidas a déficit hídrico inicial (0 - 30 DAE) apresentaram menor valor acumulado de MST.

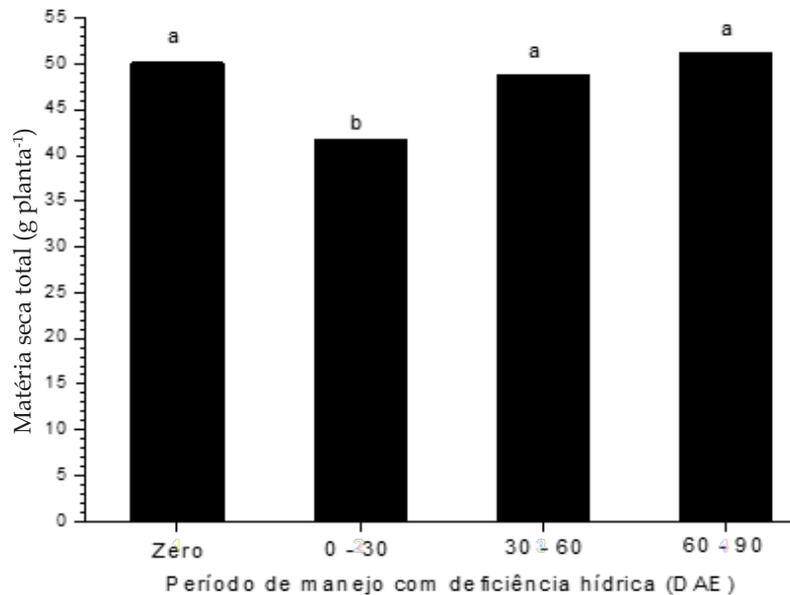


Figura 4. Matéria seca total da parte aérea de uma planta da cultura da batata submetida ao manejo com ocorrência de deficiência hídrica em diferentes períodos do ciclo vegetativo.

No período inicial a deficiência hídrica ocasionou menores valores de crescimento vegetativo considerando número de hastes e Índice de área foliar, sendo a MST consequentemente derivada do desenvolvimento vegetativo apresentado pelas plantas frente ao manejo no período. Este resultado demonstra que a expansão do dossel que ocorre na fase inicial e com maior ênfase anteriormente á tuberização, depende de adequado suprimento hídrico e indica fragilidade das plantas á restrição hídrica nesta fase. Neste período inicial (0 - 30 DAE) as plantas apresentam também o sistema radicular ainda em expansão estando, portando, com capacidade limitada de exploração do solo para absorção de água.

Conforme os resultados consolidam que o desenvolvimento do dossel vegetativo na cultura

da batata é amplamente dependente das condições a que as plantas são submetidas anteriormente a tuberização, considerando fatores nutricionais, segundo descrevem Jenkins e Mahmood (2003), e ambientais, como o suprimento adequado de água para suprir as exigências da cultivar, conforme observado por Aguiar Netto et al. (2000). Jana et al. (1989) associam resultados de baixa produção vegetativa da planta de batata à deficiência hídrica em período inicial do ciclo, com crescente demanda de água e sistema radicular ainda em expansão.

Os resultados inerentes a avaliação da produção resultantes da aplicação dos diferentes tratamentos de manejo da depleção acumulada da água no solo durante o ciclo de cultivo da batata são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados de produção da cultura da batata submetidas a diferentes manejos da depleção da água no solo durante o ciclo de cultivo no verão.

| Fator | Período de lâmina depleção deficiente (DAE) | | | Lâm. ótima | Cv% |
|-------------------------------------|---|-----------|------------|------------|-------|
| | 0-30 | 30-60 | 60-90 | | |
| Produtividade (t ha ⁻¹) | 32965,38 c | 36281,7 b | 37135,41 b | 42416,15 a | 11,34 |
| No tubérculo planta | 6,84 b | 8,86 a | 8,93 a | 8,79 a | 12,71 |
| Peso médio tubérculo (g) | 96,39 a | 81,9 b | 83,17 b | 96,51 a | 11,57 |
| % classe 1 | 2,45 ab | 2,13 b | 1,63 c | 2,88 a | 16,33 |
| % classe 2 | 75,8 a | 73,36 a | 72,41 a | 77,28 a | 10,62 |
| % Classe 3 | 12,62 a | 14,19 a | 14,68 a | 11,47 a | 15,81 |
| % Classe 4 | 9,13 bc | 10,32 ab | 11,28 a | 8,37 c | 12,76 |

As avaliações demonstram que o cultivo em condições de lâmina ótima de manejo da água no solo durante todo o ciclo, resultou em produtividade superior aos demais tratamentos, sendo 22%, 15% e 13% maior ao verificado para os tratamentos com aplicação de deficiência hídrica aos (0 - 30), (31 - 60) e (61 - 90) DAE, respectivamente. Efeitos aproximadamente proporcionais de redução de produtividade por deficiência hídrica em estádios vegetativos são também apresentados por Zhikoy e Kaltcheva (1997).

Dentre os componentes de produtividade verifica-se que o déficit hídrico em período inicial do ciclo (0 - 30 DAE), afetou a tuberização reduzindo o número de tubérculos por planta em relação aos demais tratamentos. Entretanto, o peso médio do tubérculo para esta condição de déficit hídrico inicial, foi superior em relação ao apresentado por plantas que passaram por deficiência hídrica nas fases posteriores do ciclo, justamente onde ocorre a maior parte do crescimento dos tubérculos. Resultados que evidenciam que os efeitos da deficiência hídrica sobre a produção de tubérculos é diferenciada, conforme as características fisiológicas de fonte-dreno de cada fase.

Em contexto geral, os resultados indicam que a ocorrência de deficiência hídrica em período inicial do ciclo (0 - 30 DAE), é mais prejudicial para produtividade total em relação a sua ocorrência mais tardia, por afetar a tuberização limitando o potencial produtivo, e também por limitar o desenvolvimento do dossel vegetativo. Observações desta natureza foram também descritas por Loon

(1981), que salientam que o desenvolvimento vegetativo e a produção de tubérculos da cultura são potencialmente mais afetados pela ocorrência de eventos de estresse hídrico em momentos mais iniciais do ciclo de desenvolvimento vegetativo. Ainda neste sentido, Aguiar Neto et al. (2000) concluíram em suas pesquisas que a ocorrência de déficit hídrico inicial afeta expressivamente a cultura, contudo no estágio de tuberização causou drástica redução na produtividade, considerando este como o mais crítico ao déficit hídrico.

A classificação comercial dos tubérculos (Tabela 3) foi pouco afetada pelos tratamentos de deficiência hídrica nas classes 2 e 3, que concentram o maior índice dos tubérculos comerciais produzidos. Na Classe 1 a qual concentra os tubérculos de maior tamanho, a deficiência hídrica inicial (0 - 30 DAE) não afetou estatisticamente os resultados em relação ao cultivo com lâmina ótima. Os tubérculos de menor tamanho (classe 4) tenderam a maior concentração em plantas submetidas a deficiência hídrica nos períodos intermediário e final do ciclo vegetativo da cultura.

Mantovani et al. (2013) verificaram que a redução da frequência da irrigação resultou em produção de batatas de menor tamanho e menor produtividade, assim como Aguir Netto et al. (2000) que associam redução do tamanho do tubérculo com aumento do potencial hídrico no solo.

Nas avaliações de distúrbios fisiológicos não foi verificada ocorrência significativa de “embonecamento, contudo a incidência de tubérculos com “rachaduras externas” foi significativa (Tabela 4).

Tabela 4. Incidência de rachaduras externas em tubérculos de batata produzidos diferentes manejos da depleção da água no solo durante o ciclo de cultivo no verão.

| Distúrbio | Período de lâmina depleção deficiente | | | Lâm. ótima | CV % |
|-------------------|---------------------------------------|--------|--------|------------|-------|
| | 0-30 | 30-60 | 60-90 | | |
| Rachadura externa | 2,35 c | 5,69 b | 8,53 a | 2,51 c | 18,14 |

O comportamento dos resultados demonstra que quanto mais tardiamente ocorrem os ciclos de umedecimento e secagem com deficiência hídrica no solo, maior a ocorrência de rachadura das camadas mais externas dos tubérculos, cujo dentre as principais causas está considerada a consequência da rápida hidratação do tubérculo após período de baixa disponibilidade hídrica.

Os resultados estão de acordo Feltran e Lemos (2005) que caracterizam cultivares de tubérculo alongado como a Ágata como de ocorrência mais

comum de rachaduras, e com Hiller et al. (1985) que enfatizam os efeitos das variações da umidade no solo e estresse hídrico sobre o surgimento deste distúrbio.

Conclusões

Considerando os resultados observados conclui-se que a deficiência hídrica em períodos iniciais (0 - 30 DAE) do ciclo de desenvolvimento da cultivar de batata Ágata reduzem o desenvolvimento vegetativo diminuindo o índice de área foliar

máximo, o número de hastes e a produção de matéria seca total do dossel vegetativo. A deficiência hídrica neste período tem como consequência redução na produtividade total devido ocasionar redução no número de tubérculos produzidos por planta, associado ao processo de estolonização e diferenciações para tuberização que ocorrem no período.

A deficiência hídrica no período intermediário do ciclo (31 - 60 DAE) reduz o índice de área foliar máximo e afeta negativamente a produtividade diminuindo o peso médio do tubérculos produzidos.

A deficiência no período final do ciclo de desenvolvimento da cultura (61 - 90 DAE) acelera a senescência de folhas reduzindo o a área foliar ativa da cultura. Neste período a deficiência hídrica ocasiona diminuição de produtividade pela redução do tamanho e peso médio dos tubérculos produzidos.

A incidência do distúrbio fisiológico “rachadura externa do tubérculo” aumenta significativamente quanto mais tardia for a ocorrência da deficiência hídrica seguida de reposição de água no solo, no ciclo vegetativo da cultura. A deficiência hídrica não ocasionou a incidência de “embonecamento dos tubérculos”.

Nas condições experimentais, de maneira geral a deficiência hídrica no período inicial do ciclo de desenvolvimento vegetativo (0 - 30 DAE) afetou mais severamente a cultura reduzindo o crescimento vegetativo e a produtividade da cultivar de batata Ágata.

Agradecimento

Ao CNPq pelo financiamento da pesquisa, processo 480382/2012-3.

Referencias

- ABBA: Associação Brasileira da Batata. Produção de batata na região de Guarapuava. v. 28, n. 10, 2010. Disponível em: http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/revista.asp?id_REVCAT=14&id_REVCON=424. Acesso em: 16 junho, 2016
- AGUIAR NETTO, A. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p. 901-907, 2000.
- BEZERRA, F. M. L. ANGELOCCI, L. R.; MINAMI, K. deficiência hídrica em vários estádios de desenvolvimento da batata. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.119-123, 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- FELTRAN, J. C.; LEMOS, L. B. Características agronômicas e distúrbios fisiológicos em cultivares de batata. **Científica**, v. 33, n. 1, p. 106-113, 2005.
- GRIMM, E. L.; HEIDWEIN, A. B.; RADONS, S. Z.; IMALDANER, I. C.; TRENTIN, G.; BOSCO, L. C. Produtividade da batata em função da irrigação e do controle químico da requeima. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 125-130, 2010.
- HENRIKSEN, C.B.; MOLGAARD, J.P.; RASMUSSEN, J. The effect of autumn ridging and inter-row subsoiling on potato tuber yield and quality on a sandy soil in Denmark. **Soil and Tillage Research**.Elsevier, v. 93, n. 2, p. 309-315, 2007.
- HILLER, L. K.; KOLLER, D. C.; THORNTON, R. E. Physiological disorders of potato tubers. In: LI, P. H. (Ed.). **Potato physiology**. Orlando: Academic Press, p.389-455. 1985.
- JANA, P.K.; DAS, S.; MANDAL, B.B.; BANDYOPADHYAY, P. Effect of soil moisture tension at different physiological stages of growth on yield and consumptive use of water by potato. **Environment and Ecology**, v.7, n.4, p.809-812, 1989.
- JENKINS, P. D.; MAHMOOD, S. Dry matter production and partitioning in potato plants subjected to combined deficiencies of nitrogen, phosphorus and potassium. **Annals of Applied Biology**, Wiley, v. 143, n. 1, p. 215-229, 2003.

- LOON, C.D. VAN. The effect of water stress on potato growth, development and yield. **American Potato Journal**, v.58, n.1, p.51-69, 1981.
- MANTOVANI, E.C.; ZAMBOLIM, L.; SOUZA do; SEDIYAMA, G.C.; PALARETTI, L.F. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata sob diferentes regimes de irrigação por aspersão convencional. **Horticultura Brasileira**, v.31, p. 528-533, 2013.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Resolução 069/2005**. Brasília - MAPA, 2005.
- MARQUELLI, W. A. **Irigar bem. Um dos segredos para reduzir doenças e aumentar o lucro do bataticultor**. Batata Show, v.5, n.11, 2005. disponível em: http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista11_010.htm. Acesso em 16 de junho 2016.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; OLIVEIRA, C. A. S.; SILVA, H. R. Resposta da cultura da batata a diferentes regimes de irrigação. **Revista Latinoamericana de la Papa**, v. 1, p. 25-34, 1988.
- RAWITZ, E., HILLEL, D. I. Comparison of Indexes Relating Plant Response to Soil Moisture Status. **Agronomy Journal**, v.61, n.2, p.231-255, 1969.
- SILVA, E. F. da. **Lâmina ótima de depleção para a irrigação da cultura da batata cultivares ágata e atlantic**. Universidade Estadual do Centro Oeste –UNICENTRO. Dissertação Mestrado em Agronomia (Produção vegetal). Guarapuava-PR, 2015. 50f.
- SILVA, E. F. DA. JADOSKI, S. O. Caracterização histórica da cultura e prognóstico de evolução da produção de batata no Brasil. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.8, p.99 – 106, 2015.
- STEYN, J.C.; PLESSIS, H.F. du.; NORTJE, P.F. The effect of different water regimes on Up-to-date potatoes. I. Vegetative development, photosynthetic rate and stomatal diffusive resistance. **South African Journal of Plant and Soil**, v.9, n.3, p.113-117, 1992.
- TAVARES, S. **Tuberização**. 2002. Disponível em: http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista05_015.htm. Acesso em 02 junho 2016.
- WAGNER, M. V.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M.; SAITO, L. R.; LIMA, A. dos S. Estimativa da produtividade do milho em função da disponibilidade hídrica em Guarapuava, PR, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.2, p.170–179, 2013.
- WOLFE, D. W.; FERERES, E.; VOSS, R. E. Growth and yield response of two potato cultivars to various levels of applied water. **Irrigation Science**, v.3, p.211-222, 1983.
- ZAAG, D. E. Van der. **Abastecimento de água na cultura da batata**. Haia, Instituto Holandês de Consulta sobre a Batata, 1982. 20p.
- ZANON, A, J.; et al. Desenvolvimento das plantas e produtividade de tubérculos de batata em clima subtropical. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.4, p.858-868, 2013.
- ZHIKOY, Z.; KALTCHEVA, S. Irrigation of potatoes under condition of water deficit. **Acta Horticulturae** v.1: 217-221. 1997.