



Influence of temperature on the germination and root size of *Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen

Influência da temperatura na germinação e comprimento de raiz de Acmella oleracea (L.) R. K. Jansen

Leandro Carvalho da Silva¹, Italo Marlone Gomes Sampaio^{1*}, Ricardo Falesi Palha de Moraes Bittencourt², Mayara Ribeiro de Araujo³, Stefany Priscila Reis Figueiredo⁴, Sergio Antonio Lopes de Gusmão⁵, Anielle Sousa da Costa²

Abstract: *Acmella oleracea* is a herbaceous plant native to the Amazon region that is currently arousing industrial interest due to its potential gastronomic, cosmetic and pharmaceutical uses. Accordingly, the objective of the current study was to test the influence of temperatures on *A. oleracea* seed germination and seedling vigor. A completely randomized design (CRD) with five treatments and five replicates was used. Treatments consisted of temperatures: 23, 26, 29, 32 and 35 °C. The study was conducted in BOD-type climate chambers with relative humidity above 90% and a 12 h photoperiod. Germination, germination speed index (GSI), average germination time, root length and number of normal and abnormal seedlings were recorded. Temperature influenced all analyzed variables, except average germination time and number of normal/abnormal seedlings. A quadratic model best described the relationship between dependent and independent variables. In general, maximum germination values, and GSI and root lengths were obtained at temperatures close to 29 °C, while the lowest observed values for these variables occurred at extreme temperatures (23 and 35 °C). The highest percentage of germinated seeds occurred on the second day. Temperatures above 29 °C induced a significant reduction in the *A. oleracea* seedling root lengths.

Key words: Thermic stress. Germination Speed Index. Vigor.

Resumo: *Acmella oleracea* é uma planta herbácea nativa da região amazônica que atualmente vem despertando o interesse das indústrias em razão das potencialidades de uso na gastronomia, cosmética e farmacêutica. Diante do exposto, objetivou-se estudar a influência de temperaturas na germinação de sementes e no vigor de plântulas de jambu. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram das temperaturas: 23, 26, 29, 32 e 35 °C. A condução do ensaio ocorreu em câmaras climatizadas, tipo BOD, com umidade relativa acima de 90% e fotoperíodo de 12 h. Foram avaliadas: germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação, comprimento radicular e número de plântulas normais e anormais. A temperatura influencia nas variáveis analisadas, exceto para o tempo médio de germinação e número de plântulas normais e anormais. Verificou-se, que o modelo quadrático foi o que melhor descreveu a relação entre as variáveis dependentes e independentes. Em geral, os valores máximos observados de germinação, IVG e comprimento radicular foram obtidos em temperaturas próximas a 29 °C, enquanto que em temperaturas extremas (23 e 35 °C) foram as que apresentaram os menores valores observados. O maior percentual de sementes germinadas ocorreu ao segundo dia. Temperaturas superiores a 29 °C induziram significativa redução do comprimento radicular das plântulas de jambu.

Palavras-chave: Estresse térmico. Índice de velocidade de germinação. Vigor.

*Corresponding author

Submitted for publication on 23/08/2019, approved on 09/12/2019 and published on 13/01/2020

¹Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAGRO), Universidade Federal Rural da Amazônia, CEP 66077-830 Belém, PA. Email: l.carvalho.agro@gmail.com; italofito@gmail.com;

²Graduando do curso de Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, CEP 66007-830, Belém, PA, Brasil. Email: ricardofalesibitten@gmail.com; anielle.costa18ea@gmail.com;

³Programa de Pós-graduação em Entomologia, Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' (ESALQ/USP), Universidade de São Paulo, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: mayara_de_araujo@yahoo.com.br;

⁴Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia, CEP 66007-830, Belém, PA, Brasil. Email: stefanyreis23@gmail.com

⁵Doutor em agronomia, Universidade Estadual Paulista (Unesp). CEP 66095-100. Email: Sergio.gusmao@ufra.edu.br.

INTRODUCTION

Acmella oleracea (L.) R. K. Jansen is a herbaceous plant of the family Asteraceae, distributed in the tropics and subtropics worldwide. In Brazil it is popularly known as *jambu*. In the north of Brazil, the species has significant culinary importance, being one of the main ingredients in traditional local dishes, such as *tacacá* (GUSMÃO; GUSMÃO, 2013; SAMPAIO *et al.*, 2019), a dish that is considered part of the non-material cultural heritage of the city of Belém (IPHAN, 2014). *Tacacá* is in greatest demand during festival periods, such as *Círio de Nazaré* and for end-of-year parties (GUSMÃO; GUSMÃO, 2013; SAMPAIO *et al.*, 2018). In addition to its use in local cuisine, it *A. oleracea* is widely used in folk medicine due to its analgesic, anti-inflammatory and anesthetic properties (NOMURA *et al.*, 2013).

A. oleracea is rich in bioactive isobutylamides, of which spilanthol is the most bioactive molecule (BARBOSA *et al.*, 2016). The presence of this substance has resulted in the species becoming importance in various segments of the pharmaceutical industry. Studies such as Wu *et al.* (2008) and Dubey *et al.* (2013) have shown *A. oleracea* extracts have anti-inflammatory and antibacterial capacities, and have linked such effects to the presence of spilanthol. In cosmetics, this substance can be used in place of botox as an anti-wrinkle cream (BARBOSA *et al.*, 2016).

Given its popular use in medicine and cooking, and a growing interest by the cosmetics and pharmaceutical industries, *A. oleracea* cultivation is expanding from the north into other regions of Brazil (CAVALCANTI, 2008; BORGES *et al.*, 2013; OLIVEIRA; INNECCO, 2015). Consequently, it is important to know the most favorable conditions for large-scale planting, because variation, especially in temperature, can directly interfere with germination and plant development, so cause losses in size and number of plants and, hence, in overall production (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; CATÃO *et al.*, 2014).

Temperature is a significant factor in the germination process, since it regulates the biochemical reactions that trigger it (OLIVEIRA; BARBOSA, 2014). The action of temperature on the germination process has been reported by researchers for a great variety of species of vegetables (AMARO *et al.*, 2014; CATÃO *et al.*, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2016; SOARES *et al.*, 2017). In lettuce seeds, for example, temperatures above 25 °C are known to cause decrease in physiological potential, reducing germination, germination speed, and water absorption, as well as biochemical reactions central to the successful germination of this species (NASCIMENTO; CANTLIFFE, 2002; ZUFFO *et al.*, 2017). However, for species such as *jambu*, despise of growing relevance in Brazil, information concerning the effect of environmental variation on the germination process and development of *A. oleracea*, have yet to be properly elucidated, which impedes the use of reliable methods of physical and physiological analysis for the species, as well as limiting expansion of commercial production of the species.

INTRODUÇÃO

Acmella oleracea (L.) R. K. Jansen, popularmente conhecida como *jambu*, é uma planta herbácea pertencente à família Asteraceae, de ocorrência nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. Na região Norte do Brasil, a espécie possui expressiva importância na culinária, sendo um dos ingredientes principais no preparo de pratos típicos, como o *tacacá* (GUSMÃO; GUSMÃO, 2013; SAMPAIO *et al.*, 2019), patrimônio imaterial da cidade de Belém (IPHAN, 2014). A maior demanda da cultura é durante os períodos festivos, como o *Círio de Nazaré* e festas de final de ano (GUSMÃO; GUSMÃO, 2013; SAMPAIO *et al.*, 2018). Além do uso na culinária local, é uma espécie muito utilizada na medicina popular devido sua ação analgésica, anti-inflamatória e anestésica (NOMURA *et al.*, 2013).

O *jambu* é rico em isobutilamidas bioativas, apresentando o epilantol, como a molécula mais bioativa (BARBOSA *et al.*, 2016). A presença dessa substância determina a importância da espécie em diversos segmentos da indústria de fármacos. Trabalhos como o de Wu *et al.* (2008) e Dubey *et al.* (2013) demonstraram a ação anti-inflamatória e antibacteriana do extrato de *jambu*, associando os efeitos à presença do epilantol. Na cosmética, a substância pode ser utilizada em substituição ao botox, como creme anti-rugas (BARBOSA *et al.*, 2016).

Diante do uso popular para fins medicinais, culinários e ao crescente interesse de indústrias de cosméticos e de fármacos, o cultivo do *jambu* vem se expandido para outras regiões do Brasil (CAVALCANTI, 2008; BORGES *et al.*, 2013; OLIVEIRA; INNECCO, 2015). Dessa forma, torna-se necessário saber quais seriam as condições mais favoráveis ao plantio em larga escala, pois variações, principalmente quanto à temperatura, podem trazer prejuízos na formação do stand de plantas e, conseqüentemente, na produção, visto que interferem diretamente na germinação e desenvolvimento da planta (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; CATÃO *et al.*, 2014).

A temperatura constitui um fator de expressiva importância para o processo germinativo, visto que regula as reações bioquímicas que o desencadeia (OLIVEIRA; BARBOSA, 2014). A ação da temperatura sobre o processo germinativo tem sido reportada por pesquisadores em diferentes espécies de hortaliças (AMARO *et al.*, 2014; CATÃO *et al.*, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2016; SOARES *et al.*, 2017). Em sementes de alface, observa-se que temperaturas acima de 25 °C causam diminuição do potencial fisiológico, reduzindo a germinação, a velocidade de germinação, a absorção de água, bem como reações bioquímicas chaves ao processo germinativo dessa espécie (NASCIMENTO; CANTLIFFE, 2002; ZUFFO *et al.*, 2017). Mas para espécies como o *jambu*, apesar de sua crescente relevância no Brasil, informações em relação ao seu processo germinativo e desenvolvimento, frente a variações ambientais, ainda não estão devidamente esclarecidas, o que impede a aplicação de métodos confiáveis de análises físicas e fisiológicas de sementes, limitando assim a expansão na produção da espécie.

Given the above, the objective of the current was to study the influence of temperature on *Acmella oleracea* seed germination and seedling vigor.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out in the second semester of 2014, at the entomology laboratory of Embrapa Amazônia Oriental, in Belém, Pará State, Brazil. Initially, *A. oleracea* inflorescences were collected in a cultivation site belonging to the Federal Rural University of Amazonia (01°26'00"S, 48°26'00"W). These formed the source of seeds (achenes) used in the experiments. To guarantee uniformity of maturation and size, only seeds removed from the basal region of each inflorescence were used.

The experiment used a completely randomized design (CRD) with five replicates. Each plot consisted of 100 seeds. Treatments consisted of the following temperatures: 23; 26; 29; 32 and 35 °C.

The assay were conducted in BOD (Biochemical Oxygen Demand)-type, climate controlled, chambers, with temperatures regulated according to treatment. Relative humidity in all chambers were higher than 90% and photoperiod was 12 h. Seeds were sown in sterile Petri dishes (150 mm x 30 mm), with filter paper used as the substrate. At 24 h intervals the filter paper sheets were moistened with distilled water using a single channel digital micropipette, applying 3 mL of distilled water to each seeded plate. Seed germination evaluation occurred 10 days after sowing (DAS), this being considered sufficient time for germinating seeds to produce a primary root.

At 10 DAS, the following variables were analyzed: germination percentage; average germination time; germination speed index (GSI) (MAGUIRE, 1962), root length and percentages of normal/abnormal seedlings.

To determine GSI the following formula was used: $GSI = G1/N1 + G2/N2 + \dots G_n/N_n$ (where: G1, G2, G_n = the number of normal seedlings found in each count; N_n = number of days after sowing). Length of first seedling root was measured for 10 randomly selected plants, with digital calipers (150 mm). To determine the percentage of normal and abnormal seedlings, we adopted as identification criteria recommended in the Seed Analysis Rules (SAR) for lettuce (BRASIL, 2009), as no SAR recommendations existed for jambu at the time of the experiments.

Data normality and homogeneity of variance of errors were analyzed with Kolmogorov-Smirnov and Bartlett tests. Data on germination percentage were sine arc transformed $(X/100)^{0.5}$. Analysis of variance was performed and, when significant, regression models were adjusted, and the model and its coefficients tested with student-t test. All analyzes were performed in the statistical program SISVAR version 5.6 (FERREIRA, 2011).

Diante do exposto, objetivou-se estudar a influência de temperaturas na germinação de sementes e no vigor de plântulas de jambu.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no segundo semestre de 2014, no laboratório de Entomologia da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, no estado do Pará, Brasil. Inicialmente, foram coletadas as inflorescências de *A. oleracea* na horta pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (01°26'00"S e 48°26'00"W). As sementes (aquênios) foram extraídas da região basal de inflorescência com uniformidade de maturação e tamanho.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições. Parcela foi composta por 100 sementes. Os tratamentos consistiram nas temperaturas de 23; 26; 29; 32 e 35 °C.

O ensaio foi conduzido em câmaras climatizadas, tipo BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), com temperaturas reguladas conforme o tratamento, umidade relativa maior que 90% e fotoperíodo de 12 h. As sementes foram semeadas em placas de Petri (150 mm x 30 mm altura) esterilizadas, tendo como substrato uma folha de papel filtro (sobre papel). Em intervalos de 24 h as folhas de papel filtro eram umedecidas com água destilada, com auxílio de micropipeta digital, tipo monocanal, aplicando 3 mL de água destilada em cada placa semeada. O período de avaliação do teste de germinação foi de 10 dias após a semeadura (DAS), sendo consideradas germinadas as sementes com emissão de raiz primária.

Aos 10 DAS, foram analisadas as seguintes variáveis: porcentagem de germinação; tempo médio de germinação; índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962), comprimento radicular e porcentagem de plântulas normais e anormais.

Para a determinação do IVG empregou-se a fórmula $IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots G_n/N_n$ (onde: G1, G2, G_n = número de plântulas normais computadas em cada contagem; N_n = número de dias após semeadura). O comprimento de raiz primária das plântulas foi medido em 10 plantas selecionadas ao acaso, por repetição, sendo utilizado um paquímetro digital (150 mm) para medição da raiz primária. Quanto à determinação da porcentagem de plântulas normais e anormais, adotou-se como critérios de identificação as recomendações das Regras para Análise de Sementes (RAS) para espécie alface (BRASIL, 2009), uma vez que o jambu não possui referências na RAS.

A normalidade dos dados e a homogeneidade da variância dos erros foram analisadas segundo os testes de Kolmogorov-Smirnov e Bartlett. Os dados referentes à porcentagem de germinação foram transformados em arco seno $(X/100)^{0.5}$. Procedeu-se a análise de variância e, quando significativo, foram ajustados modelos de regressão, sendo o modelo e seus coeficientes testados pelo teste 't - student'. Todas as análises foram realizadas por meio do programa estatístico SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

RESULTS AND DISCUSSION

Temperature directly influenced the evaluated variables: germination, germination speed index (GSI) and root length ($P < 0.05$). However, temperature showed no influence on the presence of abnormal seedlings. In all evaluated treatments, aerial part of the seedling appeared well-developed. In addition, although the root length varied at all temperatures tested, it was found that the radicular system was well-developed, a profile which agrees with that for normal seedlings indicated by SAR (BRASIL, 2009). namely: primary roots composed of numerous absorbent hairs, secondary roots produced within the test time-period and the presence of a straight, usually thin and elongated, hypocotyl.

Germination varied between treatments, with the reduction in seed germination rate described by a quadratic function. Highest germination rate (88.3%) occurred at 28.6 °C (Figure 1). Melo *et al.* (2016), testing *Aster squamatus* (Asteraceae) germination under different light and temperature conditions, recorded the highest percentage germination at 25 °C, with a 12 h photoperiod, and noted a decrease in germination percentage at 35 °C. Similar results were reported by Pereira *et al.* (2005) who, when evaluating the germination of coriander (*Coriandrum sativum* L., Apiaceae) cultivars under adverse temperature conditions, found a decrease in germination for seeds at 30 and 35 °C (average 56 and 1.71%, respectively).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura influenciou diretamente as variáveis avaliadas: germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento da raiz ($P \leq 0,05$). No entanto, não se observou influência da temperatura quanto ao aparecimento de plântulas anormais. Em todos os tratamentos avaliados, a parte aérea da plântula apresentou-se bem desenvolvida. Além disso, e apesar de o comprimento de raiz ter variado em todas as temperaturas testadas, verificou-se que o sistema radicular encontrava-se bem desenvolvido, estando de acordo com as normas para plântulas normais preconizadas pelas RAS (BRASIL, 2009), a saber: raízes primárias compostas de numerosos pêlos absorventes, raízes secundárias produzidas dentro do período de duração do teste e o hipocótilo reto, geralmente delgado e alongado.

A germinação variou entre os tratamentos, nos quais, até certo ponto, verificou-se a redução da taxa germinativa das sementes, descrita por uma função quadrática, sendo estimada a maior taxa germinativa (88,3%) na temperatura de 28,6 °C (Figura 1). Melo *et al.* (2016), avaliando a germinação de *Aster squamatus* (Asteraceae) em diferentes condições de luminosidade e temperatura, obtiveram maior porcentagem na temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 h, e um decréscimo no percentual de germinação quando exposta a 35 °C. Resultados semelhantes também foram reportados por Pereira *et al.* (2005), que verificaram redução de germinação das cultivares de coentro (*Coriandrum sativum* L.) das sementes expostas a 30 e 35 °C (em média, 56 e 1,71%, respectivamente).

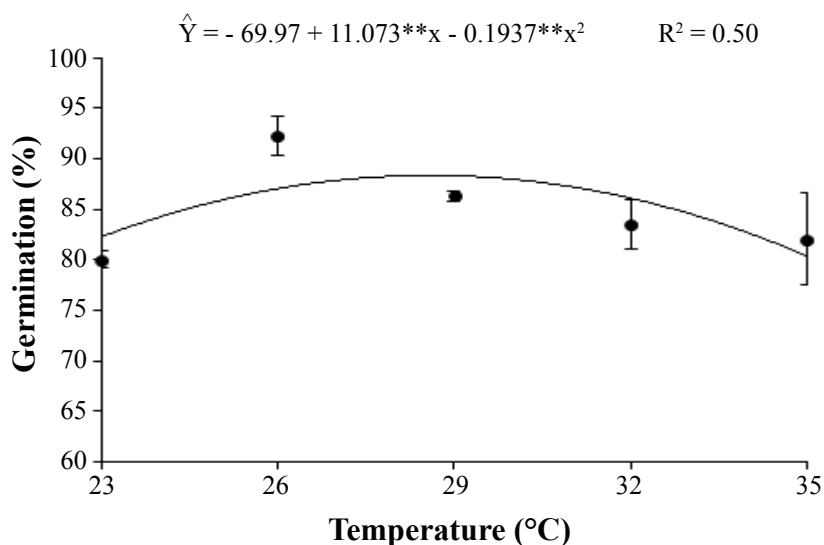


Figure 1 - Germination of *A. oleracea* seeds as a function of different temperatures.

** significant at 1% probability; * significant at 5% probability, via t-test.

Figura 1 - Germinação de sementes de *A. oleracea* em função de diferentes temperaturas.

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Temperature directly interferes with physiological processes and biochemical reactions that are key to successful germination (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; TAIZ *et al.*, 2017). According to Gusmão and Gusmão (2013), the ideal temperature range for *A. oleracea* germination is between 25 to 33 °C.

Thus, in general, the literature reports that, for seeds submitted to temperatures lower than those appropriate for the species during the germination phase, the germination process is delayed, and seedlings are smaller. However, with increasing temperature, germination tends to occur faster and more efficiently, when this lies within the limit range for the species (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; OLIVEIRA; BARBOSA, 2014). In the current study, this was observed when the seeds were exposed to temperatures of 23, 32 and 35 °C (Figure 1).

For most species in tropical agriculture, the optimal germination temperature lies between 20 and 30 °C, with the exact values depending on the species (MENEZES *et al.*, 2004). For *A. oleracea*, highest germination rates came from seeds raised at temperatures between 26 and 29 °C, with reductions in germination at temperatures outside this range. According to Carvalho and Nakagawa (2012), this defines the appropriate temperature range for the seed germination test standardization, as well as for seedling production. Similar effects have been recorded for other species; Soares *et al.* (2017), testing the effect of three temperatures (20, 25 and 30 °C) on seed germination and vigor of lettuce cultivars, observed a reduction in germination percentage in different cultivars at 30 °C, a temperature that also significantly inhibited germination.

As with germination, GSI obtained showed a quadratic model with the highest estimated rate (40.5%) occurring at 29.8 °C (Figure 2).

A temperatura interfere diretamente nos processos fisiológicos e reações bioquímicas que estão ligados diretamente com a germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; TAIZ *et al.*, 2017). Para Gusmão e Gusmão (2013), a faixa de temperatura ideal para a germinação do jambu vai de 25 a 33 °C.

Dessa forma, observou-se que sementes submetidas a temperaturas inferiores às apropriadas para a espécie durante a fase de germinação acabam por retardar o processo germinativo, além de induzir a formação de plântulas pequenas, no entanto, quando ocorre o aumento crescente da temperatura, a germinação tende a ocorrer mais rapidamente e eficientemente, dentro da faixa limite para cada espécie (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; OLIVEIRA; BARBOSA, 2014). Neste trabalho, tal interferência foi observada quando as sementes foram expostas às temperaturas de 23, 32 e 35 °C (Figura 1).

Para a maioria das espécies agrícolas, a temperatura ótima para germinação está contida na faixa de 20 a 30 °C, sendo essa faixa variável dependendo da espécie (MENEZES *et al.*, 2004). Para o jambu, observou-se que as sementes submetidas às temperaturas de 26 e 29 °C apresentaram maiores valores de germinação, havendo redução na germinação fora desse intervalo. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), isso define uma faixa de temperatura adequada para padronização do teste de germinação, bem como para produção de mudas. Quanto ao efeito da temperatura para outras culturas, Soares *et al.* (2017), avaliando de três temperaturas (20, 25 e 30 °C) na germinação e vigor de sementes de cultivares de alface, observaram redução da porcentagem de germinação nas diferentes cultivares, tendo a temperatura de 30 °C inibido significativamente a germinação.

Com relação ao IVG, de forma semelhante à germinação, observou-se a formação de modelo quadrático com a maior taxa estimada (40,5%) na temperatura de 29,8 °C (Figura 2).

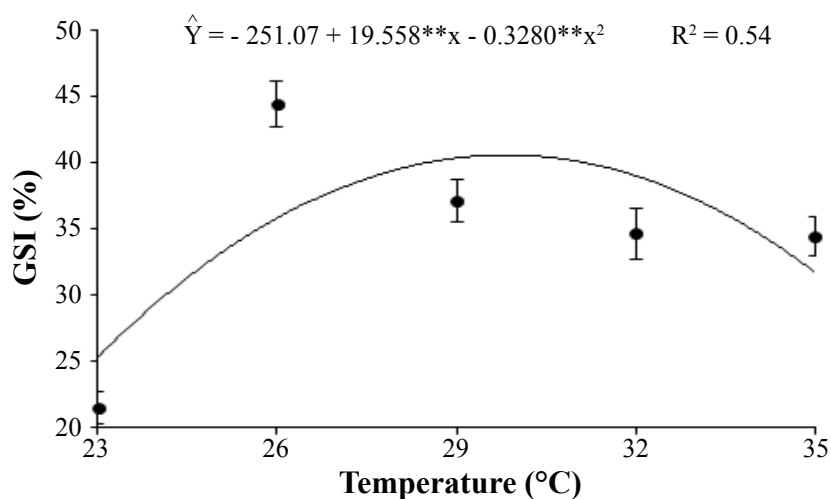


Figure 2 – Germination Speed Index for *A. oleracea* seeds as a function of different temperatures.

** significant at 1% probability; * significant at 5% probability via t-test.

Figura 2 – Índice de velocidade de germinação de sementes de *A. oleracea* em função de diferentes temperaturas.

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Temperature reduction tends to decrease seed germination velocity, due to the effects on the water imbibition and reserves mobilization (GORDIN *et al.*, 2014), as observed at 23 °C. On the other hand, when the temperature rises to a certain point (optimal temperature), the germination process is faster and homogeneous. Beyond this optimum point, there is a reduction in germination speed (MENEZES *et al.*, 2004). The current study found the most suitable temperature for both germination speed and total germination to be close to 29 °C. According to Brancalion *et al.* (2010), seeds can adapt to the environmental conditions of their locale or cultivation location. Therefore, the optimal temperature range described here is one which allows easy adaptation to Amazonian climate conditions (ALVARES *et al.*, 2013).

Analysis of effect of temperature on primary root length (Figure 3) shows 28.3 °C as optimal root growth temperature. Below and above this root lengths are shorter.

Study seedlings, when submitted to temperatures of 23 and 35 °C, showed reduced root length compared to other temperatures. At 35 °C, the root system was seen to be much less developed (3.63 mm), with a reduction of approximately 84% in relation to the longest root length value (23.4 mm), recorded at 28.3 °C (Figure 3). This result again highlights the importance of temperature for both germination and *A. oleracea* seedlings vigor.

A redução da temperatura tende a diminuir a velocidade de germinação de sementes, em face dos efeitos ocorridos sobre a velocidade de embebição e mobilização das reservas (GORDIN *et al.*, 2014), como observado na temperatura de 23 °C. Por outro lado, com a elevação da temperatura até certo limite (temperatura ótima), tem-se observado que o processo germinativo é mais rápido e homogêneo. A partir do ponto ótimo ocorre redução da velocidade do processo (MENEZES *et al.*, 2004). Na presente pesquisa, verifica-se que a temperatura mais adequada, tanto para velocidade de germinação quanto para a germinação total, encontra-se próxima a temperatura de 29 °C. Segundo Brancalion *et al.* (2010), sementes se adaptam às condições ambientais dos locais de ocorrência ou de cultivo da espécie. Portanto, tal valor de temperatura encontrado neste trabalho é facilmente atingido nas condições do clima Amazônico (ALVARES *et al.*, 2013).

Analisando-se, ainda, o comprimento da raiz primária com relação à variação da temperatura, observou-se na Figura 3 que o valor ótimo de temperatura que prevê o maior crescimento radicular foi a de 28,3 °C, sendo observado a partir dessa, decréscimo do comprimento radicular.

As plântulas, ao serem submetidas às temperaturas de 23 e 35 °C, tiveram o comprimento de raiz reduzido, se comparadas às demais temperaturas. No tratamento de 35 °C, observou-se que o sistema radicular se desenvolveu bem menos que nos demais (3,63 mm), com redução de, aproximadamente, 84% em relação ao maior valor do comprimento radicular (23,4 mm) observado na temperatura 28,3 °C (Figura 3). Tal resultado reafirma a importância da temperatura tanto para a germinação como para o vigor de plântulas de jambu.

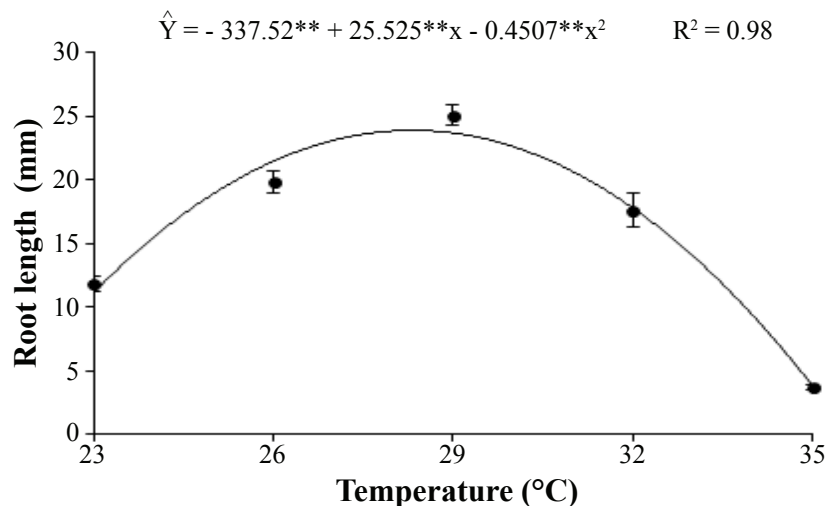


Figure 3 - Primary root length for *A. oleracea* seedlings at different temperatures.

** significant at 1% probability; * significant at 5% probability via t-test.

Figura 3 - Comprimento radicular da raiz primária de plântulas de *A. oleracea* em diferentes temperaturas.

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Similar effects of temperature on root length were reported by Steiner *et al.* (2010) for rocket (arugula) (*Eruca sativa* L., Brassicaceae) cultivars; though varying between cultivars, average root length depended on tested temperatures, with results ranging from 24.70 mm at 10 °C, 18.20 mm at 20 °C, and 7.40 mm at 35 °C, so that there was a 70% reduction between the lowest and highest temperatures. Ferreira *et al.* (2008), evaluating the root length of rocket seedlings germinated at different temperatures (25, 30 and 35 °C; 20-35 °C) and on varying substrates, reported shortest root lengths (0.1 to 2.2 mm) at 35 °C. Pinto Junior *et al.* (2009), working with different cultivars of chicory (*Cichorium intybus* L., Asteraceae), found different average root lengths at temperatures of 10 °C (4.53 mm), 20 °C (21.23 mm) and 35 °C (8.34 mm). When comparing roots lengths at 35 °C, there was a decrease in the root system in the experiments mentioned above, which corroborates the results of the current study and demonstrates that temperatures above 29 °C cause reduction of the root system and, consequently, seedling growth, in a wide variety of species, including *A. oleracea*.

The study found favorable germination rates for *A. oleracea* at all temperatures evaluated, all of which had values greater than or equal to 80%. However, extreme temperatures (23 and 35 °C) had a negative effect on germination speed index (GSI) and root length, showing that these temperatures are inappropriate for the attainment of full germination speed and seedling root development (Figures 2 and 3). Therefore, planting this species may be restricted to environments with these temperatures during the cultivation season.

According to Guimarães and Feitosa (2015), seedlings with the most well-developed root system will have a better chance of establishing in the germination environment, and this may then result in greater vigor and resistance to stresses occurring in the initial phase of in-field establishment. Delay in such development can directly influence later stages of growth. Such information is important for commercial production, especially where producers may not have full control over the sowing environment conditions (SOARES *et al.*, 2017).

Depending on temperature, average germination time started between the second and third day after sowing (Figure 4). Germination percentage peaked on the second day in all treatments, except at 23 °C, when it occurred on the fourth day, and with germination distributed across a larger number of days compared to the other temperatures. This delay may be related to a slower metabolism being operant at lower temperature conditions (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Honorio *et al.* (2011), analyzing *A. oleracea* germination with different substrates and photoperiods, noted that, at 25 °C, peak germination occurred on the second day.

O efeito da temperatura sobre o comprimento radicular também foi reportado por Steiner *et al.* (2010) para cultivares de rúcula (*Eruca sativa* L. – Brassicaceae), em que o comprimento médio de raiz, de acordo com o tipo de cultivar, variou entre as temperaturas testadas de 10 °C (24,70 mm), 20 °C (18,20 mm) e 35 °C (7,40 mm), com redução de 70% entre a menor e a maior temperatura. Ferreira *et al.* (2008), avaliando o comprimento radicular de plântulas de rúcula submetidas a diferentes temperaturas (25, 30 e 35°C; 20-35 °C) e substratos, reportaram o menor comprimento de raiz (0,1 a 2,2 mm) quando expostas a 35 °C. Já Pinto Junior *et al.* (2009), trabalhando com diferentes cultivares de almeirão (*Cichorium intybus* L. – Asteraceae), encontraram diferentes comprimentos médios de raiz nas temperaturas de 10 °C (4,53 mm), 20 °C (21,23 mm) e 35 °C (8,34 mm). Ao comparar as temperaturas de 35 °C de experimentos citados acima, houve diminuição do sistema radicular, o que corrobora com os resultados da presente pesquisa e demonstra que temperaturas acima dos 29 °C causam redução do sistema radicular e, conseqüentemente, do crescimento da plântula.

É possível afirmar que o jambu apresentou características favoráveis de germinação em todas as temperaturas avaliadas, com valores superiores ou iguais a 80%. Contudo, em temperaturas extremas, 23 e 35 °C, verificou-se efeito negativo quanto ao índice de velocidade de germinação (IVG) e ao comprimento radicular, demonstrando que essas temperaturas são inadequadas no que se refere à velocidade de germinação e ao desenvolvimento radicular das plântulas (Figuras 2 e 3). Logo, o plantio dessa espécie pode estar restrito a ambientes que tem essas temperaturas, durante uma estação.

Segundo Guimarães e Feitosa (2015), plântulas que apresentam o sistema radicular mais desenvolvido terão melhores chances de se estabelecerem no ambiente de germinação, o que pode resultar em maior vigor e resistência a estresses que ocorram na fase inicial de estabelecimento no campo, período este que, quando retardado, influencia diretamente nas fases posteriores de produção. Essas informações são necessárias para o setor produtivo, uma vez que os produtores não têm inteiro controle sobre as condições do ambiente de semeadura (SOARES *et al.*, 2017).

Com relação ao tempo médio de germinação, embora não significativo, observa-se na Figura 4 que a germinação, dependendo da temperatura, foi iniciada entre o segundo e o terceiro dia após semeadura. O maior pico de porcentagem de germinação de forma pontual ocorreu ao segundo dia em todos os tratamentos, exceto na temperatura de 23 °C, ao quarto dia, tendo a germinação distribuída em número maior de dias, se comparada às demais. Esse atraso pode estar relacionado ao metabolismo mais lento, em condições de temperaturas baixas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Honorio *et al.* (2011), analisando a germinação de sementes de jambu submetidas a diferentes substratos e fotoperíodos, observaram maiores picos de germinação ocorrendo ao segundo dia sob a temperatura de 25 °C.

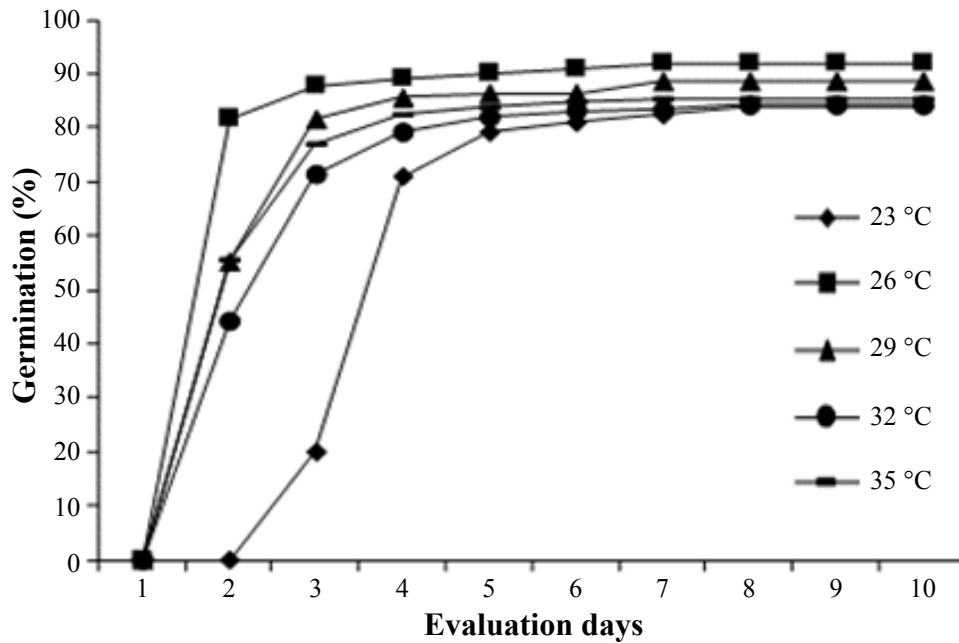


Figure 4 – Germination of *A. oleracea* seeds at different temperatures during the post-sowing evaluation period.

Figura 4 – Germinação de sementes de *A. oleracea* em diferentes temperaturas ao longo do período de avaliação após a semeadura.

Gusmão and Gusmão (2013) observed that, at temperatures between 25 and 33 °C, *A. oleracea* germination occurs around the fourth day. However, in the current study, it was found that germination occurred between the second and third day. This decrease in the number of days may be related to temperature and relative humidity control, which in this test remained constant, that is without variations, which may have provided ideal conditions for the germination process, resulting in a shorter germination time.

CONCLUSIONS

Temperatures of 23 and 35 °C promote reduction in *A. oleracea* seedling primary root lengths;

A temperature of 29 °C provides the most suitable conditions for seed germination and root length development for *A. oleracea* seedlings.

ACKNOWLEDGEMENTS

To the Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (Fapespa) the doctorate of the second author (grant number ICAAF n° 009/2017).

Gusmão e Gusmão (2013) observaram que em temperaturas entre 25 e 33 °C a germinação de jambu ocorre por volta do quarto dia. No presente trabalho, constatou-se que a germinação ocorreu a partir do segundo e do terceiro dia. Essa diminuição no número de dias pode estar relacionada ao controle da temperatura e umidade relativa, que neste ensaio se mantiveram constantes, ou seja, sem variações, o que acabou fornecendo condições ideais para o processo de germinação, resultando num menor tempo germinativo.

CONCLUSÕES

Temperaturas de 23 e 35 °C promovem a redução no comprimento da raiz primária das plântulas de *A. oleracea*;

Temperatura de 29 °C proporciona condições mais adequadas para germinação das sementes e comprimento radicular das plântulas de *A. oleracea*.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (Fapespa) pela concessão de doutorado acadêmico, ICAAF n° 009/2017, ao segundo autor.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. S.; CANGUSSÚ, L. V. S.; RODRIGUES, B. R. A.; ASSIS, M. O.; VELOSO, C. S. Umedecimento do substrato e temperatura na germinação e vigor de sementes de melão. *Semina*, v. 35, n. 3, p. 1119-1130, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1119>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- BARBOSA, A. F.; CARVALHO, M. G.; SMITH, R. E.; SABAA-SRUR, A. U. O. Spilanthol: occurrence, extraction, chemistry and biological activities. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 26, n. 1, p. 128-133, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjp.2015.07.024>
- BORGES, L. S.; GUERREIRO, A. C.; GOTO, R.; LIMA, G. P. P. Produtividade e acúmulo de nutrientes em plantas de jambu, sob adubação orgânica e mineral. *Semina*, v. 34, n. 1, p. 83-94, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n1p83>
- BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000400002>
- BRASIL.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- CARVALHO, M. N.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 5.ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.
- CATÃO, H. C. R. M.; GOMES, L. A. A.; SANTOS, H. O.; GUIMARÃES, R. M.; FONSECA, P. H. F.; CAIXETA, F. Aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação de sementes de alface em diferentes temperaturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 4, p. 316-322, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000400010>
- CAVALCANTI, V. M. S. Extração de espilantol de *Spilanthus acmella* var. *oleraceae* com dióxido de carbono supercrítico. 2008. 144f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- DUBEY, S.; MAITY, S.; SINGH, M.; SARAF, S. A.; SAHA, S. Phytochemistry, pharmacology and toxicology of *Spilanthus acmella*: a review. *Advances in Pharmacological Sciences*, v. 2013, ID 423750, p. 1-9, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/423750>
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 160, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- FERREIRA, E. G. B. S.; MATOS, V. P.; SALES, A. G. A.; PACHECO, M. V. Influência da temperatura e do substrato na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de rúcula (*Eruca sativa* Mill.). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 3, n. 3, p. 209-212, 2008.
- GORDIN, C. R. B.; MARQUES, R. F.; MASETTO, T. E.; SCALON, S. P. Q.; SOUZA, L. C. F. Temperaturas e disponibilidades hídricas do substrato na germinação de sementes de Níger. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 1, p. 112-118, 2014.
- GUIMARÃES, M. A.; FEITOSA, F. R. C. **Implantação de hortas: aspectos a serem considerados.** 1. ed. Fortaleza: PRONTOGRAF, 2015, 103 p.
- GUSMÃO, M. T. A.; GUSMÃO, S. A. L. **Jambu da Amazônia *Acmella oleracea* [(L.) R. K. Jansen]: características gerais, cultivo convencional, orgânico e hidropônico.** Belém: UFRA, 2013. 135 p.
- HONÓRIO, I. C. G.; PINTO, V. B.; GOMES, J. A. O.; MARTINS, E. R. Influência de diferentes substratos na germinação de jambu (*Spilanthus oleracea*). *Biotemas*, v. 24, n. 2, p. 21-25, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2011v24n2p21>
- IPHAN – Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. O país está em festa: carimbó agora é patrimônio cultural imaterial brasileiro. Brasília, 11 set. 2014. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/portal/montarDetalheConteudo.do?id=18607&sigl>>. Acesso em: 08 fev 2018.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedlings emergence and vigor. *Crop Science*, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

- MELO, K. N. M.; BORTOLIN, G. S.; SILVA, A. C. F. Estudo da germinação de sementes de *Aster squamatus* (Spreng.) Hiero. e *Pterocaulon polystachyum* DC. **Revista Científica Rural**, v. 18, n. 1, p. 29-41, 2016.
- MENEZES, N. L.; FRANZIN, S. M.; ROVERSI, T.; NUNES, E. P. Germinação de sementes de *Salvia splendens* Sellow em diferentes temperaturas e qualidade de luz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 32-37, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222004000100005>
- NASCIMENTO, W. M.; ANDRADE, K. P.; FREITAS, R. A.; SILVA, G. O.; BOIUTEX, L. Germinação de sementes de tomateiro em diferentes temperaturas: variabilidade fenotípica e heterose. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 216-222, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160000200011>
- NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J. Germinação de sementes de alface sob altas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 103-106, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362002000100020>
- NOMURA, E. C. O.; RODRIGUES, M. R. A.; SILVA, C. F.; HAMM, L. A.; NASCIMENTO, A. M.; SOUZA, L. M.; CIPRIANI, T. R.; BAGGIO, C. H.; WERNER, M. F. P. Antinociceptive effects of ethanolic extract from the flowers of *Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen in mice. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 150, n. 2, p. 583-589, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2013.09.007>
- OLIVEIRA, A. K. M.; BARBOSA, L. A. Efeitos da temperatura na germinação de sementes e formação de plântulas de *Cedrela fissilis*. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 441-450, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rev.v44i3.33260>
- OLIVEIRA, M. A. S.; INNECCO, R. Produção de biomassa de inflorescência em função de espaçamento e adubação orgânica com jambu (*Acmella oleracea* – Asteraceae). **Essentia**, v. 16, n. esp., p. 1-11, 2015.
- PEREIRA, R. S.; PEREIRA, R. S.; MUNIZ, M. F. B.; NASCIMENTO, W. M. Aspectos relacionados à qualidade de sementes de coentro. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 703-706, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362005000300002>
- PINTO JUNIOR, A. S.; STEINER, F.; SCHMIDT, M. A. H.; DRANSKI, J. A.; RHEINHEIMER, A. R.; ZOZ, T.; ECHER, M. M.; GUIMARÃES, V. F. Germinação de sementes de almeirão sob temperaturas adversas. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 1232-1238, 2009.
- SAMPAIO, I. M. G.; GUIMARÃES, M. A.; LIMA NETO, H. S.; MAIA, C. L.; VIANA, C. S.; GUSMÃO, S. A. L. Recipientes e densidades de semeadura combinadas com o tempo na produção de mudas de jambu. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62, p. 1-10, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2019.2996>
- SAMPAIO, I. M. G.; GUIMARÃES, M. A.; LIMA NETO, H. S.; MAIA, C. L.; VIANA, C. S.; GUSMÃO, S. A. L. Pode o uso de mudas agrupadas e a maior densidade de plantio aumentar a produtividade de jambu? **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, p. 1-8, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2906>
- SOARES, P. A. M.; DAVID, A. M. S. S.; BERNADINHO, D. L. M. P.; QUINTINO, R. A.; LACERDA, J. P. N.; SILVA, F. G. Germination and vigor of lettuce seeds under different temperatures. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 92, n. 3, p. 271-280, 2017.
- STEINER, F.; PINTO JUNIOR, A. S.; DRANSKI, J. A. L.; ZOZ, T.; RHEINHEIMER, RHEINHEIMER, A. R. Germinação de sementes de rúcula sob diferentes temperaturas. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 2, p. 119-124, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rca.v11i2.16456>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.
- WU, L. C.; FAN, N. C.; LIN, M. H.; CHU, I. R.; HUANG, S. J.; HU, C. Y.; HAN, S. Y. Anti-inflammatory Effect of Spilanthal from *Spilanthes acmella* on murine macrophage by down-regulating LPS-induced inflammatory mediators. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 7, p. 2341-2349, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf073057e>
- ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E. V.; CARVALHO, M. L. M.; OLIVEIRA, N. T.; BRUZI, A. T.; SOARES, I. O.; LIMA, J. G.; SANTOS, H. O. Quality of pelleted and bare lettuce seeds at different temperatures. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 3, p. 338-342, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.17.11.03.pne352>