

RESISTÊNCIA À GEADA E CRESCIMENTO INICIAL DE *Toona ciliata* EM CULTIVOS CONSORCIADOS COM *Eucalyptus grandis* EM DIFERENTES ADUBAÇÕES

FROST RESISTANCE AND INITIAL GROWTH OF *Toona ciliata* IN CROPS INTERCROPPED WITH *Eucalyptus grandis* IN DIFFERENT FERTILIZATION

Clovis Orlando Da Ros¹ Edison Rogerio Perrando² Gizelli Moiano de Paula¹ Lucindo Somavilla³
Daylien Mayane Sossmeier Albring Predige⁴ Kauana Engel⁴ Rodrigo Ferreira da Silva¹

RESUMO

A restrição nutricional e a ocorrência de geadas no sul do Brasil frequentemente afetam o crescimento de cultivos florestais. Com o objetivo de quantificar o crescimento inicial e a resistência à geada das plantas de *Toona ciliata* em cultivos consorciados com *Eucalyptus grandis*, com diferentes adubações, foi conduzido um experimento na UFSM, campus de Frederico Westphalen. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições, no arranjo fatorial 2 x 2 x 3: duas espécies florestais (*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Toona ciliata* M. Roem var. *australis*), dois tipos de cultivos (solteiro e consorciado) e três tipos de adubação (NPK, NPK + Si e NP de liberação lenta + K + bioestimulante). O crescimento em altura das plantas foi mensurado em datas diferenciadas até 346 dias após o plantio. No final deste período foi quantificado o diâmetro a altura do peito e a massa seca da parte aérea. A avaliação do nível de danos às plantas e o grau de resistência à geada foi feito com atribuição de notas com base nas plantas inteiras e nas copas das plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativa ($p \leq 0,05$), procedeu-se a comparação das médias dos tratamentos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As duas espécies florestais foram tolerantes à geada, mas com maior dano na área foliar nas plantas de *Toona ciliata* em relação a *Eucalyptus grandis*. O cultivo de *Toona ciliata* sob proteção de *Eucalyptus grandis* não diminuiu os danos da geada no primeiro ano de implantação no campo. O uso de fertilizante de liberação lenta, de Si e de bioestimulante não contribuíram para aumentar o crescimento e a resistência à geada das plantas das duas espécies florestais.

Palavras-chave: cedro-australiano; eucalipto; silício; bioestimulante.

ABSTRACT

Nutritional restriction and the occurrence of frost in southern Brazil often affects the growth of forest

- 1 Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais, Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen, Linha 7 de Setembro, BR 386 Km 40, Caixa Postal 54, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS), Brasil. clovisdaros@gmail.com / gizellidepaula@gmail.com / rofesil@bol.com.br
- 2 Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen, Linha 7 de Setembro, BR 386 Km 40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS), Brasil. edison.perrando@ufsm.br
- 3 Engenheiro Agrônomo, MSc., Técnico de Laboratório, Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen, Linha 7 de Setembro, BR 386 Km 40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS), Brasil. lucindosomavilla@hotmail.com
- 4 Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen, Linha 7 de Setembro, BR 386 Km 40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS), Brasil. mayane.daylien@hotmail.com / kauanaeg@gmail.com

Recebido para publicação em 17/06/2015 e aceito em 30/10/2016

stands. In order to quantify the initial growth and resistance to frost of *Toonna ciliata* plants, in crops intercropped with *Eucalyptus grandis* in different fertilization, an experiment was conducted at UFSM, campus Frederico Westphalen, Brazil. The experimental design was a randomized block design with three replications, in factorial 2 x 2 x 3: two forest species (*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden and *Toona ciliata* M. Roem var. australis), two types of stands (single and intercropped) and three types of fertilizer (NPK, NPK + Si and NP slow-release + K + biostimulant). The growth of plant height was measured at different dates, up to 346 days after planting. At the end of this period, it was quantified the diameter at breast height and dry mass of shoots. The assessment of the level of damage to the plants and the degree of resistance to frost was with grading based on the entire plant and tree canopy. The data were submitted to variance analysis and when significant ($p \leq 0.05$), we proceeded to compare the treatment by means of Tukey test ($p \leq 0.05$). The two forest species were tolerant to frost, but with greater damage to the leaf area in plants *Toona ciliata* against the *Eucalyptus grandis*. The cultivation *Toona ciliata* under protection the *Eucalyptus grandis* has not diminished the damage to frost in the first year of field deployment. The use of slow-release fertilizer, Si and biostimulant did not contribute to increasing growth and resistance to frost the plants of the two forest species.

Keywords: Australian cedar; eucalyptus; silicon; biostimulant.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de geada na região sul do Brasil se dá em função da localização geográfica e das condições meteorológicas em determinadas épocas do ano. No Rio Grande do Sul e na região fisiográfica do Alto Uruguai, o tipo de geada mais comum é a radiativa, a qual ocorre em noites límpidas ou apenas parcialmente nubladas, com ventos calmos e com presença de um sistema de alta pressão, o anticiclone. Esse sistema causa um resfriamento intenso, no qual a superfície atinge a temperatura do ponto de orvalho permitindo que a pequena concentração de umidade do ar adjacente à superfície se condense e congele (geada branca). Quando não há vapor d'água não ocorre condensação e congelamento, resultando na formação da geada negra, sendo que neste caso o resfriamento é mais intenso (PEREIRA et al., 2001).

A geada é toda temperatura baixa suficiente e capaz de causar dano aos tecidos vegetais, e esse dano depende da intensidade e duração das baixas temperaturas, da resistência da espécie e, principalmente, da fase do ciclo de desenvolvimento da planta. É comum que o número de dias com geadas de alta intensidade seja no inverno, porém, as geadas que ocorrem no outono e na primavera são as que causam maiores danos às espécies vegetais (PEREIRA et al., 2001). Os danos causados pela geada podem ser diretos, como a morte das plantas, e indiretos, que são os mais frequentes, em que restringem o potencial de crescimento das plantas e contribuem para a suscetibilidade à infecção por patógeno, além de inviabilizar a formação de cultivos florestais, como exemplo, as espécies do gênero *Eucalyptus* (HIGA et al., 1994).

O gênero *Eucalyptus* ocupa no sul do Brasil a segunda maior área de cultivos florestais do país, em razão do rápido crescimento, alta flexibilidade às condições edafoclimáticas e alta produtividade de madeira. Entretanto, outra espécie florestal que vem se mostrando eficiente nas condições de clima do Brasil é o cedro-australiano (*Toona ciliata*), pertencente à família Meliaceae, originária das regiões tropicais da Austrália, que está sendo cultivado principalmente no estado da Bahia e em toda a região sudeste (PINHEIRO; LANI; COUTO, 2003). É uma espécie promissora para plantações comerciais pelo rápido crescimento (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005) e boa qualidade da madeira, que é similar aos cedros nativos (*Cedrela fissilis* e *Cedrela odorata*) da Mata Atlântica brasileira (LORENZI et al., 2003). No entanto, é uma espécie que na fase juvenil é tolerante somente a geadas leves e de curta duração, pois sobrevive somente à temperatura mínima absoluta pouco abaixo de 0°C (MURAKAMI, 2008), comprometendo o cultivo comercial em locais de geadas de média a alta intensidade.

A alternativa usada para o cultivo de espécies que são suscetíveis ao frio é a proteção das mesmas pela cobertura de outras espécies florestais, pois auxilia na redução dos extremos de temperatura do ar e do solo, redução da velocidade dos ventos e dos danos das geadas (DAMATTA; RENA, 2002). Em cultivo de café (*Coffea arabica* L.), Leal (2004) encontrou aumento da temperatura em 1,4 a 3,0°C nas horas mais frias do dia em sistemas de proteção com diferentes espécies florestais. Segundo Dordel e Simard (2009), o cedro-australiano é uma espécie que exige proteção contra a geada nos seus primeiros anos de crescimento.

Estes autores relataram ainda que o cultivo desta espécie em consorciação, principalmente com eucalipto, proporciona um maior crescimento em altura e maior índice de sobrevivência das plantas ocasionado pelas geadas.

A adequação da adubação para aumentar o crescimento e o uso do silício (Si) e de bioestimulante para aumentar a resistência ao frio são também alternativas que podem diminuir os danos das geadas em cultivos florestais. O cedro-australiano é uma espécie exigente em nutrientes e não tolera solos ácidos (VILELA; STEHLING, 2012), sendo o nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre os nutrientes que afetam com maior intensidade o crescimento de mudas em casa de vegetação (MORETTI et al., 2011). Em plantios comerciais é necessário maior conhecimento sobre sua exigência nutricional e do uso de fertilizantes de liberação lenta para potencializar o seu crescimento logo após a implantação a campo, pois, segundo Dobner Junior (2008), quanto maior a altura menor será a probabilidade de danos das geadas.

O Si, apesar de não ser um nutriente, é usado para aumentar o crescimento, a produtividade e a resistência das plantas às geadas, pois o elemento pode atuar de forma indireta sobre alguns aspectos fotossintéticos e bioquímicos das plantas quando estão submetidas a algum tipo de estresse (SAVANT et al., 1999; ABDALLA, 2011). O Si deixa as folhas mais rígidas, formando uma barreira física devido à acumulação na epiderme das folhas, principalmente nas plantas de gramíneas (KORNDÖRFER et al., 1999), devido à alta acumulação na parte aérea (MELO et al., 2003). Nas espécies florestais, os resultados com o uso de Si mostram que o eucalipto não é acumulador do elemento na parte aérea (CARVALHO et al., 2003) e que não proporciona aumento de crescimento de mudas (BOGNOLA et al., 2011), mas reduz os danos das plantas com as geadas (SANTANA et al., 2007).

Os bioestimulantes são produtos utilizados em culturas anuais para aumentar o crescimento radicular (SANTOS et al., 2013b) e da parte aérea (ÁVILA et al., 2008). Em espécies florestais, os resultados de pesquisa são contraditórios no aumento do enraizamento e no crescimento de mudas (FERRARI et al., 2007; PIEREZAN; SCALON; PEREIRA, 2012; OLIVEIRA; CARILO; MOREIRA, 2013). Em condições de campo, Lisbão Júnior e Sturion (1982) não encontraram resposta ao uso de bioestimulante no crescimento e na resistência às geadas com bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.). Apesar disso, os resultados positivos com bioestimulantes na produção de mudas mostram a necessidade de mais estudos a campo, associado ao uso de fertilizantes de liberação lenta e de Si em plantas suscetíveis à geada sob cobertura de espécies florestais. A adequação desta prática pode ser uma alternativa para aumentar a sobrevivência de cultivos no primeiro ano de implantação a campo em locais de ocorrência de geadas de média intensidade no sul do Brasil.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi quantificar a contribuição do tipo de adubação no crescimento inicial e na resistência à geada das plantas de cedro-australiano em cultivo solteiro e em consórcio com eucalipto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen-RS, situada a 27°23'44,6"S e 53°25'30,9"O, a 472 m de altitude na região noroeste do Rio Grande do Sul, durante o período de novembro de 2013 a outubro de 2014. O clima, segundo a classificação de Köppen, é subtropical úmido com verão quente, tipo Cfa, com chuvas regulares durante o ano, com temperaturas máximas maiores ou iguais 22°C e mínimas dos meses mais frios entre -3 a 18°C, e com precipitação média anual entre 1.900 e 2.200 mm (ALVARES et al., 2013). A Figura 1 mostra os dados pluviométricos e de temperaturas médias mensais da estação automática do 8º Distrito de Meteorologia, instalada em Frederico Westphalen (27°23'44,5"S e 53°25'45,9"O), durante o período de condução do experimento, distante 420 m da área experimental.

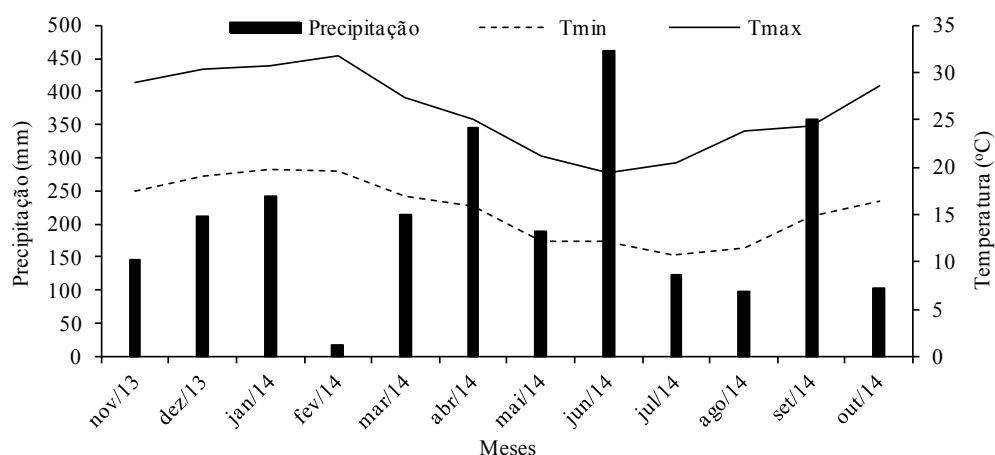


FIGURA 1: Médias mensais da precipitação pluviométrica, temperaturas mínimas (Tmin) e máximas (Tmax) no período de novembro de 2013 a outubro de 2014. Fonte: Estação Climatológica de Frederico Westphalen-RS, Brasil.

FIGURE 1: Monthly averages of rainfall, minimum temperatures (Tmin) and maximum (Tmax) from November 2013 to October 2014.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (SANTOS et al., 2013a), com os seguintes atributos na camada de 0-20 cm: 720 g.kg⁻¹ de argila; pH em água de 6,1; 4,5 mg.dm⁻³ de P; 185 mg.dm⁻³ de K⁺; 6,5 cmol_c.dm⁻³ de Ca²⁺; 3,6 cmol_c.dm⁻³ de Mg²⁺; 7,4 mg.dm⁻³ de S; 14,4 mg.dm⁻³ de Cu; 2,1 mg.dm⁻³ de Zn e 2,6 g.kg⁻¹ de matéria orgânica, determinados com base na metodologia de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo, descrita em Silva (2009).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições, no arranjo fatorial 2 x 2 x 3: duas espécies florestais (eucalipto e cedro-australiano), dois tipos de cultivos (solteiro e consorciado) e três tipos de adubações (NPK, NPK + Si e N₁P₁K + bioestimulante). As espécies florestais foram o *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (eucalipto) e *Toona ciliata* M. Roem var. *australis* (cedro-australiano). Foi utilizado o *Eucalyptus grandis* devido ao rápido crescimento inicial com o objetivo de formação de um dossel (copa) protetor aos efeitos da geada quando consorciado com o cedro-australiano, apesar de apresentar menos resistência à geada em comparação com outras espécies de eucalipto.

As mudas das espécies florestais, produzidas no Viveiro Florestal do *campus* Universitário de Frederico Westphalen, foram plantadas manualmente a campo no dia 08 de novembro de 2013, no espaçamento de 1 x 1 m. As parcelas foram constituídas de 25 m² (5 x 5 m) de área total e 9 m² (3 x 3 m) de área útil. Nos cultivos solteiros foram utilizadas, por parcela, 25 plantas de eucalipto ou 25 plantas de cedro-australiano. Nos cultivos consorciados foram utilizadas 12 plantas de eucalipto e 13 plantas de cedro-australiano, implantadas de forma alternadas. A área útil, nos cultivos solteiros, foi composta de 9 plantas de eucalipto ou 9 plantas de cedro-australiano. Nos cultivos consorciados foram 4 plantas de eucalipto e 5 plantas de cedro-australiano.

As adubações foram com fertilizantes nitrogenados e fosfatados convencionais (NP) e de liberação lenta (N₁P₁). Os fertilizantes convencionais foram a ureia e o superfosfato triplo como fonte de N e P, respectivamente, e os fertilizantes de liberação lenta foram o formulado TOP-PHOS® (07-24-00), como fontes de N e P, e o Sulfammo® (22-00-00), como fonte de N. A fonte de Si foi o cimento (CP II-Z32-Pozolânico) que contém em média 22% de SiO₂; 62% de CaO e 3% de MgO. O bioestimulante usado foi o Fertiactyl® GZ da Timac Agro (12-00-05), composto por humato de potássio e fontes naturais de aminoácidos, ácidos húmicos e fúlvicos, recomendado para aplicação com jato dirigido nas mudas ou aplicação foliar em plantas jovens com o objetivo de aumentar a resistência ao estresse e aumentar o crescimento radicular. A fonte de K, utilizada em todos os tratamentos, foi o cloreto de potássio.

As doses de nutrientes foram de 20 kg.ha⁻¹ de N e 70 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, aplicados no fundo da cova e misturado com o solo, imediatamente antes do plantio das mudas, e de 45 kg.ha⁻¹ de K₂O aplicados na superfície do solo, na projeção da copa das mudas, imediatamente após o plantio. Em cobertura, aos 65 dias após o plantio, foram aplicados, na projeção da copa das plantas, sem incorporação ao solo, mais

25 kg.ha⁻¹ N, na forma de ureia nos tratamentos com NPK e NPK + Si, e na forma de Sulfammo no tratamento com N₁P₁K. Nos tratamentos com Si foram aplicados 150 g.cova⁻¹ do produto comercial (CP II-Z32 Pozolânico), junto com os demais fertilizantes na cova de plantio. A aplicação foliar do biofertilizante, na forma de jato dirigido, foi imediatamente antes do plantio das mudas e aos 65 e 190 dias após o plantio, na dose equivalente a 1,5 L.ha⁻¹ do produto comercial diluídos em 150 L.ha⁻¹ de água.

O controle de formigas foi realizado com o uso de iscas granuladas distribuídas dentro e nas proximidades da área experimental. O controle das plantas invasoras foi realizado com duas aplicações de herbicida (Verdict®) e através de capinas periódicas quando necessário.

O crescimento das plantas em altura foi mensurado aos 69, 89, 126, 169, 237, 297 e 346 dias do plantio. As medidas foram com régua graduada até 169 dias após o plantio e, posteriormente, com hipsômetro digital Vertex®. Aos 346 dias do plantio foi mensurado o Diâmetro a Altura do Peito (DAP) com régua dendrométrica a 1,30 m do solo e a Massa Seca (MS) da parte aérea, determinada após o corte das plantas e a separação do caule e ramos + folhas. A MS foi determinada após a secagem em estufa a 65°C de subamostras, até massa constante. Os parâmetros avaliados foram quantificados individualmente por planta e calculada a média de cada tratamento com base no número de plantas da área útil de cada parcela.

Aos 237 dias após o plantio das mudas a campo foram coletadas folhas maduras do terço superior das plantas da área útil de cada parcela, formando uma amostra composta para análise foliar. As amostras foram secas em estufa, a 65°C, até massa constante. No material seco e moído foram quantificados os teores de N, P e K, após digestão úmida com ácido sulfúrico concentrado. O N foi quantificado por destilação de arraste (semimicro Kjeldahl), o P por espectrofotometria e o K por fotometria de chama, conforme metodologias para análise química de tecido vegetal, descritas em Silva (2009).

A resistência à geada das plantas foi avaliada por meio da quantificação do nível de danos às plantas com atribuição de notas de 0 a 4, conforme a metodologia utilizada por Higa et al. (2000) e Caron et al. (2011) (Tabela 1). As notas foram atribuídas para os danos às folhas e ao caule da planta inteira e da copa das plantas (equivalente a 1/5 da altura das plantas). O nível de danos foi quantificado nas folhas e no caule, respectivamente aos sete e aos 54 dias depois da última geada que ocorreu em 27/08/2014. Nas folhas, as notas foram atribuídas por meio de avaliação visual e posteriormente calculado o Percentual de Dano (PD) com base na Nota (N) atribuída em cada parcela, conforme a equação: PD (%) = 100 - (N x 25). No caule a nota foi atribuída por meio do PD calculado com base na altura antes (HA) e depois (HD) da ocorrência da geada, com a seguinte equação: PD (%) = (100 - (HD x 100/HA)). O Percentual de Sobrevivência (PS) das plantas, quantificado aos 72 dias da última geada, foi calculado com base no Número de Plantas Vivas Antes (NPVA) e Depois (NPVD) da ocorrência de geada pela equação: PS (%) = (NPVA x 100)/NPVD.

TABELA 1: Notas, nível de dano e grau de resistência à geada nas folhas e no caule das plantas.

TABLE 1: Notes, damage level and degree of resistance to frost on the leaves and stems of plants.

Parte da planta danificada	Notas	Nível de dano (%)	Grau de resistência
Folhas	4	0 (sem dano visual)	Resistente
	3	01-25	Tolerante
	2	26-50	Tolerante
	1	51-75	Tolerante
	0	76-100	Tolerante
Caule	4	0 (sem dano visual)	Tolerante
	3	01-25	Tolerante
	2	26-50	Mediamente tolerante
	1	51-75	Sensível
	0	76-100	Muito sensível

Fonte: Adaptado de Higa et al. (2000) e Caron et al. (2011).

Os dados de cada época de avaliação foram submetidos à análise de variância e, quando significativa ($p \leq 0,05$), procedeu-se com a comparação das médias dos tratamentos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Antes da análise foi testada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk e, quando não atendida a pressuposição da análise da variância, foram transformados em raiz quadrada + 0,5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento das espécies florestais

A análise de variância da altura, DAP, MS e teores foliares de nutrientes das plantas não mostrou interação tripla significativa entre as espécies florestais, cultivos e adubação (Tabela 2). Somente houve interação dupla significativa entre as espécies florestais e cultivos para o DAP. Na análise dos efeitos principais houve significância somente para as espécies florestais em todos os parâmetros avaliados.

TABELA 2: Probabilidade do teste F da análise da variância da interação e dos efeitos principais das espécies florestais (E), cultivos (C) e adubações (A) e o coeficiente de variação (CV) para a altura, diâmetro a altura do peito (DAP), massa seca (MS) e teores foliares de nutrientes.

TABLE 2: Test F probability analysis of variance of interaction and main effects of forest species (E), crops (C) and fertilizers (A) and the coefficient of variation (CV) for the height, diameter at breast height (DAP), dry matter (MS) and foliar of nutrients.

Parâmetro avaliado	Dias do plantio	Interação				Efeitos principais			CV (%)
		ExCxA	ExA	ExC	AxC	E	C	A	
Altura	69	0,6441	0,1565	0,3135	0,4870	0,0000*	0,6342	0,2515	13,3
Altura	89	0,9970	0,0360	0,0784	0,8485	0,0069*	0,9849	0,3999	11,0
Altura	126	0,5851	0,4076	0,4029	0,9017	0,0179*	0,5486	0,1711	9,8
Altura	169	0,5457	0,4171	0,7083	0,7187	0,0000*	0,7083	0,0967	6,1
Altura	237	0,5439	0,4900	0,7252	0,6827	0,0000*	0,4838	0,2709	6,9
Altura	297	0,3452	0,3678	0,6578	0,9456	0,0000*	0,2045	0,1035	8,4
Altura	346	0,0844	0,7900	0,7619	0,0904	0,0000*	0,5149	0,0815	8,1
DAP	346	0,0643	0,0612	0,0192*	0,1963	0,0000*	0,3712	0,2486	6,5
MS _{folhas+galhos} (A)	346	0,9985	0,0651	0,8890	0,9985	0,0000*	0,8890	0,0619	36,1
MS _{caule} (B)	346	0,9979	0,4982	0,8706	0,9979	0,0000*	0,8706	0,4586	44,9
MS _{total} (A+B)	346	0,9982	0,1716	0,8791	0,9982	0,0000*	0,8791	0,1606	38,9
Relação A/B	346	0,9990	0,0889	0,9975	0,9989	0,0000*	0,9914	0,0898	14,2
Teor de N	237	0,2939	0,7312	0,2785	0,0808	0,0001*	0,2892	0,5164	6,6
Teor de P	237	0,8821	0,5562	0,7259	0,1921	0,0000*	0,3481	0,8347	7,9
Teor de K	237	0,6691	0,9855	0,9975	0,4129	0,0000*	0,6030	0,6391	12,9

Em que: *Teste F significativo a 5% de probabilidade de erro ($p \leq 0,05$).

A ausência de resposta da adubação utilizada nas duas espécies florestais mostrou que não houve vantagem do uso de fertilizantes de liberação lenta aplicado na cova de plantio (07-24-00) e em cobertura (22-00-00) em comparação com o uso do fertilizante convencional, e nem do Si na cova de plantio e da aplicação foliar do bioestimulante, independentemente do sistema de cultivo. Observa-se na Tabela 3 que os teores foliares de N, P e K para o eucalipto, independentemente do sistema de cultivo, estão dentro da faixa adequada (DELL et al., 2001) e, provavelmente, os teores foliares do cedro-australiano também devem estar devido à ausência de resposta à adubação. No cedro-australiano, as concentrações foliares de N, P e K foram superiores em 1,1, 1,8 e 2,2 vezes, respectivamente, em relação ao eucalipto, indicando que mesmo possui maior exigência nutricional na fase inicial de crescimento.

Em culturas anuais, os trabalhos de Silva et al. (2011) e Bono et al. (2011) mostraram aumento da produtividade com o uso de fertilizante de liberação lenta, principalmente para a adubação nitrogenada de cobertura. Nas espécies florestais, em função do maior período vegetativo, o uso deste fertilizante poderia aumentar a probabilidade de resposta no crescimento das plantas, mas não ocorreu no presente estudo a campo. Na produção de mudas de eucalipto, o uso de fertilizante de liberação lenta é vantajoso em relação ao convencional, pois possibilita melhores padrões de qualidade (ROSSA et al., 2015), maior altura e massa seca da parte aérea (MUNIZ et al., 2013). Em cultivo a campo, os estudos com estes fertilizantes ainda são incipientes e carecem de maiores estudos para comprovar a sua eficácia, principalmente para o

cedro-australiano que é uma espécie promissora para produção de madeira de qualidade nas condições de clima do Brasil.

TABELA 3: Teores foliares de nutrientes e massa seca das plantas de cedro-australiano e eucalipto. Média das três adubações e dos dois sistemas de cultivos.

TABLE 3: Growth parameters, leaf nutrient content and frost damage to plants Australian cedar and eucalypts. Average of the three fertilizations and two settlements systems.

Espécie florestal	Teores foliares (g.kg ⁻¹) ⁽¹⁾			Massa seca (kg.planta ⁻¹) ⁽²⁾			
	N	P	K	Folhas + ramos (A)	Caule (B)	Total (A + B)	Relação A/B
Cedro-australiano	26,26 a ⁽³⁾	2,28 a	16,18 a	0,62 b	0,56 b	1,18 b	1,10 b
Eucalipto	23,62 b	1,28 b	7,40 b	2,38 a	1,30 a	3,69 a	1,89 a

Em que: ⁽¹⁾Quantificado aos 237 dias do plantio. ⁽²⁾Quantificada aos 346 dias do plantio. ⁽³⁾Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p \leq 0,05$).

Com relação ao uso de bioestimulante, trabalhos de Klahold et al. (2006) e Santos et al. (2013b) mostram aumento do crescimento e produtividade com aplicação via adubação foliar em culturas anuais. Em espécies florestais, os resultados de pesquisa de Ferrari et al. (2007), Pierezan, Scalon e Pereira (2012) e Oliveira, Carielo e Moreira (2013) são contraditórios no aumento do enraizamento e no crescimento de mudas. Em condições de campo, são necessários mais estudos para verificar se há resposta no crescimento da parte aérea de eucalipto e cedro-australiano com aplicações foliares de biofertilizante, pois Lisbão Júnior e Sturion (1982) não encontraram resposta com bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.). No caso do Si, nem sempre ocorre aumento de crescimento, como relatado por Bognola et al. (2011) em cultivos de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos, e também por Duarte e Coelho (2011) em solução nutritiva com clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, apesar das plantas aumentarem a absorção do elemento (CARVALHO et al., 2003).

Entre as espécies florestais, observa-se que a MS dos ramos + folhas e do caule foi, respectivamente, 3,8 e 2,3 vezes maior no eucalipto em relação ao cedro-australiano (Tabela 3). Em plantações de eucaliptos com diferentes idades, Wink et al. (2012) encontraram relação entre MS das folhas e a área foliar com a altura das plantas e o DAP, embora para Monteiro et al. (2005) esta relação é dependente do número e do tamanho das folhas de cada espécie, das condições edafoclimáticas e da densidade populacional. Para o cedro-australiano, a relação entre MS das folhas + ramos e MS do caule foi menor em relação ao eucalipto, indicando que a área foliar da espécie apresenta alta eficiência em transformar os fotoassimilados das folhas para o caule.

O DAP apresentou interação significativa entre as espécies florestais e os tipos de cultivos (Tabela 4). No sistema consorciado, o DAP para o eucalipto foi maior em relação ao solteiro, indicando que houve menor competição das plantas de eucalipto no cultivo consorciado devido ao menor crescimento em altura do cedro-australiano. Destaca-se que o espaçamento utilizado foi de 1 x 1 m, com o objetivo de aumentar a proteção das plantas do cedro-australiano diante de prováveis geadas no final do outono e no inverno pelo sombreamento do eucalipto no primeiro ano de cultivo. Posteriormente, as plantas de eucalipto devem ser retiradas para não comprometer o crescimento do cedro-australiano.

Viera, Schumacher e Liberalesso (2011) destacam que a utilização de consórcios pode ser vantajosa, pois o silvicultor poderá obter produtos múltiplos, devido ao sortimento proporcionado pela presença de duas espécies florestais. A associação destas espécies com sistemas silvipastoris ou agrossilviculturais também é outra opção para aumentar o aproveitamento da área de cultivo (PAIVA et al., 2007). Isto mostra a necessidade de futuros trabalhos por um período de tempo maior e com diferentes espaçamentos, pois não existem informações com o cultivo de consórcios de cedro-australiano nas condições edafoclimáticas do sul do Brasil.

TABELA 4: Diâmetro a altura do peito aos 346 dias do plantio do cedro-australiano e eucalipto. Média das três adubações.

TABLE 4: Diameter at breast height to 346 days from planting Australian cedar and eucalypts.

Sistema de cultivo	Cedro-australiano	Eucalipto
	----- % -----	
Solteiro	52,8 aB ⁽¹⁾	2,9 aA
Consoiciado	70,5 bB	2,4 aA

Em que: ⁽¹⁾Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O crescimento das plantas avaliado pela altura mostrou diferença entre as espécies florestais (Figura 2). Aos 346 dias após o plantio no campo, a altura média das plantas de eucalipto e cedro-australiano foi de 4,4 e 3,3 m, respectivamente, destacando um rápido crescimento inicial, com incremento médio de 38,3 cm mês⁻¹ no eucalipto e 29,0 cm mês⁻¹ no cedro-australiano. Observa-se que a diferença entre as duas espécies florestais aumentou gradativamente, principalmente nas duas últimas avaliações. Provavelmente, esta maior diferença está relacionada à diminuição da temperatura nos meses de maio a agosto, afetando com maior intensidade o crescimento do cedro-australiano, pois, segundo Ricken et al. (2011), a temperatura ótima para o crescimento desta espécie é de 20 a 26°C.

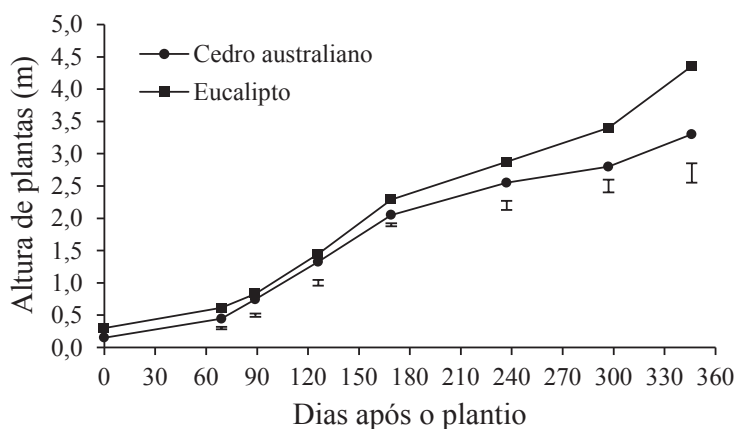


FIGURA 2: Crescimento médio inicial em altura de cedro-australiano e eucalipto em Frederico Westphalen, 2014. Médias dos três tipos de adubações e dos dois sistemas de cultivos. As barras verticais indicam a diferença mínima significativa (Tukey $\leq 0,05$).

FIGURE 2: Initial average height growth of Australian cedar and eucalyptus in Frederico Westphalen, 2014.

Resistência à geada das espécies florestais

As temperaturas mínimas diárias ocorreram com maior frequência nos meses de junho, julho e agosto, com médias mensais menores em relação aos demais meses do ano. Na Figura 3 estão especificadas para estes três meses as temperaturas mínimas diárias da estação automática de Frederico Westphalen e as temperaturas mínimas de relva obtida na área experimental nos dias de ocorrência de geadas. Nestes três meses ocorreram seis geadas: nos dias 3 e 19 de junho, 1 e 26 de julho, e 14 e 27 de agosto. Nestas datas, as temperaturas mínimas obtidas na estação automática foram, respectivamente, de 3,0; 3,4; 2,6; 2,1; 1,8 e 1,1°C, e as temperaturas de relva na área experimental de -0,5; -0,2; -0,7; -1,2; -3,3 e -1,8°C. Observa-se que as temperaturas de relva foram em média 3,6°C menores do que a temperatura medida na estação, semelhante às diferenças obtidas no trabalho de Silva e Sentelhas (2001), que foi de 3,3°C.

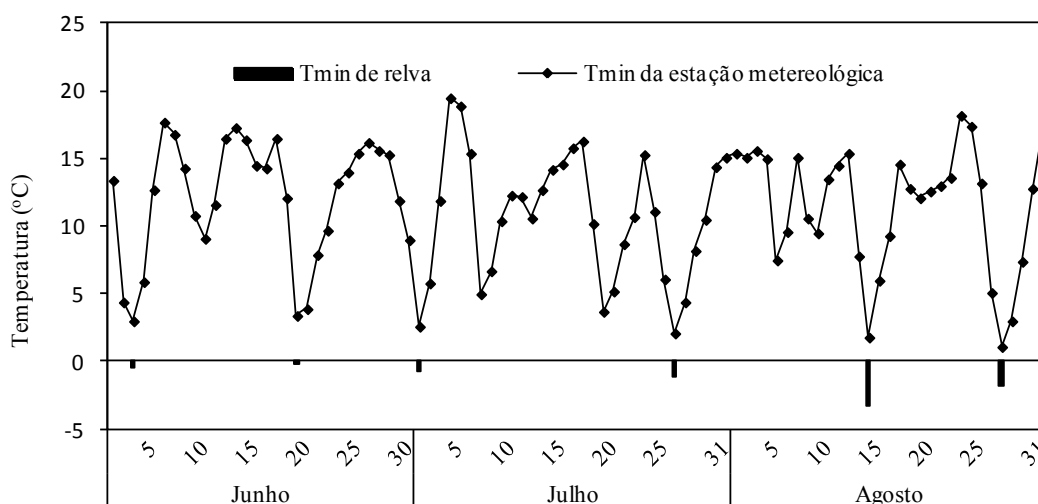


FIGURA 3: Temperaturas mínimas (Tmin) da estação automática de Frederico Westphalen e temperaturas mínimas de relva da área experimental nos dias de ocorrência de geadas nos meses de junho, julho e agosto de 2014.

FIGURE 3: Minimum temperatures of automatic station of Frederico Westphalen and minimum temperatures of grass experimental area in the days of frosts in June, July and August 2014.

Os danos às plantas ocorreram somente com a geada do dia 27 de agosto (9,6 meses do plantio), com temperatura de relva de $-1,8^{\circ}\text{C}$. A análise de variância do percentual de plantas danificadas e do percentual de dano nas folhas da copa e na planta inteira após a ocorrência da geada não mostrou interação tripla significativa entre as espécies florestais, cultivos e adubação (Tabela 5). Somente houve interação dupla significativa entre as espécies florestais e cultivos para o percentual de dano da geada nas folhas da copa das plantas. Na análise dos efeitos principais houve significância nos parâmetros avaliados somente para as espécies florestais.

TABELA 5: Probabilidade do teste F da análise da variância da interação e dos efeitos principais das espécies florestais (E), cultivos (C) e adubações (A) e o Coeficiente de Variação (CV) para o Percentual de Plantas Danificadas (PPD) e o Percentual de Dano (PD) da geada nas folhas da copa e da planta inteira.

TABLE 5: Test F probability analysis of variance of interaction and main effects of forest species (E), crops (C) and fertilizers (A) and the Coefficient of Variation (CV) for Damaged Plants Percentage (PPD) and the Percentage Damage (PD) to frost on the leaves of the canopy and the whole plant.

Parâmetro avaliado	Interação				Efeitos principais			CV (%)
	ExCxA	ExA	ExC	AxC	E	C	A	
PPD	0,7725	0,4822	0,6582	0,2877	0,0000*	0,3955	0,4881	7,2
PD na copa	0,1885	0,3862	0,0429*	0,1885	0,0000*	0,0428	0,3862	9,1
PD na planta inteira	0,2235	0,2245	0,5526	0,3988	0,0000*	0,2261	0,2252	13,1

Em que: ⁽¹⁾ Teste F significativo a 5% de probabilidade de erro.

O percentual de plantas com danos, avaliado sete dias da ocorrência da geada, foi de 8,3% no eucalipto e 78,8% no cedro-australiano (Tabela 6). A menor altura de plantas do cedro-australiano pode tê-lo deixado mais suscetível aos danos, pois ficaram mais expostas ao frio, já que as temperaturas mais baixas ocorrem ao nível do solo e afetam com maior intensidade as plantas mais baixas (HIGA et al., 1997; DOBNER JUNIOR, 2008). No entanto, Vieira, Feistauer e Silva (2003) destacaram que a diferença da capacidade de tolerância das plantas à geada pode estar associada às diferenças fisiológicas, morfológicas e genéticas existentes entre as espécies e até dentro de uma mesma espécie.

Os danos da geada ocorreram somente nas folhas e houve diferença entre as espécies, com 13,2 e 0,9% de dano na área foliar da planta inteira no eucalipto e no cedro-australiano, respectivamente (Tabela 6). Com base no nível de dano da Tabela 1, as duas espécies florestais foram tolerantes à geada, pois não houve danos ao caule das plantas. São consideradas plantas tolerantes à geada quando o percentual de dano ao caule não ultrapassa a 25% (Tabela 1). Com cultivos de *Eucalyptus grandis* de 11 meses de idade, Caron et al. (2011) verificaram que mais de 93% das plantas apresentaram menos de 25% da área foliar danificada. Os autores destacaram que os danos foram concentrados nas folhas e que houve 100% de sobrevivência das plantas com ocorrência de duas geadas no mês de junho e cinco no mês de julho de 2009, com temperaturas no abrigo meteorológico de -2,7 a 7,8°C. Observa-se que no trabalho de Caron et al. (2011) houveram danos aos ramos das plantas, o que provavelmente está relacionado às menores temperaturas em relação a do presente estudo. Pereira et al. (2001) destacam que os maiores danos provocados pela geada ocorrem com maior frequência nos meses de outono, período em que as plantas se encontram ainda em atividade vegetativa, em relação ao repouso invernal com pouca atividade vegetativa.

TABELA 6: Percentual de plantas danificadas, sobrevivência de plantas e dano da geada nas plantas de cedro-australiano e eucalipto no primeiro ano de implantação a campo. Média das três adubações e dos dois sistemas de cultivos.

TABLE 6: Percentage of damaged plants, plant survival and damage to frost in Australian cedar and eucalypts plants in the first year of implementation of the field.

Parâmetro avaliado	Dias após o plantio	Cedro-australiano	Eucalipto
Plantas danificadas pela geada (%)	299	78,8 a ⁽¹⁾	8,3 b
Na área foliar da planta inteira	299	13,2 a	0,9 b
Dano da geada (%)	299	0,0	0,0
No caule da planta inteira ⁽²⁾	299	0,0	0,0
No caule da copa da planta ⁽²⁾	299	0,0	0,0
Sobrevivência de plantas (%) ⁽²⁾	346	100,0	100,0

Em que: ⁽¹⁾Médias não seguidas pela mesma letra na linha diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ⁽²⁾Não foi realizada análise estatística, pois a variância dos dados foi zero (todas as plantas apresentaram 100% de sobrevivência ou não apresentaram dano da geada).

Em anos com temperaturas mínimas mais baixas podem ocorrer danos significativos em cultivos de *Eucalyptus grandis*, como os relatados por Selle e Vuaden (2007), com a ocorrência de cinco dias de geada na primeira quinzena de julho no município de Santa Maria-RS. Mesmo nestas condições climáticas, o eucalipto é uma espécie difundida na região sul do Brasil, com alta produção de madeira. No caso do cedro-australiano, não existem informações sobre o nível de danos nas plantas provocado por geadas de alta intensidade e os dados do presente estudo mostram que a espécie é mais susceptível ao frio do que o eucalipto. Murakami (2008) destaca que na fase juvenil o cedro-australiano é tolerante somente a geadas leves e de curta duração, pois sobrevive somente à temperatura mínima absoluta pouco abaixo de 0°C. Portanto, em regiões de alta probabilidade de geadas e de alta intensidade, são necessários maiores estudos a campo antes de investir em plantações comerciais com esta espécie.

O percentual de dano da geada nas folhas da copa das plantas foi menor no eucalipto, independentemente do tipo de cultivo (Tabela 7). O cultivo interferiu no nível de dano nas plantas pela geada somente no cedro-australiano, com 52,8% de dano no cultivo solteiro e 70,5% no consorciado. No eucalipto, não houve diferença significativa entre os sistemas de cultivo, com média de 2,7% da área foliar da copa das plantas afetada pela geada. Destaca-se que o consórcio com eucalipto não contribuiu para diminuir o nível de dano sobre as plantas de cedro-australiano, contrariando a hipótese do trabalho, apesar da formação da copa protetora pela maior altura das plantas de eucalipto.

TABELA 7: Percentual de dano da geada na área foliar da copa das plantas aos 299 dias do plantio do cedro-australiano e eucalipto. Média das três adubações.

TABLE 7: Percentage of damage by frost leaf area of plant canopies to 299 days from planting Australian cedar and eucalypts.

Sistema de cultivo	Cedro-australiano	Eucalipto
	----- % -----	
Solteiro	52,8 aB ⁽¹⁾	2,9 aA
Consoiciado	70,5 bB	2,4 aA

Em que: ⁽¹⁾Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A maior tolerância à geada do cedro-australiano no cultivo solteiro pode ter relação com a maior uniformidade das plantas em comparação ao cultivo consorciado com o eucalipto. Isto pode estar atrelado à menor competição das plantas por luz, uma vez que a espécie de eucalipto apresentou maior altura de plantas. Desta maneira, diminuiu a quantidade de tecidos mais tenros que são mais sensíveis ao frio que os tecidos mais velhos (DOBNER JUNIOR, 2008). Resultados positivos na diminuição dos danos causados por geadas e aumento da resiliência das plantas afetadas com temperaturas de até -5°C foram encontrados por Dobner Junior (2008) em cultivos de *Eucalyptus dunnii*, no primeiro ano do plantio, sob cobertura remanescente de 50 árvores por hectare de *Pinus taeda* de 23 anos de idade, no município de Capão Alto, Santa Catarina. Isto mostra que o uso de plantios florestais sob cobertura, apesar de auxiliar na redução dos extremos de temperatura (DAMATTA; RENA, 2002) precisa ainda de maior detalhamento, pois depende do espaçamento e das espécies que são utilizadas.

A interferência do frio ou da geada resultou em aumento do número de brotos laterais em todas as plantas de cedro-australiano. Em média, 8,7% das plantas, independentemente do tipo de cultivo ou da adubação, apresentaram bifurcação, causada pela morte da gema apical. Apesar disso, o percentual de sobrevivência das duas espécies foi de 100% em todos os tratamentos (Tabela 6), mostrando alta capacidade de resiliência nas condições climáticas com geadas não frequentes e de baixa intensidade. Higa et al. (1994) destacam que apesar de não ocorrer a morte das plantas, os danos causados pela geada podem restringir o potencial de crescimento das plantas e contribuir para a suscetibilidade à infecção por patógeno. Em árvores de *Eucalyptus dunnii*, Higa et al. (2000) relatam que há retomada de crescimento em um único eixo principal, demonstrando alta capacidade de recuperação da espécie. No entanto, mesmo não ocorrendo bifurcação, o aumento do número de brotos laterais pode afetar a qualidade da madeira (HIGA, 1998).

A ausência de resposta da adubação à resistência das plantas à geada indica, semelhantemente ao crescimento em altura das plantas, que não houve vantagem da aplicação de fertilizante de liberação lenta, do Si e do bioestimulante. A contribuição do fertilizante no aumento da tolerância das plantas às geadas está relacionada ao aumento da altura (LISBÃO JÚNIOR; STURION, 1982; DOBNER JUNIOR, 2008), que não ocorreu no presente estudo, e na produção de carboidratos e lipídios pela adequada nutrição das plantas (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 1991). O K desempenha função importante no transporte de carboidratos para os pontos de crescimento e pode contribuir para o aumento na resistência à geada (MARSCHNER, 1995). Nas plantas do cedro-australiano observam-se maiores teores foliares de K em relação ao eucalipto, o que pode ser um indicativo da necessidade de adequar a nutrição com este nutriente, incluindo parcelamento da adubação e aplicação em cobertura, no primeiro ano de implantação, antecedendo o máximo possível a ocorrência das geadas, pois os fertilizantes de liberação lenta normalmente utilizados a campo não incluem o K.

O uso de Si com o objetivo de redução dos danos provocados pela geada, como relatado por Filgueiras (2007) e Savant et al. (1999), em cana-de-açúcar, e por Santana et al. (2007), em *Eucalyptus grandis*, não foi verificado nas duas espécies florestais do presente estudo. A aplicação de Si se mostrou inadequada provavelmente devido à pequena absorção na fase inicial de crescimento, pois as plantas de eucalipto possuem mecanismos de exclusão do elemento, ficando a maior parte retida nas raízes, não caracterizando uma planta acumuladora de Si na parte aérea (CARVALHO et al., 2003). O Si deixa as folhas mais rígidas, formando uma barreira física devido à acumulação na epiderme das folhas, principalmente nas plantas gramí-

neas (KORNDÖRFER et al., 1999), que provavelmente não ocorreu nas duas espécies florestais estudadas.

Semelhante ao Si, a aplicação de bioestimulante não aumentou a resistência das plantas à geadas nas duas espécies florestais, corroborando o trabalho de Lisbão Júnior e Sturion (1982) com bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). Estes dados contrariam a ação do Si da maneira como são relatados nos rótulos dos produtos comerciais, em que especificam como um complemento no auxílio da manutenção fisiológica em condições de estresse das plantas. Desta maneira, o principal fator que pode auxiliar na diminuição dos danos com o frio e com as geadas em cultivos jovens de espécies florestais está relacionado ao aumento do crescimento em condições de resposta à fertilização e a definição de um sistema de consórcio que não comprometa o crescimento da espécie sob cobertura.

CONCLUSÕES

As adubações com fontes nitrogenadas e fosfatadas de liberação lenta, silício e bioestimulante não aumentam o crescimento inicial e a resistência à geadas das plantas de cedro-australiano e eucalipto.

O cultivo de cedro-australiano sob proteção de eucalipto não contribui para aumentar a resistência das plantas à geadas no primeiro ano de implantação a campo.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, M. M. Beneficial effects of diatomite on growth, the biochemical contents and polymorphic DNA in *Lupinus albus* plants grown under water stress. **Agriculture and Biology Journal of North America**, Milford, v. 2, p. 207-220, 2011.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologisches Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ÁVILA, M. et al. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, p. 567- 691, 2008.
- BOGNOLA, I. A. et al. Aplicação de silicatos de cálcio e de potássio e o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p. 83-92, 2011.
- BONO, J. A. M. et al. Fonte nitrogenada de liberação lenta na cultura do milho em um Latossolo argiloso na região de Maracajú em Mato Grosso do Sul. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Valinhos, v. 15, n. 2, p. 101-110, 2011.
- BYGRAVE, F. L.; BYGRAVE, P. L. **Growing Australian red cedar and other meliaceae species in plantation**. Canberra: School of Biochemistry and Molecular Biology Faculty of Science Australian National University; Rural Industries Research and Development Corporation, 2005. 60 p.
- CARON, B. O. et al. Resistência inicial de quatro espécies arbóreas em diferentes espaçamentos após ocorrência de geadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 817-822, 2011.
- CARVALHO, R. et al. Absorção e translocação de silício em mudas de eucalipto cultivadas em Latossolo e Cambissolo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 491-500, 2003.
- DAMATTA, F. M.; RENA, A. B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. **O estado da arte de tecnologias na produção do café**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 93-135.
- DELL, B. et al. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Canberra: ACIAR, 2001. 188 p.
- DOBNER JUNIOR, D. **Efeito da cobertura de *Pinus taeda* L. na proteção contra geadas e no crescimento de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- DORDEL, J.; SIMARD, S. Nurse-tree effects on Australian Red Cedar (*Toona ciliata*): a comparison of there nurse species. In: NORTH AMERICAN FOREST ECOLOGY WORKSHOP, 6. **Proceedings...** [s. l.: s. n.], 2009.
- DUARTE, I. N.; COELHO, L. Uso do silício no cultivo de mudas de eucalipto. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-10, 2011.
- FERRARI, T. B. et al. Bioestimulante no crescimento de plântulas de maracujazeiro-doce. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl 2, p. 342-344, 2007.

- FILGUEIRAS, O. Silício na agricultura. Mineral é usado para controlar pragas, aumentar produtividade e qualidade de produtos agrícolas. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 140, p. 72-74, 2007.
- HIGA, A. R. et al. Geadas, prejuízos à atividade florestal. **Silvicultura**, São Paulo, v. 15, n. 58, p. 40-43, 1994.
- HIGA, R. C. V. **Avaliação e recuperação de *Eucalyptus dunnii* Maiden atingidos por geadas em Campo do Tenente, PR**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
- HIGA, R. C. V. et al. Comportamento de vinte espécies de *Eucalyptus* em área de ocorrência de geadas na região sul do Brasil. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo: EMBRAPA, 1997. v. 1. p. 106-110.
- HIGA, R. C. V. et al. Resistência e resiliência a geadas em *Eucalyptus dunnii* Maiden plantados em Campo do Tenente, PR. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 40, p. 67-76, 2000.
- KLASHOLD, C. A. et al. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.
- KORNDÖRFER, G. H. et al. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 635-629, 1999.
- KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants**. San Diego: Academic press, 1991.
- LEAL, A. C. **Avaliação de espécies florestais para arborização de cafeeiros no norte do Paraná: efeitos na produtividade e na proteção contra geadas de radiação**. 2004. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- LISBAO JÚNIOR, L.; STURION, J. A. O efeito do emprego de fertilizantes biológico e minerais no comportamento inicial de *Mimosa scabrella* Benth., quanto a sobrevivência resistência à geada e crescimento em altura. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 4, p. 61-73, jun. 1982.
- LORENZI, H. et al. Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 385 p.
- MARSCHNER H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MELO, S. P. et al. Silicon accumulation and water deficit tolerance in *Brachiaria* grasses. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 755-759, 2003.
- MONTEIRO, J. E. B. A. et al. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio das dimensões e massa de folhas. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 15-24, 2005.
- MORETTI, B. S. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453-463, 2011.
- MUNIZ, C. O. et al. Efeito de diferentes adubos NPK no processo de produção de mudas de eucalipto. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1162-1168, 2013.
- MURAKAMI, C. H. G. Cedro-australiano: valorização de espécies nobres. **Boletim Florestal - Informativo Florestal do Norte Pioneiro**, [s. l.], n. 7, p. 1-4, 2008.
- OLIVEIRA, M. W. M.; CARIELO, P.; MOREIRA, A. L. Avaliação do efeito de estimulantes radiculares em mudas de *Eucalyptus urograndis*. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 141-149, 2013.
- PAIVA, Y. G. et al. Zoneamento agroecológico de pequena escala para *Toona ciliata*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* na Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim – ES, utilizando dados SRTM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** [s. l.]: INPE, 2007. p. 1785-1792.
- PEREIRA, A. R. et al. **Agrometeorologia fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 480 p.
- PIEREZAN, L.; SCALON, S. P. Q.; PEREIRA, Z. V. Emergência de plântulas e crescimento de mudas de jatobá com uso de bioestimulante e sombreamento. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 127-133, 2012.
- PINHEIRO, A. L.; LANI, L. L.; COUTO, L. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 42 p.
- RICKEN, P. et al. **Crescimento diamétrico de povoamento de *Toona ciliata* var. *australis* em Adrianópolis, PR**. Colombo: Embrapa Floresta, 2011. (Comunicado Técnico, 285).
- ROSSA, U. B. et al. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis*.

Floresta, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 85-96, 2015.

SANTANA, D. L. Q. et al. Efeito da aplicação de silício na melhoria da tolerância do *Eucalyptus grandis* à ação da geada e ataque de insetos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2007. p. 123-126.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013a. 353 p.

SANTOS, V. M. et al. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de *Zea mays* L. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 307-318, 2013b.

SAVANT, N. K. et al. Silicon nutrition and sugarcane production: a review. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 12, n. 22, p. 1853-1903, 1999.

SELLE, G. L.; VUADEN, E. Comunicação: efeitos da geada sobre plantações de *Eucalyptus grandis*. **Caderno de Pesquisa, Série Biologia**, Santa Cruz do Sul, v. 20, n. 1, p. 36-45, 2007.

SILVA, D. R. G. et al. Productivity and efficiency of nitrogen fertilization in maize under different levels of urea and NBPT-treated urea. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 516-523, 2011.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SILVA, J. G.; SENTELHAS, P. C. Diferença entre temperatura mínima do ar medida no abrigo e na relva e probabilidade de sua ocorrência em eventos de geadas no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 9-15, 2001.

VIEIRA, A. R. R.; FEISTAUER, D.; SILVA, V. P. Adaptação de espécies arbóreas nativas em um sistema agrossilvipastoril, submetidas a extremos climáticos de geada na região de Florianópolis. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 627-634, 2003.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; LIBERALESSO, E. Crescimento e produtividade de povoamentos monoespecíficos e mistos de eucalipto e acácia-negra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 415-421, 2011.

VILELA, E. S.; STEHLING, E. C. **Recomendações de plantio para cedro australiano**. Versão 1.2. Campo Belo: Bela Vista Florestal, 2012. 23 p.

WINK, S. et al. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 57-67, 2012.