

Produtividade do tremoço branco (*Lupinus albus* L.), cv. Comum em função da adubação foliar com micronutrientes

Vanessa Kravutschke Barbosa^[1], Gabriel Dias Martins^[2], Heverton Fernando Melo^[3], Silvana Ohse^{[4]*}

^[1] 22015522@uepg.br, ^[2] 20016522@uepg.br, ^[3] hevertonfernando@gmail.com, ^[4] sohse@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Brasil

* autor correspondente

Resumo

O cultivo de tremoço branco é incipiente no Brasil, mesmo apresentando aptidão para a região Sul durante o outono-inverno. A cultura pode ganhar expressão não só pelo seu potencial de uso como adubação verde e cobertura do solo, mas pela composição química de suas sementes. Nesse contexto, desenvolveu-se um experimento na região dos Campos Gerais, no estado do Paraná (PR) com objetivo de avaliar o efeito da aplicação foliar de micronutrientes e produtos comerciais constituídos de micronutrientes sobre o desenvolvimento e a produtividade da cultura do tremoço branco, dado que, os micronutrientes são exportados das áreas agrícolas sem a devida reposição, não existindo informações sobre o tema para a cultura. O experimento foi conduzido em blocos casualizados com 4 repetições, constando de 9 tratamentos (Controle, Zn, B, Cu, Mn, Zn+Cu+B+Mn, BRANDT[®] COMPLETO, SUPRA[®] e BIOPOWER[®]). As variáveis, estande inicial, altura de planta na fase vegetativa, altura de planta na colheita, número de ramificações por planta, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e a massa de 100 grãos não responderam à aplicação foliar de micronutrientes. A produtividade do tremoço branco aumentou em 42,82% (408,58 kg.ha⁻¹) com a aplicação de Cu na dose de 300 g.ha⁻¹ via foliar em duas parcelas. O tremoço branco foi hospedeiro da broca das axilas (*Crocidosema aporema*) e altamente suscetível a doenças. O tremoço branco revelou ser uma opção de cultura de outono-inverno para a região de Ponta Grossa (PR) quando se busca cobertura do solo e fixação biológica de nitrogênio.

Palavras-Chave: adubação foliar; micronutrientes; *Lupinus albus* L.; produtividade.

*Productivity of white lupine (*Lupinus albus* L.), as a function of foliar fertilization with micronutrients*

Abstract

The white lupine' crop is incipient in Brazil, even though it is suitable for the southern region during the autumn-winter period. The crop can gain expression not only for its potential use as green manure and soil cover, but for the chemical composition of its seeds. In this context, an experiment was carried out in the region of Campos Gerais, state of Paraná (PR) with the aim of evaluating the effect of foliar application of micronutrients and commercial products consisting of micronutrients on the development and productivity of the white lupine crop, given that micronutrients are exported from agricultural areas without proper replacement, and there is no information on the subject for crop. The experiment was in randomized blocks with 4 repetitions, consisting of nine treatments (Control, Zn, B, Cu, Mn, Zn+Cu+B+Mn, BRANDT COMPLETO, SUPRA and BIO POWER[®]). The variables initial stand, plant height in the vegetative phase, plant height at harvest, number of branches per plant, number of pods per plant, number of seeds per pod, and the 100-grain mass did not respond to foliar application of micronutrients. White lupine productivity increased by 42.8% (408.58 kg.ha⁻¹) with the application of Cu at a dose of 300 g.ha⁻¹, divided into two parts. The white lupine was host to the armpit borer (*Crocidosema aporema*) and was highly susceptible to diseases. White lupine proved to be an autumn-winter crop option for the Ponta Grossa (PR) region when soil cover and biological nitrogen fixation are sought.

Keywords: foliar fertilization; micronutrients; white lupine; productivity.

1 Introdução

O gênero *Lupinus*, conhecido popularmente como tremoço é uma planta herbácea anual, apresentando crescimento ereto, folhas compostas e digitadas, inflorescências papilionadas e racemosas e

frutos do tipo vagem com até sete sementes (Pinheiro; Miotto, 2001). As flores são hermafroditas com cinco estames curtos e mais cinco longos. A germinação e emergência gira em torno de 10 a 20 dias, desenvolvendo-se em temperatura entre 15 a 25 °C, apresentando altura entre 0,8 a 1,5 m e produção média em massa seca de 5.000 kg.ha⁻¹ (Calegari *et al.*, 1993; Espíndola; Guerra; Almeida, 1997) e de grãos em torno de 1.000 a 1.500 kg.ha⁻¹ (Bevilaqua *et al.*, 2008). Todavia, a produtividade de grãos pode ser muito superior, como demonstrou o estudo desenvolvido na Ucrânia, no qual a produtividade média foi de 3.230 kg.ha⁻¹ (Mazur *et al.*, 2019) e o estudo desenvolvido na Etiópia, em que a produtividade foi de 2.630 kg.ha⁻¹ (Hunegnaw *et al.*, 2022). O tremoço branco (*Lupinus albus*), pertencente à família *Fabaceae* foi a primeira espécie do gênero *Lupinus* conhecida na história, sendo suas sementes empregadas no consumo humano e animal há mais de 3.000 anos ao redor do Mar Mediterrâneo, apresentando relevante consumo na Europa, África e Austrália.

As sementes do tremoço branco apresentam grande potencial de uso medicinal (Nigussie, 2012), auxiliando na prevenção de diabetes, hipertensão, obesidade, doenças cardiovasculares, triglicérides, glicemia, resistência à insulina e câncer colorretal (Prusinski, 2017). Cresce seu emprego como componente de produtos alimentares saudáveis ou vegetarianos, tais como na produção de farinha sem glúten, produtos fermentados por bactérias e fungos, macarrão e massas, entre outros (Prusinski, 2017), o que se justifica por suas sementes apresentarem teor de proteína em torno de 40% (Cabello-Hurtado *et al.*, 2016; Prusinski, 2017; Van de Noort, 2017), pela excelente qualidade do óleo (Boschin *et al.*, 2007; Prusinski, 2017), somados à sua constituição fitoquímica rica em compostos fenólicos, fitoesteróis, tocoferóis e squaleno (Gao *et al.*, 2020; Johnson *et al.*, 2017; Khan *et al.*, 2015; Prusinski, 2017;). No entanto, alcalóides de quinolizidina (QAs), compostos estes de sabor amargo e tóxicos estão presentes em suas sementes, convertendo-se em um problema de segurança alimentar (Magalhães *et al.*, 2017; Resta *et al.*, 2008). Tal inconveniente pode ser evitado por embebição em água por várias horas ou cocção por 45 a 60 minutos (Jiménez-Martínez *et al.*, 2001).

O tremoço branco também apresenta grande relevância na agricultura sustentável por aprimorar as propriedades físico-químicas do solo, aumentar o teor de matéria orgânica ao deixar considerável quantidade de resíduos na colheita, reduzir a necessidade de suplementação nitrogenada no cultivo subsequente, em razão de sua capacidade de realizar simbiose com bactérias diazotróficas do gênero *Bradyrhizobium* (Lucas *et al.*, 2015), além de mobilizar o fósforo do solo devido à formação de raízes em formato de cachos (Lambers; Clements; Nelson, 2013). Além disso, a demanda por proteína dietética é uma crescente, tanto pelo aumento populacional, como pela mudança de hábito alimentar. Dessa forma, o consumo de produtos de origem animal para reposição proteica vem diminuindo, tendo a soja se tornado a principal fonte para alimentos e rações, fonte da qual o Brasil é o maior produtor e exportador (70%), no entanto, é uma cultura de verão. Essa conjuntura pode propiciar a ampliação da área cultivada com tremoço no país, podendo se tornar excelente opção para a região dos Campos Gerais, estado do Paraná (PR), tanto por ser uma cultura de outono-inverno, não competindo com a soja, como por apresentar ampla adaptabilidade edafoclimática (Tomasini; Lhamby; Santos, 1982). Adicionalmente, a produção mundial de grãos de tremoço é insuficiente para garantir suprimento estável e suficiente necessário para seu uso na indústria de alimentos e rações (Lucas *et al.*, 2015), tornando-se fundamental aumentar sua produtividade.

A produtividade das culturas pode ser maximizada por meio do uso de cultivares altamente melhoradas, maquinários de alta tecnologia, pela intensificação do uso de macronutrientes aplicados na fonte certa, na dose certa e na época certa, entre outros. A partir da década de 80 do século XX, pesquisas demonstraram a importância da aplicação de micronutrientes, os quais eram exportados das lavouras via grãos sem a devida reposição, podendo ser efetuada tanto via solo, quanto via sementes e foliar (Bessani *et al.*, 2022; Marchezan *et al.*, 2001; Ohse *et al.*, 2000; Ohse *et al.*, 2013; Ribeiro; Santos, 1991; Ribeiro; Santos, 1996; Santos; Estefanel, 1986; Santos; Ribeiro, 1994).

A cidade de Ponta Grossa faz parte dos Campos Gerais, situando-se no segundo Planalto do estado do Paraná, tendo a Escarpa Devoniana a leste e a Serra Geral a oeste, sendo seus solos derivados de rochas sedimentares, tais como siltitos e folhelhos, o que pela gênese dos solos são considerados naturalmente pobres em micronutrientes, principalmente Zn, B, Cu e Mn (Guimarães *et al.*, 2014). O Zn faz parte de enzimas como a superóxido dismutase e catalase, as quais evitam o efeito deletério das espécies reativas de oxigênio, anidrase carbônica responsável pela conversão do CO₂ em HCO⁻ e vice-versa, álcool desidrogenase, aldolase, além de ser necessário para a síntese de triptofano,

aminoácido precursor do ácido indol 3-acético, principal auxina produzida pela planta. O B forma complexos com manitol, manans e ácido polimanurônico das paredes celulares atuando na permeabilidade de membranas. O Cu é constituinte da plastocianina, proteína que transfere elétrons do citocromo b6-f para o fotossistema I, na fase fotoquímica da fotossíntese. O Mn é cofator de algumas enzimas, mas tem como principal função ser constituinte do complexo liberador de oxigênio na fotoquímica da fotossíntese. Tais funções tornam esses elementos químicos imprescindíveis às plantas e, para as de interesse econômico, teores adequados dos micronutrientes são indispensáveis para a obtenção de altas produtividades (Taiz *et al.*, 2021).

Os efeitos benéficos da aplicação de micronutrientes foram comprovados em várias culturas, entretanto, há muita divergência, denotando a necessidade de pesquisas regionais para melhor avaliar seus efeitos, principalmente pelo fato da maioria dos solos da região dos Campos Gerais ser oriunda de rochas sedimentares, naturalmente pobres em micronutrientes. Além disso, são muitos os produtos comerciais contendo micronutrientes.

Ante o exposto e, considerando a ausência de informações sobre a reposição de micronutrientes na cultura do tremoço branco, cv. Comum, desenvolveu-se o presente estudo com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação foliar de Zn, B, Cu e Mn oriundos de produtos puros por análise (p.a.) e de produtos comerciais contendo micronutrientes sobre o desenvolvimento e a produtividade de grãos, vislumbrando também seu estabelecimento como opção de cultura para o outono-inverno na região de Ponta Grossa (PR).

2 Método da pesquisa

O experimento foi instalado em maio de 2022, na Gleba B6 do Campo Demonstrativo Experimental da Fazenda Escola Capão da Onça, constando de 800 m² de área (50 × 16 m), em uma área com altitude média de 1002 m em relação ao nível do mar, 25°05'37" de latitude sul e 50°03'35" de longitude oeste. O clima da região é Cfb subtropical úmido mesotérmico, conforme classificação de Köppen (Nitsche *et al.*, 2019; Peel; Finlayson; McMahon, 2007) e, o solo da área é classificado como Cambissolo Háptico Distrófico de textura arenosa (Santos *et al.*, 2018), com teores médios de 592, 184 e 223 g.kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente, na camada de 0,0-0,1 m. As caracterizações física e química do solo na camada de 0,0-0,2 m da área experimental encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Características físicas e químicas do solo da área experimental

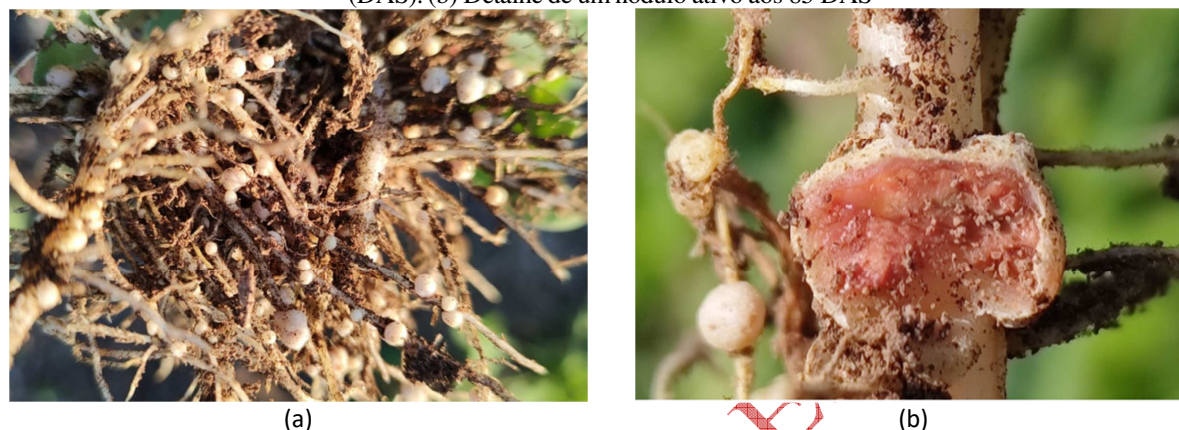
Atributos	Unidades	Profundidade (0,0-0,2 m)
pH em CaCl ₂	–	4,46
H + Al	cmolc.dm ⁻³	5,15
Al trocável	cmolc.dm ⁻³	0,17
Ca trocável	cmolc.dm ⁻³	2,19
Mg trocável	cmolc.dm ⁻³	0,51
K trocável	cmolc.dm ⁻³	0,36
P	cmolc.dm ⁻³	37,90
CTC a pH 7,0	cmolc.dm ⁻³	8,21
CTC efetiva	cmolc.dm ⁻³	3,23
Sat. por bases (V)	%	37,30
Sat. por Al (m)	%	5,30
Sat. por Ca	%	26,70
Sat. por Mg	%	6,20
Sat. por K	%	4,40
Relação Ca/Mg	–	4,30
Relação Ca + Mg/K	–	7,50
Densidade do solo	g.cm ⁻³	1,59
Carbono orgânico total	g.kg ⁻¹	17,00
Resistência à penetração	MPa	2,16

H + Al = Solução Tampão SMP; Al, Ca e Mg trocáveis = KCl 1 mol L⁻¹; P e K = Mehlich-1 e C-orgânico = Walkley-Black.
Fonte: dados da pesquisa

A cultivar de tremoço branco utilizada foi a Comum, adquirida da Empresa Pirai Sementes: adubação verde e cobertura vegetal. É uma cultura de outono-inverno, de exigência mediana em fertilidade

do solo, uma vez que seu sistema radicular se associa a bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, fixadoras de nitrogênio. As sementes de tremoço branco não foram inoculadas, no entanto, a simbiose se estabeleceu devido à presença de bactérias no solo da área experimental (Figura 1a e 1b). Não foi realizada adubação nitrogenada. A nodulação foi observada no início da fase autotrófica, ocorrendo em torno de duas semanas após a emergência, tornando-se bastante significativa a partir de então, como pode ser observada aos 52 Dias Após a Semeadura (DAS) (Figura 1a), apresentando boa atividade ao longo do ciclo, o que pode ser comprovado pela coloração rosada do nódulo aos 85 DAS (Figura 1b).

Figura 1 – (a) Raiz de *Lupinus albus* L. nodulada por bactéria fixadora de nitrogênio aos 52 dias após a semeadura (DAS). (b) Detalhe de um nódulo ativo aos 85 DAS



Fonte: arquivo dos autores

Para implantação do experimento, procedeu-se primeiramente a dessecação da área, utilizando-se para isso o herbicida glyphosate na dose de 3 L de p.c./ha⁻¹. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizado, constando de 9 tratamentos repetidos 4 vezes, perfazendo 36 unidades experimentais. Os tratamentos estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Tratamentos aplicados via adubação foliar na cultura do tremoço branco, cv. Comum

Tratamentos	Doses	Fontes
1- Controle	–	–
2- Zn	300 g.ha ⁻¹	ZnSO ₄ .7H ₂ O (p.a.)
3- B	200 g.ha ⁻¹	H ₃ BO ₃ (p.a.)
4- Cu	300 g.ha ⁻¹	CuSO ₄ ANIDRO (p.a.)
5- Mn	300 g.ha ⁻¹	MnSO ₄ .H ₂ O (p.a.)
6- Mistura Zn+B+Cu+Mn	Respectivas doses	Respectivas fontes (p.a.)
7- BRANDT [®] COMPLETO	2 L.ha ⁻¹	N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn (5; 8; 5; 0,5; 0,6; 0,4; 0,2; 0,5 e 1%)
8- BIO POWER [®]	0,5 L.ha ⁻¹	S, Fe, Zn e C orgânico (3,45; 0,5; 4,5 e 6%)
9- SUPRA [®]	1,5 L.ha ⁻¹	N, P ₂ O ₅ , K ₂ O, Ca, B, Cu, Fe, Mo, Zn e C orgânico (5; 10; 6; 2; 0,5; 0,2; 0,1; 0,1; 1,1 e 6%)

* A todas as caldas foi adicionado o adjuvante silicinado BRANDT[®] ACTION SIL, na dose 1 mL⁻¹
 Fonte: dados da pesquisa

As doses de cada produto comercial foram selecionadas em função da recomendação para a cultura da soja, uma vez que não há recomendação para a cultura do tremoço branco. As doses de cada produto (Tabela 2) foram dissolvidas em água deionizada, completando-se o volume para 20 mL, sendo então distribuídas sobre 3000 g de sementes acondicionadas em sacos plásticos. Posteriormente, os sacos plásticos foram fechados e agitados até a completa uniformização do produto sobre as sementes, sendo em seguida, deixados abertos para secagem das sementes tratadas à sombra. As sementes do tratamento controle (testemunha) passaram pelo mesmo processo, porém foram umedecidas somente com 20 mL de água deionizada.

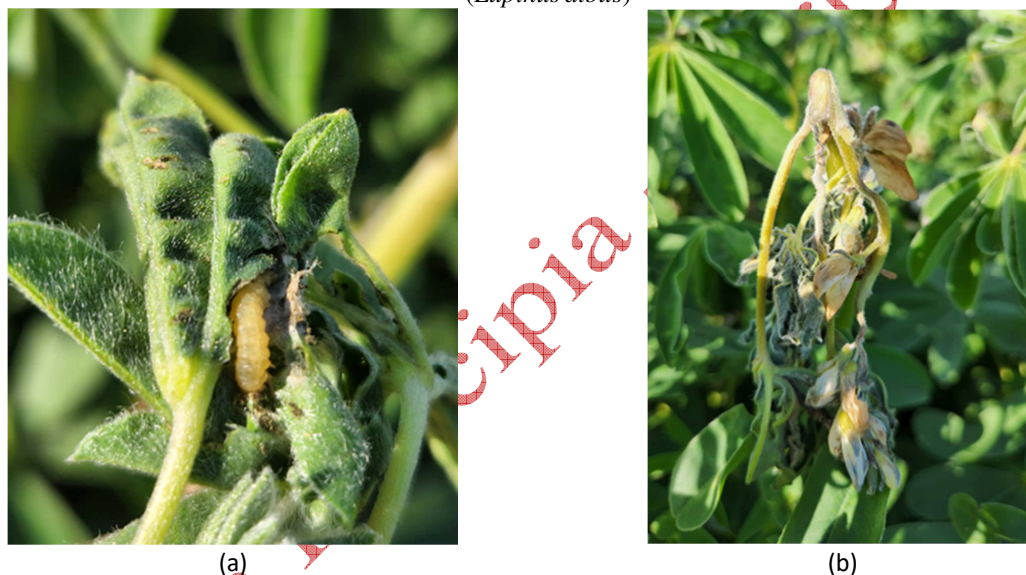
A semeadura foi realizada no dia 9 de maio de 2022, utilizando-se 16 sementes por metro linear em espaçamento de 0,45 m entre linha, perfazendo uma população de 355 mil plantas.ha⁻¹. As parcelas

experimentais foram constituídas de 8 linhas de semeadura espaçadas em 0,45 m, sendo que cada linha conteve 4 m de comprimento, totalizando uma área de 16,00 m² (4,0 × 4,0 m), com área útil de cada parcela de 5,4 m² (1,8 × 3 m). A emergência ocorreu entre os dias 15 e 20 de maio, ou seja, dos sexto ao décimo primeiro DAS.

A adubação de cobertura foi realizada aos 34 DAS, utilizando-se para isso 200 kg.ha⁻¹ de 0-20-20 e 150 kg.ha⁻¹ do composto Caltim, fonte de Ca e Mg. A primeira aplicação foliar dos tratamentos foi realizada aos 44 DAS, quando as plantas se encontravam com 7 a 8 folhas completamente expandidas e a oitava e nona aparente. A segunda época de aplicação foi realizada na fase reprodutiva, correspondendo a 87 DAS. As aplicações dos fertilizantes foram realizadas com pulverizador pressurizado de CO₂ com pressão constante (45 psi) e volume de calda de 150 L.ha⁻¹. A colheita foi realizada em dezembro de 2022, totalizando 220 dias de ciclo.

Devido à ocorrência da broca das axilas (*Crociosema aporema* – Figura 2a) aplicou-se o inseticida UPMYL (0,5 L de p.c. ha⁻¹) e os inseticidas UPMYL (0,5 L de p.c. ha⁻¹) e FOX (0,5 L.ha⁻¹). Visando controlar doenças durante o ciclo da cultura (Figura 2b), aplicou-se o fungicida Ativum (BASF) na dose 1,0 L de p.c. ha⁻¹, com volume de calda de 150 L ha⁻¹. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente durante todo o ciclo.

Figura 2 – (a) *Crociosema aporema*. (b) Sintomas de doenças presentes nas inflorescências do tremço branco (*Lupinus albus*)



Fonte: arquivo dos autores

As variáveis avaliadas foram: o estande inicial (EI) e final (EF), altura de plantas na fase vegetativa (APV) e na colheita (APC), número de ramificações por planta (NRP), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade (PROD).

Aos 30 DAS foi efetuada a contagem do número de plantas em 1 m de linha, sempre na linha central da área útil da parcela, visando à determinação do estande e população iniciais. A altura média das plantas foi determinada quando as plantas se encontravam entre V6-V7; V8-V9 e por ocasião da colheita, medindo-se com fita métrica graduada em cm, a distância entre a superfície do solo e o ápice do caule de cinco plantas da área útil em cada unidade experimental. O número médio de ramificações por planta foi determinado por meio da contagem dos ramos oriundos do caule principal em cinco plantas de cada unidade experimental. O número médio de vagens por planta foi obtido pela contagem do número de vagens em 5 plantas da área útil de cada parcela. O número médio de sementes por vagem foi obtido pela avaliação de 10 vagens em cinco plantas por unidade experimental.

Momentos antes da colheita foram efetuados a contagem do número de plantas em 1 m de linha, no local previamente demarcado por bandeirinha (permaneceu até pré-colheita) na linha central da área útil da parcela, visando à determinação do estande e população finais. A colheita foi efetuada

no dia 15 de dezembro, utilizando-se a colhedora de parcela Quantum Plus da Wintersteiger. A colhedora possui largura de plataforma de colheita de 1,8 m, perfazendo o total de 4 linhas de cultivo, previamente demarcados em 3 m de comprimento, totalizando a área útil de 5,4 m². Após a determinação da massa de grãos na área útil, foi determinado o teor de umidade, efetuando-se a correção para 14%, estimando-se os valores de produtividade de grãos para kg.ha⁻¹.

Os dados obtidos para cada variável foram submetidos à análise da variância por meio do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2019), e quando de significância, submetidos ao teste de SNK (Student-Newman-Keuls) para separação de médias.

3 Resultados e discussões

A análise da variância revelou significância apenas para as variáveis estande final (EF) e produtividade (PROD) (Tabela 3). Os coeficientes de variação obtidos para as variáveis altura de planta no vegetativo (APV), altura de planta no reprodutivo (APR) e massa de 100 grãos (MCG) demonstraram boa precisão experimental que, segundo Pimentel-Gomes (2009), demonstra alta homogeneidade dos dados e baixa variação ao acaso. A precisão experimental foi baixa para as variáveis número de vagem por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e produtividade (PROD), sendo mediana para estande inicial (EI), estande final (EF) e número de ramificações por planta (NRP) (Tabela 3). A alta variação ao acaso para as variáveis NVP, NSV e PROD, está associada à alta incidência, tanto da broca das axilas (*Crociosema aporema*) como de doenças, principalmente durante a fase reprodutiva.

Tabela 3 – Resumo da análise da variância para as variáveis estande inicial (EI) e final (EF), altura de planta na fase vegetativa (APV) e na colheita (APC), número de ramificações por planta (NRP), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade (PROD) em função da aplicação foliar de micronutrientes na cultura do tremoço branco

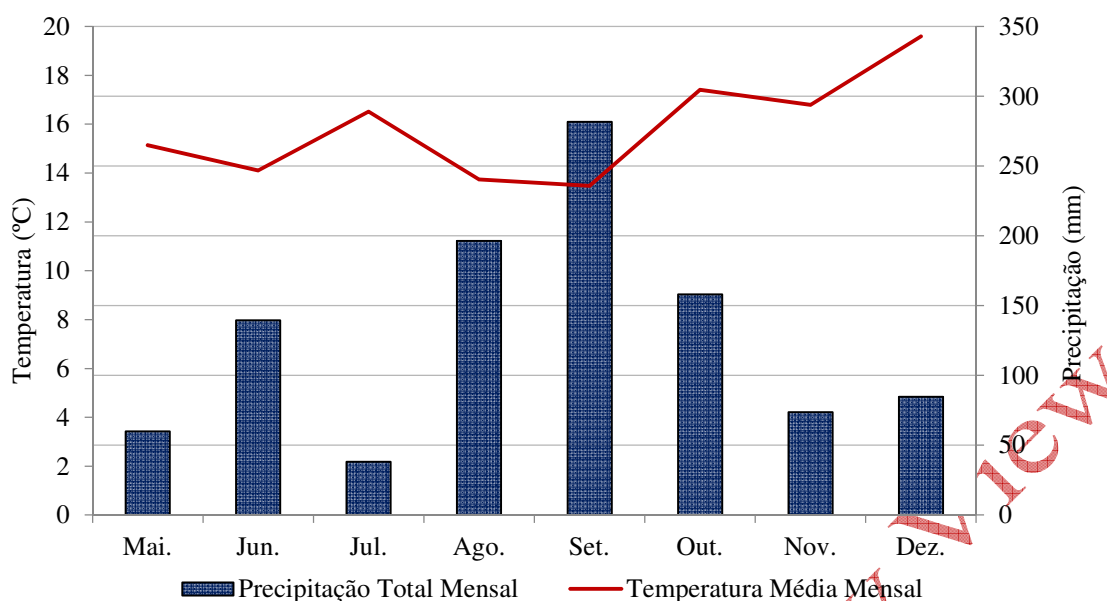
Causa da variação	GL	Quadrado médio (Q.M.)								
		EI	EF	APV	APC	NRP	NVP	NSV	MCG	PROD
Tratamentos	8	5,77 ^{ns}	9,81*	0,002 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,04 ^{ns}	6,01 ^{ns}	0,51 ^{ns}	2,32 ^{ns}	172250,31*
Blocos	3	5,81	6,99	0,012	0,012	0,15	0,41	0,59	1,49	24848,58
Resíduo	24	4,48	2,14	0,002	0,006	0,10	4,15	0,30	3,52	28344,05
CV (%)		18,77	14,74	5,90	7,91	10,90	21,92	24,39	5,46	28,64

^{ns}= não significativo; * significativo a 1% de probabilidade; GL= Graus de Liberdade.

Fonte: dados da pesquisa

A precipitação durante o ciclo da cultura foi de 1032,2 mm, valor superior à faixa considerada ideal para Fabáceas, assim como a soja, que se encontra entre 550 e 800 mm (Chavarria *et al.*, 2015). Durante a estação de crescimento, as temperaturas médias do ar foram de 15,1; 14,1; 16,5; 13,7; 13,5; 17,4; 16,8 e 20,9 °C, respectivamente para os meses de maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro. As temperaturas médias durante os meses de inverno não foram muito baixas, inclusive em julho foi muito próxima à média de novembro e superior a de maio e junho. O ano de 2022 foi no geral úmido, entretanto, a precipitação média durante o ciclo do tremoço foi maior nos meses de agosto, setembro e outubro, com acumulados de 196,4; 281,6 e 158,0 mm (Figura 3).

Figura 3 – Precipitação e temperatura média mensal durante a condução experimental



Fonte: dados da pesquisa

A alta incidência de doenças pode ser atribuída às condições climáticas ocorrentes durante o ciclo, tais como baixa luminosidade, temperatura (média de 15,6 °C) e alta precipitação (1032 mm), principalmente nos meses de agosto a outubro (Figura 3), condições propícias ao desenvolvimento de muitas doenças. Vale ressaltar que as aplicações, tanto de inseticidas como de fungicidas não foram eficazes no controle. A ocorrência da broca das axilas iniciou no final da fase vegetativa e, a alta severidade de doenças durante a fase reprodutiva. Os sintomas de doenças foram observados tanto nas folhas, como em ramificações, inflorescências, vagens e sementes (Figura 4).

A população de plantas almejada foi de 355 mil plantas.ha⁻¹, que seria obtida se as 16 sementes houvessem germinado e emergido. Todavia, das 16 sementes teoricamente distribuídas em 1 m linear, 11,28 emergiram e se estabeleceram (estande inicial [EI] aos 30 DAS), equivalendo a 29,5% de redução. O estande final (EF), determinado aos 200 DAS foi de 9,92 plantas.m⁻¹, redução de 12,06% em relação ao EI, e de 38% em relação ao almejado. O estande final foi reduzido quando da aplicação de 300 g.ha⁻¹ de Zn em relação à aplicação de 300 g.ha⁻¹ de Cu, 2 L.ha⁻¹ de BRANDT[®] COMPLETO, 0,5 L.ha⁻¹ de BIO POWER[®] e 1,5 L.ha⁻¹ de SUPRA[®], não diferindo, no entanto, do valor obtido com o controle (Tabela 4). Tal fato por estar relacionado à baixa emergência e estabelecimento das plântulas, antes mesmo da primeira aplicação dos tratamentos, visto que a média foi de 9,5 plantas m⁻¹ linear (EI), decrescendo para 7,0 após as duas aplicações com Zn, utilizando-se a fonte ZnSO₄.7H₂O, redução essa correspondente a 26,3%.

Tabela 4 – Estande inicial (EI), estande final (EF), alturas de planta aos 30 DAS (APV), altura de planta na colheita (APC), número de ramificações por planta (NRP), número de vagem por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade de grãos (PROD) em função da aplicação foliar de micronutrientes

Tratamentos	EI (plantas.m ⁻¹)	EF (plantas.m ⁻¹)	APV (m)	APC	NRP	NVP	NSV	MCG (g)	PROD (kg.ha ⁻¹)
Testemunha	10,0	8,8 ab*	0,69	1,03	2,95	7,75	2,86	35,16	545,64 bc*
Zn	9,5	7,0 b	0,65	1,01	2,85	11,35	2,25	34,98	570,27 bc
Cu	12,5	11,3 a	0,73	0,95	2,90	10,20	2,35	34,50	954,22 a
B	10,5	9,5 ab	0,68	1,05	2,90	9,00	1,87	33,70	825,11 ab
Mn	11,0	9,5 ab	0,69	0,99	2,80	10,75	1,74	35,31	751,22 abc
Zn+Cu+B+Mn	11,5	9,3 ab	0,67	1,03	2,65	8,55	2,15	33,77	400,11 c
Brandt	11,0	10,5 a	0,67	1,02	3,00	8,50	2,22	33,00	411,40 c
Bio Power	12,5	11,5 a	0,66	0,98	2,85	9,35	2,69	34,57	414,84 c
Supra	13,0	12,0 a	0,69	0,93	2,85	8,20	2,01	34,27	417,88 c
Média	11,28	9,92	0,68	1,00	2,86	9,29	2,23	34,36	587,86

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de SNK a 1% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa

A altura de planta não foi influenciada pelos tratamentos, tanto no vegetativo como no reprodutivo. A altura média das plantas de tremoço branco na colheita foi de 1,0 m (Tabela 4), valor este, congruente com a faixa de 0,8 e 1,2 m citada por Krieger (2016, p. 16) para variedades modernas de tremoço branco. Entretanto, na Europa, notadamente na França, variedades anãs com altura de até 0,6 m são cultivadas, por outro lado, o tremoço branco pode atingir cerca de 1,5 m de altura e até ultrapassar 1,8 m em primavera chuvosas (Krieger, 2016, p. 16). Kosev e Vasileva (2019) ao determinarem a altura de plantas de diferentes cultivares de tremoço branco no início da fase reprodutiva observaram valores entre 46,27 e 57,30 cm, valores estes inferiores a média obtida para a cultura do tremoço branco, cv. Comum, determinada tanto no vegetativo quanto no reprodutivo, na região de Ponta Grossa (PR), Brasil (Tabela 4). Tal diferença pode estar relacionada com a altitude, visto que Pleven na Bulgária fica 116 m e, Ponta Grossa/PR a 988 m e, quanto maior a altitude maior será a variação de temperatura noite e dia, conseqüentemente as temperaturas noturnas serão menores em maiores altitudes, mantendo a taxa respiratória baixa durante a noite, consumindo menos fotossintatos na manutenção celular e, conseqüentemente, permitindo maior crescimento (Taiz *et al.*, 2021).

O NSV médio foi de 2,23, semelhante ao valor médio obtido por Arnéz *et al.* (2021) para o *L. albus* durante cinco anos de cultivo na Bolívia, o qual foi de 2,3. Os NRP e NVP médios foram de 2,86 e 9,29. Acredita-se que o NVP teria sido muito maior, não fosse as condições ambientais propícias ao desenvolvimento de doenças, que afetaram significativamente as inflorescências e vagens (Figura 4 B-D).

A produtividade do tremoço branco, cv. Comum, foi influenciada pelos tratamentos. A aplicação de Zn não alterou a produtividade do tremoço branco. No entanto, houve aumento de 408,58 kg.ha⁻¹ em relação à testemunha com a aplicação de Cu na dose de 300 g.ha⁻¹, dividida em duas aplicações, tendo como fonte o CuSO₄ ANIDRO, correspondendo a 42,82% de incremento na produtividade do tremoço branco (Tabela 4). O ganho em produtividade pela aplicação foliar de Cu pode ser atribuído ao seu efeito antifúngico, uma vez que as doenças afetaram significativamente os órgãos aéreos das plantas de tremoço branco. Todavia, o efeito do Cu não diferiu da aplicação de B e Mn. O efeito da aplicação de B e Mn pode ser atribuído ao fato do solo da área experimental ser derivado de rocha sedimentar (arenito e silito), naturalmente pobre nos micronutrientes. O B atua na permeabilidade de membranas e o Mn é constituinte do complexo liberador de oxigênio na fase fotoquímica da fotossíntese, podendo ter maximizado a taxa de assimilação líquida de carbono, que corresponde à produtividade líquida (Taiz *et al.*, 2021). Por outro lado, quando os micronutrientes foram aplicados em mistura (Zn+Cu+B+Mn) a produtividade não foi maximizada (Tabela 4).

O potencial hidrogeniônico (pH) influencia a solubilidade dos nutrientes, sendo que, em pH ácidos como o observado na área experimental (Tabela 1) aumentam a solubilidade dos micronutrientes, o que geralmente causaria toxicidade de Mn, o que não ocorreu devido à sua baixa disponibilidade em função do material de origem. Razão pela qual, provavelmente tenha proporcionado aumento de 205,58 kg.ha⁻¹ em relação à testemunha, mesmo não diferindo significativamente pelo teste de SNK (Tabela 4). Da mesma forma, a aplicação de boro de forma parcelada elevou a produtividade em 239,55 kg.ha⁻¹ em relação à testemunha, o que pode ser justificado pela sua participação na permeabilidade de membranas (Taiz *et al.*, 2021).

Alguns elementos químicos de origem mineral têm sido associados à indução de tolerância a doenças em planta (Malandrakis; Kavroulakis; Chrysikopoulos, 2019; Melo *et al.*, 2016). Quanto ao Cu, sua aplicação foliar pode, além de contribuir com o processo fotossintético por ser constituinte da plastocianina, proteína móvel na membrana do tilacoide, responsável pelo transporte de elétrons do citocromo b6f para o fotossistema II na fase fotoquímica (Taiz *et al.*, 2021), como pode ser absorvido por fungos reduzindo a proliferação de hifas (Reis; Forcelini; Reis, 2007). Na revisão sobre os compostos antimicrobianos à base de cobre, Lamichhane *et al.* (2018) concluíram que além de possuir toxicidade relativamente alta para patógenos de plantas, apresenta baixa toxicidade para mamíferos, na agricultura orgânica, os compostos antimicrobianos à base de cobre têm sido considerados os ingredientes ativos mais eficazes contra vários patógenos, como antracnose, míldio da videira, requeima da batata e oídio de muitas outras culturas (Finckh; Tamm; Bruns, 2015). Assim, acredita-se que o fato da aplicação foliar de Cu (CuSO₄ ANIDRO) tenha maximizado a produtividade do tremoço

branco em função de um possível efeito supressor a doenças.

A produtividade média do tremçoço branco, independentemente do tratamento foi de 587,86 kg ha⁻¹ (Tabela 4), valor muito inferior ao intervalo de 1.000 a 1.500 kg ha⁻¹ considerado habitual para a cultura por Bevilaqua *et al.* (2008). Todavia, valores muito superiores foram observados por Mera e Galdames (2007), ao cultivarem tremçoço branco em diferentes regiões do Chile durante os anos de 2003 a 2005, uma vez que a produtividade de grãos variou de 2.738 e 6.933 kg.ha⁻¹.

A baixa produtividade do tremçoço branco decorreu, provavelmente, da alta ocorrência e severidade de doenças durante o ciclo da cultura. Uma das doenças comum ao tremçoço é a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum* spp., quando de alta umidade e regime chuvoso prolongado (Armesto *et al.*, 2017), associada à baixa luminosidade e temperaturas entre 15 e 25 °C, manifestando sintomas principalmente do florescimento, maturação e pós-colheita (Maia *et al.*, 2011). Por conseguinte, a ocorrência e severidade de doenças são justificadas pela suscetibilidade da cultura somada às condições climáticas durante o ciclo, as quais foram propícias, uma vez que a precipitação foi de 1.032,2 mm com média de 140 mm por mês, todavia, os acumulados mais altos foram durante os meses de agosto, setembro e outubro, correspondendo a 196,4; 281,6 e 158,0 mm, ou seja, durante a fase reprodutiva; que as temperaturas médias do ar variaram de 13,5 a 20,9 °C (Figura 3); que a luminosidade foi baixa devido à alta nebulosidade, isso tudo ainda, aliado à ineficiência do controle químico. Em função disso, o fungo se disseminou em todos os órgãos aéreos das plantas (folhas, haste principal, ramificações, inflorescências e vagens), como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Sintomas de doenças observados em órgãos aéreos de *Lupinus albus*. (a) Nas folhas. (b) Torção da haste. (c) Detalhe interno às vagens. (d) Detalhe externo às vagens



Fonte: arquivo dos autores

Segundo Chavarria *et al.* (2015) a faixa de precipitação considerada ideal para Fabáceas é de 550 a

800 mm. Desta forma, a precipitação durante o ciclo do tremoço branco, pode ser considerada alta (Figura 3). As condições climáticas durante o ciclo não só tiveram efeito significativo reduzindo a produtividade (Tabela 4), como também contribuíram significativamente na ampliação do ciclo do tremoço branco no ano 2022, o qual foi de 7,4 meses. Arnéz *et al.* (2021) obtiveram para o *L. albus* cultivado por cinco anos na Bolívia ciclo médio de 7,8 meses, assemelhando-se ao obtido neste estudo para as condições climáticas vigorantes em Ponta Grossa (PR).

A avaliação de características relacionadas ao crescimento e desenvolvimento, bem como à produtividade, apontou que a cultura do tremoço branco, cv. Comum, se adapta a região de Ponta Grossa (PR), sendo opção de cultura de outono-inverno, porém não foi promissora quanto à produção de grãos. A cultura também demonstrou ser hospedeira da broca das axilas (*Crociosema aporema*), praga da cultura da soja, importante para a região, e altamente suscetível a doenças, o que prejudicou sobremaneira a produtividade da cultura. Ressalta-se que o ciclo da cultura foi ampliado devido ao número de dias nublados, à alta precipitação e à baixa luminosidade do período. Face ao exposto, torna-se nítido a necessidade de se repetir o experimento para se avaliar o comportamento da cultura frente a diferentes condições climáticas, bem como em solo com pH menos ácido.

4 Considerações finais

O estande final foi reduzido quando da aplicação de 300 g.ha⁻¹ de Zn em relação à aplicação de 300 g.ha⁻¹ de Cu; 2 L.ha⁻¹ de BRANDT[®] COMPLETO; 0,5 L.ha⁻¹ de BIO POWER[®] e 1,5 L.ha⁻¹ de SUPRA[®]. A aplicação de cobre na dose de 300 g.ha⁻¹ via foliar em duas aplicações, tendo como fonte o CuSO₄ ANIDRO, maximizou a produtividade de grãos do tremoço branco, cv. Comum, em 42,82% (408,58 kg.ha⁻¹). Os resultados, em razão de corresponderem a uma safra, são preliminares, denotando a necessidade de repetição do estudo, bem como sugerindo futuras pesquisas avaliando a suplementação de micronutrientes também via solo e via tratamento de sementes. Ainda neste contexto, seria interessante a determinação da massa fresca e seca da parte aérea da cultura, considerando seu potencial de uso como cobertura do solo.

Escassas são as informações sobre a cultura do tremoço no Brasil, no entanto, a cultura vem sendo utilizada, mesmo que de forma incipiente, em mix com outras espécies para a cobertura do solo e fixação de nitrogênio durante o outono-inverno, visando à cultura subsequente, ou de primavera-verão. No presente estudo observou-se que mesmo não tendo sido realizada a inoculação, o tremoço branco se associou a bactérias fixadoras de N presentes na área experimental (Figura 1). Desta forma, seria profícua a realização de estudos, tanto de prospecção das bactérias diazotróficas presentes no solo da área experimental, bem como estudos referentes ao efeito da inoculação sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura.

A cultura do tremoço branco, cv. Comum, foi hospedeira da broca das axilas (*Crociosema aporema*), o que representa uma potencial problema para a principal cultura de primavera-verão da região que é a soja. Somado a isso, seu controle na cultura do tremoço é dificultado pela morfologia da folha, propiciando que a praga enovele os folíolos, protegendo-se dos efeitos de produtos de contato. A cultura também demonstrou ser suscetível a doenças. Assim, quando se visa à produção de sementes, outono-invernos muito chuvosos e com baixa luminosidade poderão, além de reduzir significativamente a produtividade da cultura, aumentar a fonte de inóculo de patógenos. Outra dificuldade do cultivo visando à produção de sementes é o controle de plantas espontâneas em grandes áreas. Essa conjuntura revela a dimensão da necessidade de futuras pesquisas com a cultura, tanto da prospecção como do manejo de doenças, de pragas e de plantas espontâneas. Somado a isso, pesquisas avaliando densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas, visando determinar a melhor população de plantas para o tremoço branco seriam de grande valia quando se almeja maximizar a produtividade.

Financiamento (obrigatória; não deve ser numerada)

Esta pesquisa não recebeu financiamento externo.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

ARMESTO, C.; MAIA, F. G. M.; MONTEIRO, F. P.; DE ABREU, M. S. *Colletotrichum* em cafeeiros do sul de Minas Gerais-Brasil: descrição morfo-fisiológica, molecular e patogênica. **Coffee Science**, v. 11, n. 4, p. 444-454, 2017. Disponível em: http://200.235.128.121/bitstream/handle/123456789/8255/Coffee%20Science_v11_n4_p444-454_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 12 dez. 2022.

ARNÉZ, J. V.; ROJAS, P. M.; NINA, J. H.; GABRIEL-ORTEGA, J. Adaptabilidad de dos especies de *Lupinus* en diferentes ambientes de los valles interandinos de Bolivia. **Journal of the Selva Andina Biosphere**. v. 9, n. 2, p. 69-80, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2021.090200069>.

BESSANI, J. P. P.; YAMASHITA, O. M.; CARVALHO, M. A. C.; CAMPOS, O. R.; CAIONE, G.; KOGA, P. S. Associação entre adubo foliar e herbicida auxínico no manejo de *Vernonia polyanthes* e recuperação da forrageira *Panicum maximum*. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 59, n. 2, p. 327-341, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id4718>.

BEVILAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F.; ZUCHI, J.; MARQUES, R. L. L. **Indicações técnicas para a produção de sementes de plantas recuperadoras de solo para agricultura familiar**. Documentos 227. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 43p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/746693>. Acesso em: 06 fev. 2023.

BOSCHIN, G.; D'AGOSTINA, A.; ANNICCHIARICO, P.; ARNOLDI, A. Effect of genotype and environment on fatty acid composition of *Lupinus albus* L. seed. **Food Chemistry**, v. 108, n. 2, p. 600-606, 2007. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.016>.

CABELLO-HURTADO, F.; KELLER, J.; LEY, J.; SANCHEZ-LUCAS, R.; JORRÍN-NOVO, J. V.; AÏNOUCHE, A. Proteomics for exploiting diversity of lupin seed storage proteins and their use as nutraceuticals for health and welfare. **Journal of Proteomics**, v. 143, p. 57-68, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jprot.2016.03.026>.

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Caracterização das principais espécies de adubo verde. *In*: COSTA, M. B. (Coord.). **Adubação verde no Sul do Brasil**, 2. ed., Rio de Janeiro, 1993, p. 207-324.

CHAVARRIA, G.; DURIGONI, M. R.; KLEINI, V. A.; KLEBERI, H. Restrição fotossintética de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1387-1393, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140705>.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. **Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 1997. 20p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 42). Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/624248/adubacao-verde-estrategia-para-uma-agricultura-sustentavel>. Acesso em: 12 mar. 2023.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FINCKH, M. R.; TAMM, L.; BRUNS, C. Organic Potato Disease Management. *In*: FINCKH, M. R.; VAN BRUGGEN, A. H. C.; TAMM, L. (ed.). **Plant diseases and their management in organic agriculture**. The American Phytopathological Society, 2015. p. 239-257. DOI: <https://doi.org/10.1094/9780890544785.019>.

GAO, Y.; ZHANG, X.; REN, G.; WU, C.; QIN, P.; YAO, Y. Peptides from extruded lupin (*Lupinus albus* L.) regulate inflammatory activity via the p38 MAPK signal transduction pathway in RAW 264.7 cells.

Journal of Agricultural and Food Chemistry. v. 68, n. 42, p. 11702-11709, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c02476>.

GUIMARÃES, G. B.; MELO, M. S.; GIANNINI, P. R. M.; MELEK, P. R. Geologia dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (org.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2014. Cap. 2. p. 23-32. Disponível em: <https://www.editora.uepg.br/ebooks/ebook-patrimonio-natural-dos-campos-gerais-do-parana>. Acesso em: 06 de nov. 2022.

HUNEGNAW, Y.; ALEMAYEHU, G.; AYALEW, D.; KASSAYE, M. Plant density and time of white lupine (*Lupinus Albus* L.) relay cropping with Tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) in additive design in the highlands of Northwest Ethiopia. **International Journal of Agronomy**, v. 2022, 8730191, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/8730191>.

JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, C.; HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, H.; ALVÁREZ-MANILLA, G.; ROBLEDO-QUINTOS, N.; MARTÍNEZ-HERRERA, J.; DÁVILA-ORTIZ, G. Effect of aqueous and alkaline thermal treatments on chemical composition and oligosaccharide, alkaloid and tannin contents of *Lupinus campestris* seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 4, p. 421-428, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200103\)81:4%3C421::AID-JSFA829%3E3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200103)81:4%3C421::AID-JSFA829%3E3.0.CO;2-U).

JOHNSON, S. K.; CLEMENTS, j.; VILLARINO, C. B. J.; COOREY, R. Lupins: their unique nutritional and health-promoting attributes. In: TAYLOR, J. R. N.; AWIKA, J. M. (ed.). **Gluten-free ancient grains: cereals, pseudocereals, and legumes: sustainable, nutritious, and health-promoting foods for the 21st century**. Woodhead, 2017, p. 179-221. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100866-9.00008-X>.

KHAN, M. K.; KARNPANIT, W.; NASAR-ABBAS, S. M.; HUMA, Z.; JAYASENA, V. Phytochemical composition and bioactivities of lupin: A review. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n.9, p. 2004-2012, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12796>.

KOSEV, V.; VASILEVA, V. Comparative biological characteristic of white lupin (*Lupinus albus* L.) varieties. **Genetika**, v. 51, n. 1, p. 275-285, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2298/GENSR1901275K>.

KRIEGER, M. M. Especies de lupino y su utilización. In: MERA, M. (ed.). **Lupino dulce y amargo producción en Chile**. Temuco: Bolteín INIA, n. 326, 2016, p. 7-26. Disponível em: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6507>. Acesso em: 12 de jan. 2023.

LAMBERS, H.; CLEMENTS, J. C.; NELSON, M. N. How a phosphorus-acquisition strategy based on carboxylate exudation powers the success and agronomic potential of lupines (*Lupinus*, Fabaceae). **American Journal of Botany**, v. 100, n. 2, p. 263-288, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.3732/ajb.1200474>.

LAMICHHANE, J. R.; OSDAGHI, E.; BEHLAU, F.; KÖHL, J.; JONES, J. B.; AUBERTOT, J.-N. Thirteen decades of antimicrobial copper compounds applied in agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, 28, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0503-9>.

LUCAS, M. M.; STODDARD, F. L.; ANNICCHIARICO, P.; FRÍAS, J.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C.; SUSSMANN, D.; DURANTI, M.; SEGER, A.; ZANDER, P. M.; PUEYO, J. J. The future of lupin as a protein crop in Europe. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, 705, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00705>.

MAGALHÃES, S. C. Q.; FERNANDES, F.; CABRITA, A. R. J.; FONSECA, A. J. M.; VALENTÃO, P.; ANDRADE, P. B. Alkaloids in the valorization of European *Lupinus* spp. seeds crop. **Industrial Crops and Products**, v. 95, p. 286-295, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.033>.

MAIA, F. G. M.; ARMESTO, C.; ZANCAN, W. L. A.; MAIA, J. B.; ABREU, M. S. Efeito da temperatura no crescimento micelial, produção e germinação de conídios de *Colletotrichum* spp. isolados de mangueira com sintomas de antracnose. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 2, p. 205-210, 2011. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7581>. Acesso em: 26 set. 2023.

MALANDRAKIS, A. A.; KAVROULAKIS, N.; CHRYSIKOPOULOS, C. V. Use of copper, silver and zinc nanoparticles against foliar and soil-borne plant pathogens. **Science of The Total Environment**, v. 670, p. 292-299, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.210>.

MARCHEZAN, E.; SANTOS, O. S.; AVILA, L. A.; SILVA, R. P. Adubação foliar com micronutrientes em arroz irrigado, em área sistematizada. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 941-945, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000600003>.

MAZUR, V. A.; PANTSYREVA, H. V.; MAZUR, K. V.; DIDUR, I. M. Influence of the assimilation apparatus and productivity of white lupine plants. **Agronomy Research**, v. 17, n. 1, p. 206-219, 2019. 2019. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.19.024>.

MELO, L. G. L.; SILVA, E. K. C.; CAMPOS NETO, J. R. M.; LINS, S. R. O.; RODRIGUES, A. A. C.; OLIVEIRA, S. M. A. Indutores de resistência abióticos no controle da fusariose do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 10, p. 1703-1709, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001000001>.

MERA, K. M.; GALDAMES G. R. Boroa-INIA, primera variedad de lupino (*Lupinus albus*) amargo exportable obtenida en Chile. **Agricultura Técnica**, v. 67, n. 3 p. 320-324, 2007. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/36811>. Acesso em: 12 jan. 2023.

KRIEGER, M. M. Especies de lupino y su utilización. In: MERA, M. (ed.). **Lupino dulce y amargo producción en Chile**. Temuco: Bolteín INIA, n. 326, 2016, p. 7-26. Disponível em: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6507>. Acesso em: 12 jan. 2023.

NIGUSSIE, Z. Contribution of white lupin (*Lupinus albus* L.) for food security in North-Western Ethiopia: a review. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 11, n. 5, p. 200-205, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajps.2012.200.205>.

NITSCHKE, P. B.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2019. Disponível em: <http://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico>. Acesso em: 06 de nov. 2022.

OHSE, S.; MARODIM, V. S.; SANTOS, O. S.; LOPES, S. J.; MANFRON, P. A. Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 7, n. 1, p. 75-81, 2000.

OHSE, S.; SANTOS, L. L. P.; CORTEZ, M. G.; GODOY, A. R.; OTTO, R. F. Tratamento de sementes de milho branco crioulo com micronutrientes. **Visão Acadêmica**, v. 14, n. 4, p. 26-35, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v14i4.33588>.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. Ed. São Paulo: Nobel, 2009.

PINHEIRO, M.; MIOTTO, S. T. S. **Leguminosae: Forbideae, gênero *Lupinus* L.** Boletim do Instituto de Biociências, n. 60. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 100p.

PRUSINSKI, J. White lupin (*Lupinus albus* L.) - Nutritional and health values in human nutrition - A review. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 35, n. 2, p. 95-105, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.17221/114/2016-CJFS>.

REIS, A. C.; FORCELINI, C.A.; REIS, E. M. **Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas**. 5ª ed. Passo Fundo: UPF, 2007. 153p.

RESTA, D.; BOSCHIN, G.; D'AGOSTINA, A.; ARNOLDI, A. Evaluation of total quinolizidine alkaloids content in lupin flours, lupin-based ingredients, and foods. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 52, n. 4, p. 490-495, 2008. DOI: <https://dx.doi.org/10.1002/mnfr.200700206>.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. Germinação de sementes de milho tratadas com fontes e doses de zinco e boro. **Ciência Rural**, v. 21, n. 3, p.437-440, 1991. <https://doi.org/10.1590/S0103-84781991000300012>.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, v. 26, n. 1, p. 159-165, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84781996000100030>.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Revista Ampliada. Brasília: Embrapa, 2018. 356p. Disponível em: <https://www.agroapi.cnpq.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 26 set. 2023.

SANTOS, O. S.; ESTEFANEL, V. Efeito de micronutrientes e do enxofre aplicados nas sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 16, n. 1, p. 5-17, 1986.

SANTOS, O. S.; RIBEIRO, N. D. Fontes de zinco aplicadas em sementes de milho, em solução nutritiva. **Ciência Rural**, v. 24, n. 1, p. 59-62, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84781994000100012>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fundamentos de fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2021. 558 p.

TOMASINI, R. G. A.; LHAMBY, J. C. B.; SANTOS, H. P. **Tremoço no Brasil**. 1982. 19p. (EMBRAPA-CNPQ, Documentos, 1). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/845789/o-tremoco-no-brasil>. Acesso em: 06 denov. 2022.

VAN DE NOORT, M. Lupin: an important protein and nutrient source. *In*: NADATHUR, S. R.; WANASUNDARA, J. P. D.; SCANLIN, L. (ed.). **Sustainable protein sources**. Academic Press, 2017, p. 165-183, DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00010-X>.