



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JÚLIA PEDROSO DIAS

**ASPECTOS NUTRICIONAIS, FISIOLÓGICOS E
FITOTÉCNICOS DE GENÓTIPOS DE MILHO EM RESPOSTA
À NEMATOIDES DE GALHA**

Londrina
2021

JÚLIA PEDROSO DIAS

**ASPECTOS NUTRICIONAIS, FISIOLÓGICOS E
FITOTÉCNICOS DE GENÓTIPOS DE MILHO EM RESPOSTA
À NEMATOIDES DE GALHA**

Dissertação apresentado ao Departamento de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Adônis Moreira
Co-orientador: Dr. Waldir Pereira Dias

Londrina
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

D542 Dias, Júlia Pedroso.
Aspectos nutricionais, fisiológicos e fitotécnicos de genótipos de milho em resposta à nematoides de galha / Júlia Pedroso Dias. - Londrina, 2021.
46 f. : il.

Orientador: Adônis Moreira.
Coorientador: Waldir Pereira Dias.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2021.
Inclui bibliografia.

1. Meloidogyne javanica - Tese. 2. Meloidogyne incognita - Tese. 3. Zea mays - Tese. I. Moreira, Adônis. II. Pereira Dias, Waldir. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

JÚLIA PEDROSO DIAS

**ASPECTOS NUTRICIONAIS, FISIOLÓGICOS E
FITOTÉCNICOS DE GENÓTIPOS DE MILHO EM RESPOSTA
À NEMATOIDES DE GALHA**

Dissertação apresentado ao Departamento de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Adônis Moreira
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Julia Aparecida de Souza
Centro Universitário Fametro - Unifametro

Prof. Dr. Thadeu Rodrigues de Melo
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 25 de fevereiro de 2021.

DIAS, Júlia Pedroso. **Aspectos nutricionais, fisiológicos e fitotécnicos de genótipos de milho em resposta à nematoides de galha.** 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2021.

RESUMO

Os nematoides de galha (*Meloidogyne* spp.) representam um grave problema para as principais culturas no mundo, por conta de sua ampla distribuição geográfica e gama de hospedeiros. Para o seu manejo, dentre outros métodos, indica-se o uso de cultivares resistentes e a rotação ou sucessão com culturas não hospedeiras. Nota-se que o milho (*Zea mays* L.), por muito tempo tratado como cultura resistente ao ataque desses nematoides, na maioria das situações é capaz de multiplicar os nematoides de galhas. Todavia, existe diferença entre os genótipos quanto à capacidade de multiplicação. O trabalho teve como objetivo indicar híbridos ou cultivares de milho resistentes ou com baixos fator de reprodução (FR) ao *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, para uso em rotação ou sucessão com a soja e estudar o efeito do parasitismo desses dois nematoides sobre aspectos nutricionais, fisiológicos e fitotécnicos na cultura do milho. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado. No primeiro ano, avaliou-se 30 genótipos de milho coletados em diferentes regiões do Estado do Mato Grosso. No segundo ano selecionou-se a partir do teste de hospedabilidade, o genótipo que apresentou maior resistência e maior suscetibilidade a cada um dos nematoides. Inoculou-se 5.000 ovos e juvenis de segundo estágio de *M. javanica* ou *M. incognita*. Realizou-se a avaliação para identificar o FR dos nematoides e os efeitos dos seus parasitismos sobre teores de clorofila e de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn) na parte aérea. Avaliou-se também os componentes fitotécnicos das plantas (altura, diâmetro de caule, pesos de matéria fresca e seca da parte aérea, peso da matéria fresca de raízes). Submeteu-se os dados aos testes de normalidade de resíduos (Shapiro-Wilk) e de homocedasticidade (Bartlett), aplicando-se a análise de variância e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Não houve um padrão de comportamento em relação a patogenicidade do *M. javanica* em relação ao *M. incognita*, bem como também não houve diferença em relação aos atributos fitotécnicos e nutricionais em relação aos híbridos resistentes ou de baixo FR comparado aos híbridos susceptíveis.

Palavras-chave: *Meloidogyne javanica*; *Meloidogyne incognita*; *Zea mays*; fator de reprodução.

DIAS, Júlia Pedroso. **Nutritional, physiological and phytotechnical aspects of corn genotypes in response to root-knot nematodes.** 2021. Dissertation (Master in Agronomy) – Londrina State University, Londrina. 2021.

ABSTRACT

Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) represent a serious problem for the main cultures in the world, due to their wide geographic distributions and host range. For its management, among other methods, the use of resistant cultivars and rotation or succession with non-host cultures are indicated. It should be noted that maize (*Zea mays* L.), which has long been treated as a crop resistant to attack by nematodes, in most situations is capable of multiplying gall nematodes. However, there is difference between genotypes in terms of multiplication capacity. The objective was to indicate resistant hybrids and / or cultivars of corn with low reproduction factor (RF) to *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*, for use in rotation or succession with soybean and to study the effect of parasitism of these two nematodes on nutritional, physiological and phytotechnical aspects in corn crop. The experiments were conducted in a greenhouse in a completely randomized design. In the first year, 30 corn genotypes collected in different regions of the Mato Grosso State were evaluated. In the second year, selected from the hostility test the genotype that showed the greatest resistance and greatest susceptibility to each of the nematodes. 5,000 eggs and J2 of *M. javanica* or *M. incognita* were inoculated. The evaluation was carried out to identify the RF of the nematodes and the effects of their parasitisms on chlorophyll and foliar macro and micronutrient contents (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, and Zn). The phytotechnical components of plants were also evaluated (height, stem diameter, shoot fresh weight and shoot dry weight, root fresh weight). The data were subjected to the normality (Shapiro-Wilk) and homogeneity (Bartlett) tests, applying the analysis of variance and the comparison of means was done by the Tukey test at 5% probability. There was no pattern of behavior in relation to the pathogenicity of *M. javanica* in relation to *M. incognita*, as well as there was no difference in relation to phytotechnical and nutritional attributes in relation to resistant or low RF hybrids compared to successive hybrids.

Key Words: *Meloidogyne javanica*; *Meloidogyne incognita*; *Zea mays*; reproduction factor.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1	A CULTURA DO MILHO.....	8
2.1.1	Fenologia Do Milho E Nutrição Mineral	9
2.2	FITONEMATOIDES	14
2.2.1	Meloidogyne spp.....	15
2.3	HOSPEDABILIDADE DOS NEMATOIDES DE GALHA EM MILHO.....	16
2.4	RELAÇÃO NUTRIÇÃO MINERAL E DENSIDADE POPULACIONAL DE MELOIDOGYNE SPP	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	TESTES DE HOSPEDABILIDADE	21
3.2	ESTUDOS DO EFEITO DO PARASITISMO	22
3.2.1	Avaliações Fitotécnicas	22
3.2.2	Avaliações Nutricionais De Parte Aérea	23
3.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1	TESTES DE HOSPEDABILIDADE	25
4.2	ESTUDOS DO EFEITO DO PARASITISMO	27
5	CONCLUSÕES	36
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. Introdução

Os nematoides de galha (*Meloidogyne spp.*) são um dos principais problemas na agricultura e destacam-se pela ampla distribuição geográfica e elevada gama de hospedeiros. Tais fitonematoídes atacam o sistema radicular das plantas, que por sua vez sofrem por conta da dificuldade em absorver nutrientes e água, o que compromete o rendimento final da cultura.

Como estratégia de manejo, indica-se a adoção de práticas integradas para a obtenção de melhores resultados, sendo as mais recomendadas o uso de cultivares resistentes, controle químico e biológico e o consórcio, rotação ou sucessão de culturas com espécies resistentes ou hospedeiras desfavoráveis. Em quase todo o território nacional, emprega-se a sucessão soja/milho (*Glycine max/Zea mays*) por conta das vantagens econômicas que esses cultivos trazem aos produtores rurais. Logo, este modelo de cultivo vem trazendo diversos problemas advindos dessa sucessão, sendo um deles os problemas causados por alguns gêneros de fitonematoídes.

Na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), os principais sintomas causados pelos nematoides das galhas e os respectivos danos são facilmente identificados pelos agricultores. Já o milho não apresenta o típico engrossamento radicular, além disso, a multiplicação de tais nematoides não era observada, recomendando-se implantar tal cultura em rotação ou sucessão para o manejo dessa doença. Devido essas características, apesar da ausência de sintomas típicos, a maioria dos híbridos de milho utilizados no Brasil mostraram ser capazes de multiplicar os nematoides de galha. Por outro lado, existem híbridos resistentes ao *Meloidogyne javanica*, apresentando fator de reprodução (FR) inferiores a 1,0, enquanto para o *M. incognita*, a disponibilidade de fontes de resistência é menor, possibilitando apenas a seleção de híbridos considerados moderadamente resistentes.

O parasitismo dos nematoides das galhas dificulta a absorção de água e nutrientes, pois as raízes, órgão responsável pelo contato com os nutrientes estará comprometida estruturalmente. Logo, em plantas bem nutridas, os sintomas podem tornar-se menos agressivo, uma vez que as plantas com níveis adequados de nutrientes tendem possuir maior resistência ao ataque de patógenos, por conta de

diversas alterações positivas em sua constituição morfológica, como o aumento do volume do sistema radicular.

As hipóteses deste trabalho são que a deficiência de um determinado nutriente pode limitar ou alterar o crescimento e sistema radicular das plantas, sendo que os genótipos/variedades de milho apresentam características distintas na absorção de nutrientes. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é indicar híbridos e/ ou cultivares de milho resistentes ou com baixo FR ao *M. incognita* e *M. javanica*, para utilização em sucessão com a soja, bem como estudar o efeito do parasitismo destes nematoides sobre aspectos nutricionais, fisiológicos e fitotécnicos na cultura do milho de acordo com os níveis populacionais.

2. Revisão de Literatura

2.1 – A CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.), cultura pertencente à família *Poaceae*, antigamente pertencente à família das gramíneas, é o principal cereal produzido no Brasil (GOMES *et al.*, 2011). Tem sua possível origem na região do México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos (STRECK; SILVA; LANGNER, 2012), e apresenta grande adaptabilidade, podendo ser cultivado em locais de clima tropical, subtropical e temperados (BARROS; CALADO, 2014). Acredita-se que seja cultivado a pelo menos 5.000 anos, e que sua produção tenha se expandido a partir do momento que passou a ser cultivado na Europa (SILVA *et al.*, 2017).

O milho é um dos produtos mais importantes para consumo humano e animal. A região Norte do Paraná responde por aproximadamente 30% da produção do estado (PISSINATTI *et al.*, 2013). Sua importância se dá devido a utilização na alimentação humana e animal, principalmente para a avicultura, suinocultura e bovinocultura, além do seu emprego na produção de bioetanol, que justifica o crescente aumento nas produções em esfera global, auxiliando no crescimento das exportações do milho brasileiro (BAMPI; PAULA; ZILLI, 2016; MOREIRA *et al.*, 2019).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, ficando atrás dos Estados Unidos e China. As regiões que mais concentram a produção do grão são o Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), considerando as três safras de milho realizadas anualmente no país, estima-se que a safra 2019-2020 alcance uma produtividade de 102,1 milhões de toneladas, representando um aumento de 2,1% em relação a 2018-2019, e também um recorde na série histórica, mesmo diante de alguns cenários climáticos desfavoráveis que prejudicaram o potencial produtivo, sobretudo na região Sul (CONAB, 2020). Atrelado a isso, segundo dados do United States Department of Agriculture (USDA), o preço atual da saca de milho atingiu a maior alta dos últimos tempos, representando um aumento de 59% comparado aos valores da última safra (USDA, 2020).

Nas áreas de cultivo, as condições climáticas é o principal fator que interfere nos processos vitais da planta, desde a germinação até a maturação (MINUZZI; LOPES, 2015), e atrelado as condições do solo, densidade de semeadura,

população final de plantas, quantidade de espiga, dentre outros, se tornam responsáveis pelo potencial produtivo da cultura (VIAN *et al.*, 2016).

2.1.1 – Fenologia do milho e nutrição mineral

Na planta, a caracterização e entendimento da fenologia da cultura é vital para a compreensão acerca dos manejos a serem adotados durante seu cultivo (STRECK; SILVA; LANGNER, 2012). O milho possui inflorescências masculinas e femininas em uma mesma planta, sendo considerada uma planta monóica, mas que se desenvolve através de fecundação cruzada. Pela maturidade fenológica da inflorescência masculina ocorrer antes da feminina e por conta da arquitetura da planta, quando o grão de pólen é carregado pelo vento, não ser capaz de alcançar seu próprio estigma (LIMA; LAPERA; VILARINHO, 2018).

É uma planta do tipo C₄ apresentam maior eficiência em relação ao uso eficiente da água que outras plantas (MARSCHNER, 2012; TAIZ *et al.*, 2017). Os estágios de desenvolvimento da planta se dividem em vegetativo e reprodutivo. Quanto aos estádios vegetativos, divide-se em V_E, sendo o estágio de emergência, V₁ quando a primeira folha está totalmente desenvolvida, V₂ com o desenvolvimento total da segunda folha, V₃ o desenvolvimento total da terceira folha, seguindo até V_N, que é a enésima e última folha desenvolvida antes do pendoamento, estágio denominado de V_T. Os estádios reprodutivos se dividem em R₁, fase do embonecamento e polinização, R₂, denominado de bolha d'água, R₃ quando os grãos se apresentam no estado leitoso, R₄ sendo o estágio de grão pastoso, R₅ quando inicia a formação de dente, e R₆, o ultimo estágio, representando a maturidade fisiológica dos grãos (MAGALHAES; SOUZA, 2015).

Durante todos os estádios fenológicos, as plantas necessitam extrair nutrientes do solo, sendo esse um fator que influencia diretamente no desenvolvimento da cultura (GONDIM *et al.*, 2010). De acordo com Fageria (2009) e Taiz *et al.* (2017), apenas os nutrientes que desempenham papéis importantes na estrutura ou metabolismo e cuja ausência acarreta desenvolvimento anormal, podendo impedir a planta de completar seu ciclo de vida são considerados essenciais no desenvolvimento das plantas.

Os nutrientes dividem-se em macro e micronutrientes de acordo com suas concentrações nos tecidos das plantas. São considerados macronutrientes o

nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S), enquanto os micronutrientes são o cloro (Cl), ferro (Fe), boro (B), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), níquel (Ni) e molibdênio (Mo), além do sódio (Na) e silício (Si) que são comumente considerados como elementos benéficos. O hidrogênio (H), carbono (C) e oxigênio (O) são obtidos do solo, água e ar e são essenciais para determinados processos metabólicos das plantas (MALAVOLTA, 2006; FAGERIA, 2009; TAIZ *et al.*, 2017).

Entre os macronutrientes, o N é considerado um dos principais limitantes da produtividade na cultura do milho (COELHO; FRANÇA, 1995), uma vez que doses adequadas geram um aumento significativo da área foliar e na produção de massa de matéria seca (SORATTO *et al.*, 2011). O N exerce importantes funções nos processos bioquímicos da planta, sendo constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila (TAIZ *et al.*, 2017).

A clorose causada pela deficiência de N normalmente inicia nas folhas mais velhas, devido a sua alta mobilidade na planta, sendo translocado para as folhas mais jovens. No campo, os cultivos de milho deficientes em N aparecem verde-claro ou amarelo. Em gramíneas, o perfilhamento e o número de sementes por inflorescência são reduzidos, em comparação com plantas desenvolvidas sob teor adequado do nutriente (MARSCHNER, 2012). Assim, quanto mais eficiente for à adubação nitrogenada, melhor será a resposta em aumento de produtividade. Contudo, este investimento gera um alto custo (PAVINATO *et al.*, 2008; SOUZA, BUZETTI; MOREIRA, 2015). Ademais, fatores como perdas do N por volatilização de amônia, lixiviação, escoamento superficial e imobilização pela biomassa microbiana, podem reduzir a eficiência desse nutriente (FANCELLI, 2010; ALMEIDA *et al.*, 2015), fatores esses que podem ser minimizados com a utilização de fontes menos solúveis e de liberação lenta (SORATTO *et al.*, 2011).

No caso do K, apesar de não fazer parte de nenhum composto orgânico dentro da planta, é o segundo nutriente absorvido em maior quantidade pela cultura do milho (COELHO; FRANÇA, 1995), sendo que cerca de 30% é exportado para os grãos e pode aumentar a produção de matéria seca e o teor de proteína na planta, devido à participação na ativação de enzimas, na fotossíntese, na translocação de assimilados e na absorção de nitrogênio. A deficiência desse nutriente resulta em menor acúmulo de carboidrato (TAKASU *et al.*, 2014; DANTAS JUNIOR; CHAVES; FERNANDES, 2016). Segundo Rodrigues *et al.* (2014), a adição de doses de K₂O

proporciona aumento nos teores foliares de potássio e da clorofila, na altura da planta de milho e de inserção da espiga, além de aumentar os números de fileiras e de grãos por espiga. Contudo, é um elemento que requer um manejo complexo, já que perdas por lixiviação em solos arenosos ou com baixo teor de matéria orgânica são comuns (CRUZ *et al.*, 2014). Se o K for aplicado em quantidades insuficientes é possível que esgote as reservas desse nutriente no solo, ademais, a aplicação em quantidades excessivas intensifica as perdas por lixiviação (RODRIGUES *et al.*, 2014) e aumenta o efeito de salinização do solo (SOUSA *et al.*, 2019).

O P é um dos macronutrientes mais importantes para o desenvolvimento do milho, em especial na produção e qualidade de grãos, já que cerca de 85% do total de P absorvido é exportado para os grãos (RESENDE *et al.*, 2006). Além disso, é componente estrutural de macromoléculas, como ácidos nucléicos e fosfolipídios e componente da adenosina trifosfato (ATP), sendo elemento chave de várias vias metabólicas e reações bioquímicas (RESENDE *et al.*, 2006; TIRITAN, *et al.*, 2010; TAIZ *et al.*, 2017). Em plantas de milho deficientes em P, o crescimento é retardado e as folhas e colmos ficam com coloração arroxeadada. Na fase reprodutiva, as espigas ficam com má formação, tortas e com falhas nas fileiras de grãos. Além disso, a maturação das espigas também fica tardia e desuniforme (NOVAIS; SMITH, 1999).

O Ca atua na parte estrutural, sendo constituinte da parede celular das plantas, conferindo-lhes maior resistência (MAGALHÃES *et al.*, 2007). Nolla *et al.* (2009) observaram que as plantas de milho têm aumento no desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular, em razão da aplicação de doses de cálcio superiores às recomendadas para a cultura. A aplicação de calcário é a maneira mais usual para aumentar os teores de Ca trocável no solo, além de contribuir na elevação do pH e diminuir os teores de alumínio (Al) trocável (MOREIRA; CARVALHO; EVANGELISTA, 2005). Outra fonte de Ca aplicado nas plantas é reportada por Amaral *et al.* (2017), que observaram incrementos na produtividade e no crescimento do caule das plantas de milho, devido ao aumento na concentração de Ca fornecido na forma de gesso (CaSO₄), o qual é importante na cultura do milho, em razão de ser fonte de Ca e enxofre (S) prontamente disponível e melhora das condições do ambiente de exploração radicular com a neutralização do Al trocável (VITTI *et al.*, 2008).

O Mg é componente central da molécula de clorofila, influenciando diretamente o processo fotossintético e o metabolismo energético vegetal. Ele

apresenta várias funções, entre elas o crescimento e o desenvolvimento das plantas. A clorose das folhas totalmente expandidas é o sintoma visível mais evidente da deficiência de Mg (MARSCHNER, 2012; SILVA *et al.*, 2017). Celestrino *et al.* (2013) verificaram que aplicações de Mg proporcionam aumento na produtividade de grãos e, indiretamente promovem a melhoria da qualidade das sementes de milho, enquanto o S relaciona-se com a quantidade de matéria orgânica do solo (MOS) e sua mineralização, que gradualmente disponibilizará S na forma de sulfato e assim poderá ser absorvido pelas plantas (TIECHER *et al.*, 2013). Em situações de deficiência desse elemento, ocorre redução nas taxas de fixação de N (MOREIRA; EVANGELISTA; CARVALHO, 1998). Frandoloso *et al.* (2010) observaram que a adição de S incorporado à adubação fosfatada no milho propiciou um aumento na produção dos grãos e melhorou a eficiência dos adubos fosfatados. O S é constituinte de aminoácidos, coenzimas e vitaminas (MALAVOLTA, 2006; TAIZ *et al.*, 2017). Os sintomas de sua deficiência são facilmente confundidos com os sintomas promovidos pela deficiência de N, apresentando clorose foliar, redução do crescimento da planta e do acúmulo de antocianina, o que gera consequente redução no teor de matéria seca de parte aérea e de produtividade (TAIZ *et al.*, 2017; PROVENZANO *et al.*, 2020). Cabe destacar que em relação aos macronutrientes, a extração pelo milho ocorre geralmente na seguinte ordem: N > K > P > Ca > Mg > S (VON-PINHO *et al.*, 2009).

Com relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são pequenas. No entanto, desempenham funções vitais no metabolismo das plantas, quer como parte de compostos responsáveis por processos metabólicos e fisiológicos, quer como ativadores enzimáticos. Por isso a deficiência ou excesso de um determinado micronutriente pode influenciar os processos metabólicos da planta (FAVARIN; TEZOTTO; RAGASSI, 2008). No Brasil, os solos do Cerrado no geral apresentam deficiência de alguns micronutrientes, entre eles, o B, Cu e Zn (LUCHESE *et al.*, 2004). Comumente observa-se deficiência de B e Zn, seja pela constituição mineralógica do solo, suas características físicas, exportação desses nutrientes pelas colheitas ou alta utilização de adubos fosfatados (JAMAMI *et al.*, 2006).

Para as plantas, o B apresenta grande importância para a germinação e formação do grão de pólen, alongamento celular e na síntese de ácidos nucleicos (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; TAIZ *et al.*, 2017). Em solos com baixo teor

de B, Fageria (2000) constatou que aplicação do nutriente incrementou a produção de matéria seca das raízes (MSR) e da parte aérea (MSPA) do milho. Com relação ao Zn, a deficiência pode apresentar clorose internerval nas folhas velhas, com sucessivas manchas brancas e necróticas, o que ocorre devido à necessidade do elemento na biossíntese da clorofila (TAIZ *et al.*, 2017). Pereira, Ernani e Sangoi (2007) reportaram que a absorção do Zn pelo milho aumenta conforme sua disponibilidade, mas não gera maiores rendimentos em relação a MSPA e sua absorção é diminuída conforme o aumento do pH do solo (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

O Cu é fornecido para as lavouras no solo via aplicação foliar diretamente na planta na forma de fertilizante ou no tratamento de semente (LUCHESE *et al.*, 2004). O milho requer teores baixos desse nutriente, mas quando o fornecimento é inferior ao requerido pela planta, ocorrem reduções na produtividade, e sintomas, como a produção de folhas verde-escuro com manchas necróticas, retorcias e mal formadas, e quando fornecido em excesso, eleva o estresse oxidativo das plantas, clorose foliar e inibição do crescimento (BARBOSA *et al.*, 2013; TAIZ *et al.*, 2017). A contribuição do Cl para a planta em termos nutricionais é muito baixa, e problemas com o excesso são mais decorrentes que problemas pela deficiência do elemento devido ser aplicado diretamente com o K na forma de cloreto de potássio (KCl) (MALAVOLTA, 2006). É encontrado nas plantas na forma de íon de cloreto, sendo necessário para algumas etapas da fotossíntese e para o processo de divisão celular (TAIZ *et al.*, 2017). Em estudos realizados por Ferreira *et al.* (2007), observou-se que o excesso de Cl diminuiu a absorção de N, P e S por plantas de milho.

O Fe participa do processo de fotossíntese, respiração e balanço hormonal da planta, e em relação a esse nutriente, percebe-se grande preocupação em elevar os teores nos grãos pensando na alimentação humana (MALAVOLTA, 2006; QUEIROZ *et al.*, 2011). Para o milho, em estudo buscando identificar os índices diagnósticos para interpretação de análise foliar objetivando produções acima de 12 Mg ha⁻¹, o Fe foi o nutriente que apresentou maior deficiência nutricional (GOTT *et al.*, 2014). Malavolta (2006) relata que o Fe dificulta a absorção de Mn, sendo o inverso também verdadeiro. O Mn atua principalmente na fotossíntese, respiração e controle hormonal, e apresenta como sintoma de deficiência uma clorose internerval associadas a pequenas manchas necróticas, sendo o excesso de calagem o fator que mais favorece a deficiência do nutriente (MALAVOLTA, 2006; FAGERIA, 2009; TAIZ

et al., 2017). Além da produção de grãos para produção de farelo, Song *et al.* (2013) verificaram que a utilização de Mn na adubação do milho potencializou a produção de etanol.

Para a assimilação do nitrato (NO_3^-) pelas plantas, é indispensável a presença do Mo (PEREIRA *et al.*, 2012), e dessa forma, sua deficiência pode propiciar a deficiência de N nas plantas (TAIZ *et al.*, 2017). Para o milho, recomenda-se a aplicação por tratamento de semente e via foliar, e não há indícios que a utilização de doses acima da recomendada de Mo para essa cultura contribuam para o aumento da produtividade (SILVA *et al.*, 2018). A principal função do Ni é na quebra da urease na fixação biológica do N (MALAVOLTA, 2006). Devido à pequena quantidade necessária, pode ser adicionado pela emissão de gases das industriais metalúrgicas, queima de combustíveis fósseis, adição de lodo de esgoto, tratamento de sementes, dentre outros, podendo causar toxidez às plantas em doses elevadas (TORRES *et al.*, 2016). Sugere-se que o efeito tóxico do Ni em plantas de milho seja maior em solos com alta acidez, mas muitos mecanismos envolvidos nessa relação ainda são desconhecidos ou sendo estudados (GUO *et al.*, 2010).

2.2 – FITONEMATOIDES

Fitonematoides são organismos filiformes de coloração translúcida e tamanho reduzido, considerados seres aquáticos que sobrevivem no solo desde que haja o mínimo de umidade, responsáveis por causar problemas fitossanitários em todas as partes da planta, possuindo as raízes como alvo principal (FERRAZ *et al.*, 2010)

Encontram-se disseminados nas áreas agrícolas do país e são responsáveis por perdas expressivas nas mais diversas culturas (DIAS-ARIEIRA *et al.*, 2010) por serem extremamente polípagos e possuírem uma grande gama de hospedeiros (FERRAZ *et al.*, 2010). Diferenciam-se dos nematoides de vida livre pela presença do estilete bucal na cavidade oral, cuja principal função é perfurar as células e retirar seus nutrientes (FERRAZ *et al.*, 2010; FREITAS; OLIVEIRA; FERRAZ, 2014).

No Brasil, os gêneros de maior importância nas culturas de maior interesse agrícola e econômico pertencem a ordem Tylenchina, possuem estomatoestilete e esôfago tilencoide, sendo representados pelos nematoides do

gênero *Pratylenchus* spp. conhecidos por expressarem lesões radiculares, o gênero *Heretodera* spp, que compreende os “nematoides de cisto da soja”, o gênero *Rotylenchus* spp., responsável por causar danos expressivos na cultura do algodão, o gênero *Tylenchulus* spp., popular “nematoide dos citros”, e o gênero *Meloidogyne* spp., o principal e mais expressivo desta lista, conhecido como “nematoide das galhas” (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2018).

Qualquer seja o gênero, os danos causados nas plantas são bastante variáveis. Para algumas plantas, baixas populações podem causar danos irreversíveis, enquanto outras podem suportar o ataque severo sem sofrer danos expressivos. Todas essas interações são influenciadas pelo tipo de solo, temperatura, umidade e outros fatores ambientais (FERRAZ *et al.*, 2010). Os sintomas geralmente são refletidos na parte aérea das plantas, sendo muitas vezes menosprezados e conferidos a outros fatores, como deficiência nutricional, manejo inadequado ou déficit hídrico (DIAS-ARIEIRA *et al.*, 2010).

2.2.1 *Meloidogyne* spp.

O gênero *Meloidogyne* spp. compreende os nematoides conhecidos como “nematoides das galhas”, e representam o gênero de maior importância econômica, com mais de 90 espécies distribuídas mundialmente, sendo *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. hapla* os principais nesse contexto (SILVA; SANTOS; SILVA, 2016), sendo registrados como parasitas obrigatórios em pelo menos 2000 espécies vegetais (HERNÁNDEZ-OCHANDÍA *et al.*, 2012).

O ciclo de vida dos nematoides desse gênero compreendem o ovo, quatro estádios juvenis e o estádio adulto (HERNÁNDEZ-OCHANDÍA *et al.*, 2012). A primeira ecdise ocorre ainda no ovo, e o nematoide eclode já no segundo estádio (J₂), iniciando o parasitismo, ainda filiforme, adentrando as raízes das plantas na zona de alongamento celular, movendo-se até encontrar um local adequado para servir de sítio de alimentação, na endoderme ou periciclo. O nematoide injetará secreções em cinco ou seis células, que terão a função de dreno metabólico, transformando-se em células hipertrofiadas e multinucleadas, chamadas de células nutridoras, que poderão ou não resultar no engrossamento radicular, e que fornecerão a nutrição completa para o desenvolvimento dos nematoides, que a partir desse momento mudará seu formato

de filiforme a salsichoide, (FERRAZ; BROWN, 2016) transformando-se em um organismo sedentário (ELLING, 2013).

Fixo ao tecido nutridos, o nematoide sofrerá as ecdises para o estágio J₃ e J₄, avançando para os estádios adultos, em que o dimorfismo sexual apresentado pelo gênero *Meloidogyne* spp. ficará evidente, de forma que o macho reestabelecerá o formato filiforme com certo retorcimento, recuperando a motilidade, podendo em alguns casos retornar ao solo, enquanto a fêmea, quando sexualmente madura, apresentará o formato aberrante de saco permanecendo sedentárias e colocando até 400 ovos sob condições favoráveis (ELLING, 2013; FERRAZ; BROWN, 2016).

Além dos sintomas típicos como reboleiras com plantas de menor porte, clorose, escassez das radículas e redução na produtividade (FERRAZ; BROWN, 2016; SCHIMITT; BELLÉ, 2016), os nematoides desse gênero podem causar a formação de galhas nas raízes (ELLING, 2013), que é um bom indicador da ocorrência da doença, mas não acontece necessariamente em todos os casos (SILVA, 2001).

O manejo de nematoides, e em especial desse gênero não é simples, indicando-se integrar vários métodos, como a rotação de culturas, o uso de cultivares com resistência total ou parcial, controle químico e biológico em busca de maior eficiência (ARAUJO; BRAGANTE; BRAGANTE, 2012), e mesmo assim, dificilmente ocorrerá uma eliminação total dos nematoides na área.

2.3 HOSPEDABILIDADE DOS NEMATOIDES DE GALHA EM MILHO

Para o controle de diversos gêneros de nematoides, a utilização de plantas armadilhas, maus hospedeiros, e a utilização de plantas com exsudados nematicidas e nematostáticos é muito interessante e responsiva, porém, a maioria dessas plantas são consideradas plantas de cobertura, e não dão retorno econômico ao produtor (COSTA; PASQUALI; PREVEDELLO, 2014).

Entre as plantas de importância econômica, o milho é a principal espécie utilizada em sucessão e, ou rotação de culturas, especialmente com a soja (NEVES *et al.*, 2016) objetivando-se a redução do nível populacional de fitonematoides (DIAS *et al.*, 2010). Atualmente, sabe-se que tal redução é possível se tratando de nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines*) e do nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*). Porém, contrário ao que se acreditava e recomendava

durante muito tempo, a maioria dos híbridos de milho multiplica *M. incognita* e *M. javanica*, favorecendo o aumento dessas espécies na área (MORITZ *et al.*, 2008; CUNHA *et al.*, 2015).

Os dois gêneros de nematoides de maior importância para a cultura do milho são *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp. (MC DONALD; WAELE; FOURIE, 2017). Mendonça Filho *et al.* (2012) relataram que um sistema de sucessão de culturas utilizando cultivares suscetíveis de soja e milho pode promover aumento populacional de *Pratylenchus* spp., e por isso, recomendaram não utilizar cultivar suscetível em áreas infestadas com esse nematoide.

No Brasil, os primeiros relatos da multiplicação de nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. por plantas de milho foram feitos por Teixeira e Moura (1985) e por Lordello *et al.* (1986), em que o último autor relata que mesmo não havendo galhas tão expressivas como em outras culturas, as perdas produtivas podem ser elevadas.

Trabalhos objetivando compreender mais claramente o parasitismo do *Meloidogyne* spp. em milho foram feitos desde então (LEVY *et al.*, 2009). Pinto (2008) relata que de 18 genótipos de milho avaliados, todos comportaram-se como bons hospedeiros de *M. javanica*. Para o *M. incognita*, Moritz *et al.* (2003) avaliaram 30 cultivares de milho e todos se comportaram como suscetíveis, mesmo resultado obtido por Carneiro *et al.* (2007), no estudo do comportamento de sete cultivares.

Graças aos trabalhos de melhoramento, diversas cultivares de milho apresentam algum grau de resistência ao *M. javanica* e *M. incognita* (MORITZ *et al.*, 2008). Em avaliação feita por Ribeiro *et al.* (2002) com 34 genótipos de milho, todos apresentaram-se como resistentes em relação ao *M. javanica*, exibindo divergências entre os resultados obtidos para o *M. incognita*, demonstrando baixo fator de reprodução para alguns genótipos, enquanto outros se comportaram como ótimos hospedeiros para tal espécie, mas nenhum com resistência.

As alterações anatômicas evidenciadas pelo parasitismo de nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. foram descritas por Asmus, Ferraz e Appezzato-da-Glória (2000). Esses autores verificaram a presença de pequenas galhas nas pontas das raízes, células parenquimáticas com intensa hipertrofia, e estabelecimento de sítios de alimentação constituídos por células gigantes e multinucleadas, com paredes espessas, citoplasma denso e alto teor proteico. Observou-se ainda, que diversos elementos do xilema apresentaram estrutura

anormal com tamanho reduzido e células espessas, podendo demonstrar o esforço da planta de milho em conter o ataque do patógeno. Os autores citam ainda que a ausência de galhas ditas comuns para tal gênero fazem com que o nematoide não tenha uma interferência drástica nos processos de absorção de água e nutrientes, entretanto, isso não impede que altas taxas reprodutivas ocorram no interior dessas raízes.

Com relação à sintomatologia, plantas de milho atacadas por *Meloidogyne* spp. podem vir a apresentar enfezamento, plantas cloróticas, murcha em dias quentes e recuperação a noite, espigas pequenas e baixa granação, sendo mais comum que tais sintomas ocorram em reboleiras (PINTO, 2008).

2.4 RELAÇÃO NUTRIÇÃO MINERAL E DENSIDADE POPULACIONAL DE *MELOIDOGYNE* SPP.

Os nutrientes podem predispor diretamente ou indiretamente as plantas ao ataque de patógenos, reduzir ou aumentar a severidade de doença, afetar o ambiente, favorecendo ou desfavorecendo os patógenos e também induzir resistência ou tolerância a planta hospedeira (ZAMBOLIM; COSTA; VALE, 2001), já que podem alterar sua composição química, morfológica e criar barreiras físicas (CARVALHO *et al.*, 2013)

O modo de ação do N no controle dos nematoides não está totalmente evidenciado. Sabe-se que a forma amoniacal, presente em fertilizantes ou em materiais orgânicos é mais prejudicial aos nematoides que a forma nítrica. A amônia (NH₃) está envolvida em mecanismo como a ruptura de membranas, a eliminação de gradientes de prótons através da membrana e a exaustão da energia química das células (FERRAZ *et al.*, 2010; OKA, 2010).

O efeito do P no controle do nematoides também pode ter respostas variadas em função da fonte utilizada. A aplicação do P na forma de superfosfato triplo, foi mais eficiente comparado ao superfosfato simples no controle de *Pratylenchus scirneri* em plantas de milho, soja e algodão (COLLINS; RODRÍGUES-KABANA, 1971). Esse nutriente está ligado à síntese de proteínas, a atividade celular e a produção de polifenóis, peroxidase e de NH₃ (WANG; BERGESON, 1974).

A nutrição adequada em K resulta em menor incidência de doenças, devido ao aumento da resistência à penetração de patógenos. O K aumenta a espessura da parede celular em células da epiderme, promove rigidez da estrutura dos tecidos e regula o funcionamento dos estômatos. Promove ainda uma rápida recuperação dos tecidos injuriados (HUBER; ARNY, 1985; MARSCHNER; CAKMAK, 1986). A presença de K também está relacionada com o acúmulo de fitoalexinas e de fenóis, que circundam os sítios de alimentação do patógenos, causando a ineficiência dos mesmos (HUBER; ARNY, 1985).

A aplicação de doses de KCl até os níveis aproximados de 90 e 106 kg ha⁻¹ de K₂O contribui para reduzir o número de fêmeas e cistos de *Heterodera glycines* (ROCHA *et al.*, 2007). Dias-Arieira *et al.* (2012), em estudo envolvendo o uso de fosfito de K, observou que o mesmo é eficiente na redução da população de *P. brachyurus* em milho. Entretanto, na soja foi ineficiente na redução populacional de *M. javanica* (CARDOSO *et al.*, 2017).

Solos menos ácidos proporcionam maior resistência da parede celular das raízes e, conseqüentemente, dificultam a entrada, a alimentação e a movimentação de nematoides. Já a deficiência de Ca leva ao enfraquecimento da planta, ocasionando menor sistema radicular. Também causa outros efeitos fisiológicos, como a murcha. Essas interações podem favorecer o aparecimento de doenças e facilitara penetração dos fitonematoides (SILVA *et al.*, 2017). Além disso, o Ca está diretamente relacionado com a integridade da membrana plasmática e da parede celular, necessitando estar em níveis adequados no solo, pois plantas deficientes são mais suscetíveis aos nematoides (HURCHANIK *et al.*, 2003).

Debiasi *et al.* (2014) estudaram, em três safras, 35 lavouras infestadas por *P. brachyurus* em diferentes regiões do Estado do Mato Grosso. Os resultados indicaram a existência de relação entre a intensidade dos sintomas e os atributos relacionados à acidez do solo. Das reboleiras avaliadas, 66% tinham os teores de Ca inferior, quando comparados com os teores fora das reboleiras. Em 74% destas reboleiras, os teores de Ca estavam em patamares inferiores aos níveis indicados para o cultivo da soja. Possivelmente, os menores teores de Ca nas reboleiras estejam associados a um menor crescimento radicular, e conseqüentemente, ao aumento de danos nas raízes e na parte aérea das plantas de soja.

De acordo com Marschner (2012), a deficiência nutricional tanto de macronutrientes como de micronutrientes, leva ao acúmulo de substâncias orgânicas

de baixo peso molecular e dessa forma reduz a resistência da planta a patógenos. Graham (1983) menciona que o Cu, B e Mn influenciam a síntese de lignina. Esta atua como uma barreira de proteção contra patógenos (GRAHAM E WEBB, 1991), como os nematoides. O Zn, Fe e Ni têm efeitos possivelmente relacionados à síntese de fitoalexinas, enquanto o Si e lítio (Li) atuam como barreira física à invasão de patógenos (GRAHAM, 1983).

É considerado que a omissão de nutrientes não interfere na redução da atividade dos nematoides, sendo recomendado que o fornecimento de todos os nutrientes necessários para cada cultura seja feito de forma equilibrada, visto que a falta de algum nutriente pode aumentar a severidade de doenças (FERRAZ, 2010).

3. Material e Métodos

3.1 TESTES DE HOSPEDABILIDADE

Os experimentos para a seleção de genótipos/variedades de milhos resistentes a *M. incognita* e *M. javanica* foram conduzidos em casa-de-vegetação da Embrapa Soja, em Londrina, Estado do Paraná (23°11'44" LS e 51°10'35" LO), em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. Avaliou-se 26 híbridos e/ ou cultivares, cujas sementes foram fornecidas pela APROSOJA (Associação dos Produtores de Soja).

Obteve-se os inóculos de populações puras de *M. incognita* e de *M. javanica*, mantidas na Embrapa Soja, e multiplicadas em soja suscetível ('Embrapa 20') durante 60 dias. Passado esse período, retirou-se as raízes das plantas dos vasos, as mesmas foram lavadas para retirar o solo aderente e, na sequência, trituradas em liquidificador, em presença de hipoclorito de sódio 0,5% (Boneti; Ferraz, 1981) para extração dos ovos e possíveis juvenis de segundo estágio (J₂). Verteu-se a suspensão obtida em peneiras de 200 e 500 mesh. O material retido na peneira de 200 mesh foi descartado e os ovos e J₂ recuperados na peneira de 500 mesh transferidos para béquer e em seguida, quantificados com o auxílio de microscópio óptico e câmara de Peters.

Colocou-se sementes dos genótipos de milho e dos padrões de resistência e de suscetibilidade para germinar em vasos de argila, com capacidade para 1,0 L, contendo substrato formado pela mistura de solo e areia (1:3). Uma semana após a emergência, realizou-se o desbaste, deixando uma planta por vaso. Inoculou-se cada planta com cerca de 2.000 ovos e J₂, com o auxílio de pipeta automática com capacidade para 5 mL.

Passados 60 dias da inoculação, coletou-se o sistema radicular de cada planta, que foi lavado para retirar o solo aderente. As raízes foram trituradas em liquidificador, para extração dos ovos e J₂ do nematoide produzidos no período. A suspensão obtida foi vertida sobre peneiras de 200 e 500 mesh, sobrepostas. Os ovos e J₂ retidos na peneira de 500 mesh foram quantificados com o auxílio de câmara de Peters e microscópio óptico.

Conhecida a população média de nematoides em cada genótipo, determinou-se os (FR) como proposto por Oostenbrink (1966). O FR, obtido pela relação entre as populações final (PF) e inicial (PI), isto é, $FR = (PF / PI)$, mede o incremento da população do nematoide no período considerado. Como proposto por Moura & Regis (1987), o genótipo de milho com o maior FR será considerado o padrão de suscetibilidade (PS). Categorizou-se a reação dos genótipos em três categorias: resistente (FR com valor <10% do FR exibido pelo PS); moderadamente resistente (FR \geq 10% e <30% do FR do PS); e suscetível (FR com valor \geq 30% do FR do PS).

3.2 ESTUDOS DO EFEITO DO PARASITISMO

Os testes foram implementados, no ano de 2020, em casa de vegetação. Para cada nematoide (*M. incognita* e *M. javanica*), utilizou-se dois genótipos de milho selecionados no teste de hospedabilidade, um resistente ou moderadamente resistente e outro suscetível, que apresentam o menor e o maior valor de FR, respectivamente.

Inoculou-se 30 plantas de cada um dos genótipos de milho com 5.000 ovos e J₂ de *M. incognita* ou *M. javanica*. Inoculou-se também plantas de soja consideradas padrões de resistência e suscetibilidade para garantir a viabilidade do inóculo. Aos 50 dias após a inoculação aplicou-se ureia (45% de N) na dose de 100 mg kg⁻¹ de N em todos os vasos.

Os procedimentos para obtenção dos inóculos, o tipo de vaso e as metodologias utilizadas para a condução dos experimentos foram os mesmos utilizados nos testes de hospedabilidade. Realizou-se previamente uma análise química do substrato utilizado.

Aos 60 dias após a inoculação avaliou-se aspectos fitotécnicos e nutricionais das plantas de milho.

3.2.1 Avaliações fitotécnicas

3.2.1.1 Índice SPAD

O teor relativo de clorofila (índice SPAD) foi estimado com o medidor indireto de clorofila Minolta 502[®] aos 60 dias após inoculação, na quarta folha completamente expandida de cada planta a contar do ápice.

3.2.1.2 Altura, número de folhas e diâmetro do caule de plantas

Aos 60 dias após inoculação contabilizou-se o número de folhas, aferiu-se a altura com o auxílio de uma régua, sendo realizada a medida do nível do solo até o ápice do ramo principal da planta, enquanto o diâmetro do caule foi medido com o auxílio de um paquímetro digital na altura de 1,0 cm do solo em cada planta.

3.2.1.3 Peso de massa fresca e seca da parte aérea e da massa seca das raízes

Cada planta de milho foi dividida em parte aérea e parte radicular. Tanto a parte aérea quanto a parte radicular foram pesadas assim que o material foi retirado do vaso para a obtenção da massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca de raízes (MFR). No caso da parte radicular, a pesagem ocorreu após serem imersas em água por cinco minutos, lavadas na sequência em água corrente para a retirada do solo aderido, e deixadas em repouso por 120 minutos.

A parte aérea das plantas foram postas em sacos de papel previamente identificados, e colocadas para secar em estufa com circulação de ar forçada à 65 °C, até que se obteve massa constante para aferição da massa seca de parte aérea (MSPA).

3.2.2 Avaliações nutricionais de parte aérea

Após a parte aérea das plantas ter atingido massa constante foram moídas em liquidificador e, posteriormente, submetidas à análise química, para a determinação dos teores de macro (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) adotando-se as metodologias descritas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

O N foi determinado por titulação, P por colorimetria, K foi quantificado por fotometria de chama e os teores totais de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn no tecido vegetal por espectrofotometria de absorção atômica.

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram analisados por meio do programa RStudio (2015), e submetidos aos testes de normalidade de resíduos (Shapiro-Wilk, $p \leq 0,05$) e de homocedasticidade (Bartlett), aplicando-se posteriormente a análise de variância (ANOVA), teste F e a comparação de contraste de médias feitas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (PIMENTEL-GOMES, 1990).

4. Resultados e Discussão

4.1 TESTES DE HOSPEDABILIDADE

Com os resultados do teste de hospedabilidade para o *M. javanica* selecionou-se o genótipo P3380HR com FR = 0,0 e o P30F53VYHR com FR = 10,9, o primeiro representando o genótipo com maior resistência a essa espécie e o segundo o mais suscetível (Tabela1).

Tabela 1 – Teste de hospedabilidade dos genótipos de milho a *Meloidogyne javanica*.

Genótipos de milho	Média*	FR**
P3380HR	83	0,0
SX7341 VIP3 / SupremoVIP3	583	0,1
NS 50PRO2	583	0,1
2A401PW	750	0,2
Syn 455VIP3	750	0,2
P3707VYH	900	0,2
CD 3612 PW	1167	0,2
Refúgio MAX3700 RR2	2250	0,5
DKB 290 PRO3	2750	0,6
P30S31VYH	3100	0,6
CR106	4083	0,8
FEROZ VIP	4400	0,9
2B688 PW	4417	0,9
NS 92PRO	5250	1,1
GNZ 7280PRO2	6000	1,2
RB 9110PRO	6167	1,2
2B810 PW	11583	2,3
DKB 363 PRO3	16600	3,3
DKB 390 convencional	20167	4,0
Fórmula VIIP Lote 74254262	20417	4,1
DKB 390 PRO2	27833	5,6
2M60	33167	6,6
Fórmula VIP Lote 74154170	34900	7,0
P30K75	42200	8,4
AG 8088 PRO 2	43833	8,8
P30F53VYHR	54300	10,9

*Número de nematoides (ovos e J2) obtido na planta.

**Fator de Reprodução (FR)= (população final de ovos e J2/população inicial de ovos e J2 (5000)).

Já para o *M. incognita*, os genótipos selecionados foram o FEROZ VIP, que apresentou um FR = 2,9 como o mais resistente e o genótipo CD 3612pw, com FR = 24,2 sendo o mais suscetível nesse teste (Tabela 2).

Tabela 2 - Teste de hospedabilidade dos genótipos de milho a *Meloidogyne incognita*.

Genótipos	Média	FR**
FEROZ VIP	14667	2,9
DKB 363PRO3	20333	4,1
2M60	28750	5,8
P 30K75	31250	6,3
SX7341 VIP/ Supremo VIP3	35417	7,1
NS 50PRO2	36100	7,2
28810 PW	38500	7,7
P 30F53VYHR	38833	7,8
P 3380HR	40500	8,1
CR106	40833	8,2
Fórmula VIP Lote 74254262	41583	8,3
P 3707VYH	46500	9,3
DKB 390 convencional	49250	9,9
2A401PW	52800	10,6
NS 92PRO	52833	10,6
DKB 290 PRO3	53750	10,8
Refúgio MAX3700 RR2	54083	10,8
GNZ 7280PRO2	54167	10,8
DKB 390 PRO2	58167	11,6
P 30S31VYH	58700	11,7
SYN455 VIP3	68167	13,6
RB 9110PRO	78417	15,7
AG 8088 PRO2	83667	16,7
Fórmula Vip Lote 74154170	93250	18,7
2B688 PW	105917	21,2
CD 3612 PW	121167	24,2

*Número de nematoides (ovos e J2) obtido na planta.

**Fator de Reprodução (FR)= (população final de ovos e J2/população inicial de ovos e J2 (5000)).

Nota-se uma grande diferença no FR do *M. javanica* comparado ao *M. incognita* nos genótipos de milho testados. Verificou-se que os genótipos de milho se comportaram como bons hospedeiros para o *M. incognita* e concorda com os estudos realizados por Campos e Rocha (1999) e Silveira e Inomoto (2017), apresentando elevado FR em todos os casos, corroborando com os resultados encontrados, descartando-se a possibilidade de recomendá-los para áreas com infestação de tal nematoide.

Já para o *M. javanica*, diversos genótipos de milho testados apresentaram baixo FR e um dos genótipos (P3380HR) apresentou resistência. Resultados semelhantes foram observados por Manzote et al (2002), Ribeiro (2002),

Levy et al (2009) e Caldeiran-Bisognin (2017), e pode ser explicado pelo fato de alguns genótipos de milho possuírem herança genética que promove tal resistência (SAWAZAKI, 1998).

4.2 ESTUDOS DO EFEITO DO PARASITISMO

Foi realizado uma análise do solo utilizado na implantação do experimento. Todos os atributos estão classificados como médio, alto ou muito alto segundo Pauletti e Motta (2019) (Tabela 3).

Tabela 3 – Principais atributos químicos da análise química de utilizado nos vasos.

Atributo	Unidade	Valor	Classificação ¹
pH (H ₂ O)	-log(mol l ⁻¹)	5,6	Médio
pH (CaCl ₂)	-log(mol l ⁻¹)	4,9	Médio
Matéria orgânica (MO)	%	12,7	Baixo
Cálcio (Ca ²⁺)	cmol _c dm ⁻³	4,0	Alto
Magnésio (Mg ²⁺)	cmol _c dm ⁻³	0,7	Médio
Alumínio trocável (Al ³⁺)	cmol _c dm ⁻³	0,0	Não consta
CTC potencial	cmol _c dm ⁻³	7,9	Médio
CTC efetiva	cmol _c dm ⁻³	5,1	Alto
Saturação por base	%	64,7	Alto
Fósforo disponível	mg dm ⁻³	33,9	Muito alto
Potássio (K ⁺)	cmol _c dm ⁻³	0,3	Alto
Enxofre (SO ₄ ²⁻)	mg dm ⁻³	117,3	Muito alto
Boro (B)	mg dm ⁻³	0,9	Muito alto
Cobre (Cu)	mg dm ⁻³	5,7	Muito alto
Ferro (Fe)	mg dm ⁻³	134,1	Muito alto
Manganês (Mn)	mg dm ⁻³	175,3	Muito alto
Zinco (Zn)	mg dm ⁻³	2,0	Alto

¹Classificação segundo o Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná.

Quanto ao índice SPAD, o híbrido FERROZ VIP apresentou relação inversa com a altura de plantas, sendo o único que apresentou valor estatisticamente menor comparado aos demais híbridos (17,03) (Figura 1A). Em contrapartida, em

relação à altura de planta, também foi o único que apresentou um valor estatisticamente maior (136,95 cm) (Figura 1B).

Com relação ao número de folhas, o híbrido P30F53VYHR apresentou valor estatisticamente maior de número de folhas (8,80), seguido pelo FERROZ VIP (8,20), enquanto os híbridos CD3612pw e P3380HR apresentaram valores semelhantes estatisticamente (8,03 e 7,93) (Figura 1C). No caso do diâmetro do caule, o híbrido P30F53VYHR também apresentou o maior valor (12,58 mm), seguido pelos híbridos CD3612pw e FERROZ VIP (10,60 e 10,51 mm), e o híbrido P3380HR apresentou o menor valor estatístico (9,45 mm) (Figura 1D). Tais resultados demonstram que quando cultivado nas mesmas condições edáficas, híbridos de milho provenientes de obtentoras com parentais distintos apresentam componentes fitotécnicos diferentes, que muitas vezes não reflete na produção de grãos, o que é relatado com detalhes por Baligar, Fageria e He (2010).

O híbrido P30F53VYHR apresentou as maiores médias de MFPA (111 g) e MSPA (0,03 g) (Figura 2A e B), e a segunda maior média em relação a MFR (67,37 g) (Figura 2C). O híbrido P3380HR exibiu as menores médias de MFPA (73,97 g) MSPA (0,02), e a segunda menor média de MFR (54,19 g). O híbrido FERROZ VIP apresentou a maior média de MFR (68,37 g), enquanto o CD3612pw demonstrou a menor média para tal variável avaliada (52,59 g).

De acordo com os portfólios das empresas de melhoramento genético, os híbridos P30F53VYHR, FERROZ VIP e CD3612pw são de ciclo precoce, enquanto o P3380HR é de ciclo super-precoce. Por esse motivo, atrelado ao fato de o mesmo ter apresentado um FR = 0 no teste de hospedabilidade ao *M. javanica* e ser um híbrido simples, era esperado que o mesmo obtivesse médias superiores aos demais nas avaliações aferidas. O híbrido FERROZ VIP, que apresentou FR = 2,9, sendo esse o menor valor no teste de hospedabilidade ao *M. incognita* apresentou as maiores médias para altura de planta e massa fresca de raízes (MFR), entretanto, as demais avaliações fitotécnicas realizadas não demonstraram vantagens em relação aos demais híbridos avaliados.

Figura 1 – Unidade SPAD (A), altura de planta em centímetros (B), número de folhas (C) e diâmetro do caule em milímetros (D) em híbridos de milho em razão do parasitismo de *Meloidogyne javanica* em híbrido resistente (P3380HR) e suscetível (P30F53VYHR) e *M. incognita* em híbrido resistente (FEROZ VIP) e suscetível (CD3612pw) 60 dias após inoculação.

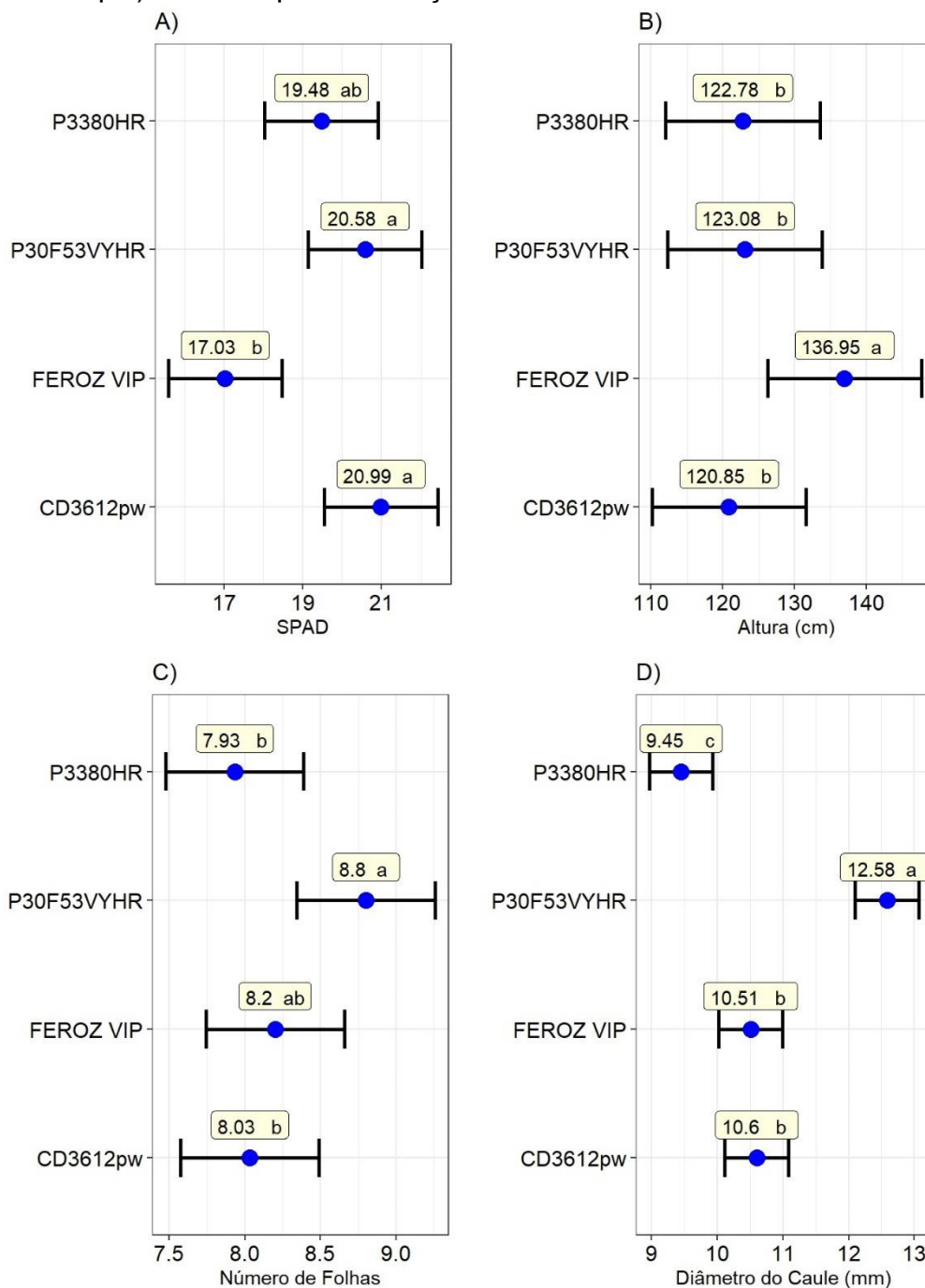
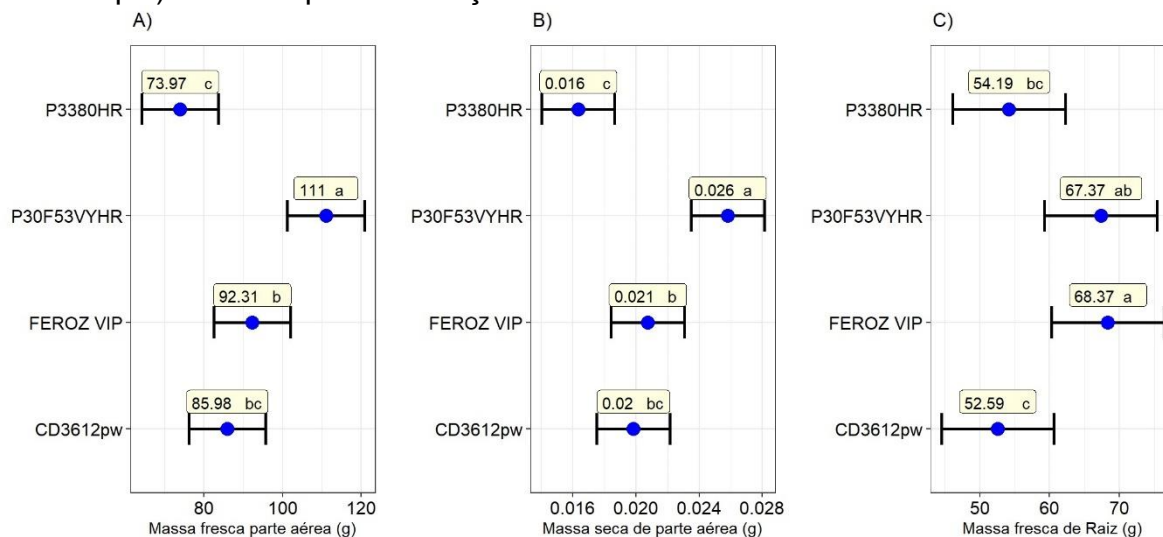


Figura 2 – Massa fresca de parte aérea - MFPA (A), massa seca de parte aérea - MSPA (B) e massa fresca de raízes – MFR (C) em híbridos de milho em razão do parasitismo de *Meloidogyne javanica* em híbrido resistente (P3380HR) e suscetível (P30F53VYHR) e *M. incognita* em híbrido resistente (FEROZ VIP) e suscetível (CD3612pw) 60 dias após inoculação.



Em experimento realizado por Levy et al. (2009), no qual também foi avaliada a reação de genótipos de milho ao parasitismo de *M. incognita*, verificaram que os genótipos que apresentaram baixo FR demonstraram resultados superiores aos demais nas avaliações de HP e matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas aos 60 dias após inoculação. Santos et al. (2002), em estudo avaliando o desempenho de híbridos de milho, verificaram que independentemente das progênies, que quanto maior for a HP maior será sua produtividade de espigas ou de grãos. Conte et al. (2014), em estudos avaliando a produtividade do milho de acordo com as variáveis fitotécnicas da planta, observaram que a fragilidade das plantas de milho ao acamamento pode estar relacionada ao diâmetro do colmo, ou seja, plantas com colmos de maior diâmetro costumam apresentar maior resistência ao acamamento, estando o porte das plantas também relacionado.

Com relação aos teores de N na parte aérea, os híbridos P3380HR e CD3612pw obtiveram médias estatisticamente maiores que os demais, sendo o primeiro o híbrido de maior resistência ao *M. javanica* e o segundo o de maior suscetibilidade ao *M. incognita* (Figura 3A). Os teores de P foi estatisticamente igual por todos os híbridos (Figura 3B). Quanto ao K, ao contrário do que ocorreu com o N, os teores foram estatisticamente maior nos híbridos P30F53VYHR, que se apresentou

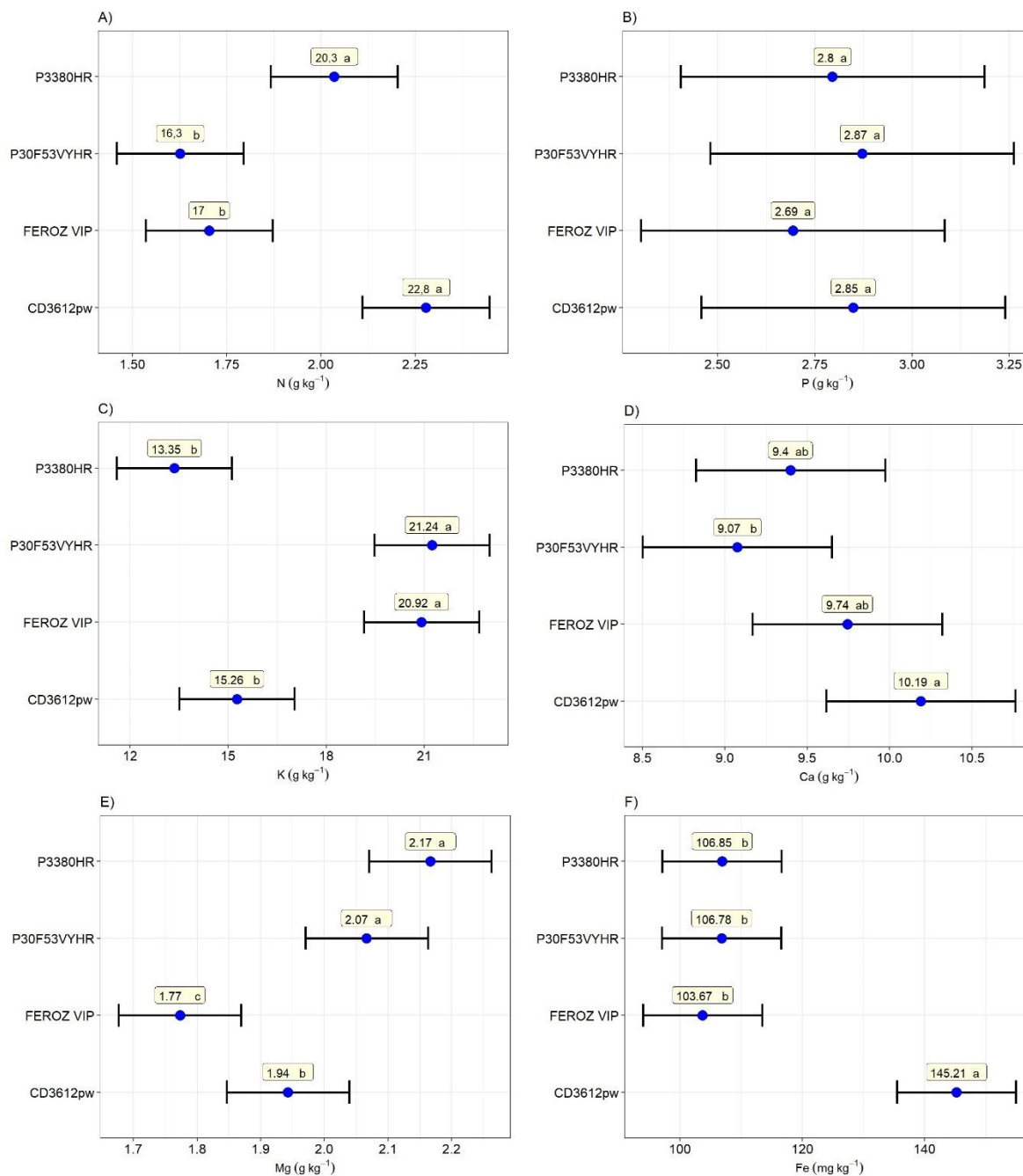
como o mais suscetível ao *M. javanica* e FERROZ VIP, que aparece como o mais resistente ao *M. incognita* (Figura 3C).

O híbrido CD3612pw foi o que apresentou os maiores teores de Ca, enquanto o P30F53VYHR apresentou a menor (Figura 3D). Quando ao Mg, os teores nos híbridos P3380HR e do P30F53VYHR foram estatisticamente maiores, seguido pelo híbrido CD3612pw, sendo que o FERROZ VIP obteve os menores teores de tal nutriente na parte aérea (Figura 3E).

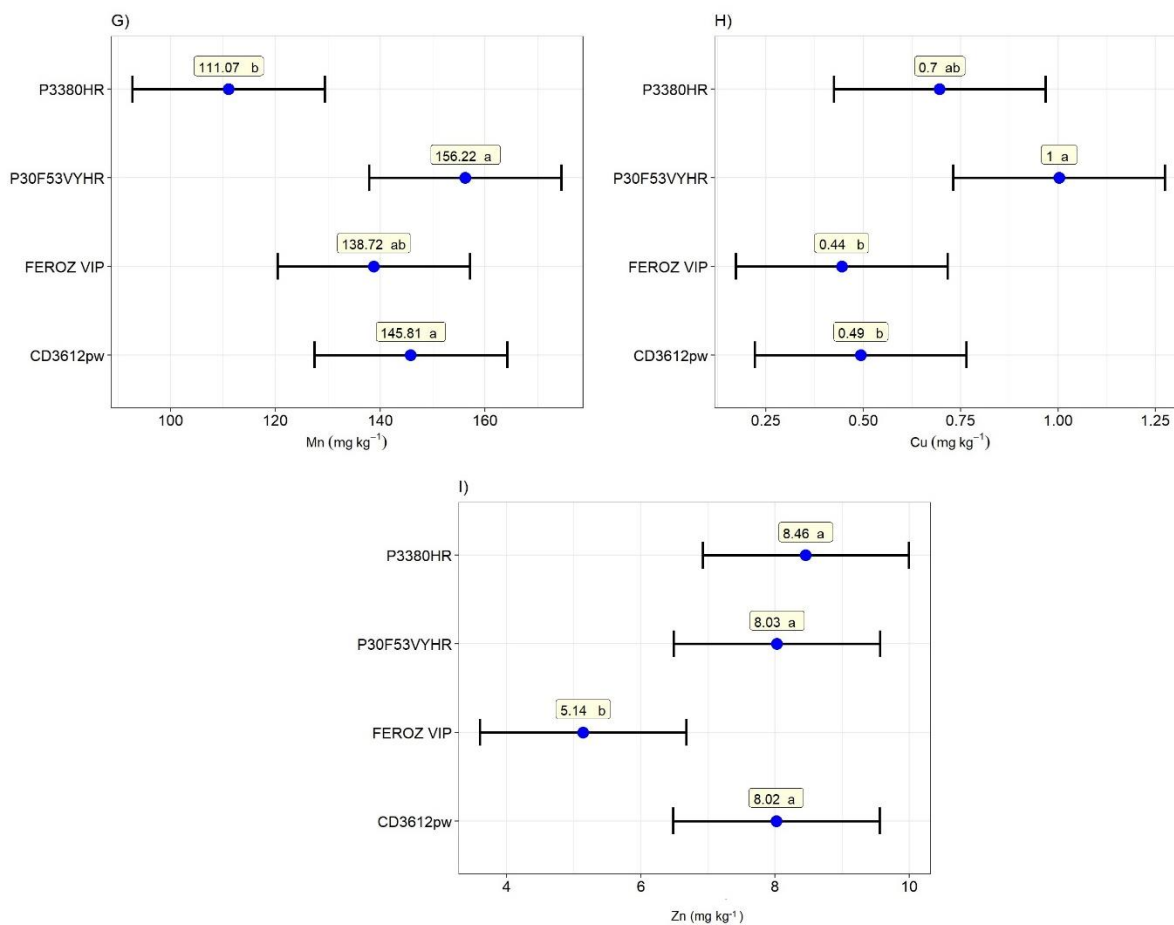
No caso do Fe, o híbrido CD3612pw foi o único a apresentar teores estatisticamente superior aos demais (Figura 3F). O menor teor de Mn foi obtido pelo híbrido P3380HR, seguido pelo FERROZ VIP, e os híbridos P30F53VYHR e CD3612pw apresentaram os maiores valores de absorção (Figura 3G). Os menores teores de Cu foram obtidos pelos híbridos FERROZ VIP e CD3612pw, seguido pelo híbrido P3380HR, e o híbrido P30F53VYHR apresentou teores estatisticamente superior aos demais (Figura 3H). Quanto ao Zn, o único híbrido a apresentar teores inferior aos demais foi o FERROZ VIP (Figura 3I).

Na cultura do milho, mesmo com a adubação de cobertura realizada e sabendo que os teores foliares considerados adequados de N estão dentro da faixa de 27,5 a 32,5 g kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997), verificou-se que mesmo com a aplicação de N os resultados corroboram os sintomas visuais de deficiência N, o que foi confirmado com os resultados obtidos na análise foliar, nos quais revelaram um valor bem abaixo do ideal. Sabe-se que N juntamente com o K são os nutrientes requisitados em maior quantidade pelo milho (COELHO; FRANÇA, 1995) e desempenha papel importante no acúmulo de proteína e na produtividade de grãos (PAVINATO et al., 2008).

Figura 3 – Teores de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E), Fe (F), Mn (G), Cu (H) e Zn (I) na parte aérea de híbridos de milho em razão do parasitismo de *Meloidogyne javanica* em híbrido resistente (P3380HR) e suscetível (P30F53VYHR) e *M. incognita* em híbrido resistente (FEROZ VIP) e suscetível (CD3612pw) 60 dias após inoculação.



continua...



Na presença de nematoide o transporte do N contido nas raízes para os fitonematoides tem sido demonstrado na interação planta/endoparasita por meio da proteína CAT6 (Cationic Amino Acid Transporter) e AAPs (Amino Acid Permeases), que atuam no suprimento de N para as estruturas de alimentação induzidas pelos endoparasitas (HAMMES et al., 2006; MARELLA et al., 2013), cuja falta no substrato faz com que os processos de assimilação, absorção e redistribuição sejam severamente afetados, no entanto, Tegeder (2014) reportaram que o metabolismo e distribuição de N nas plantas não pode ser negativamente influenciados com o aumento da resistência das culturas ao ataque desse patógeno, no caso dos nematoide das galhas.

Conforme Malavolta et al. (1997), os teores de P é de 2,5 a 3,5 g kg⁻¹, e dessa forma os teores encontrados no experimento estão dentro dos valores tidos adequados. A faixa de absorção de K é de 17,5 a 29,7 g kg⁻¹ (COELHO; FRANÇA, 1995). Notou-se que apenas os híbridos P30F53VYHR e FERROZ VIP se situaram dentro dessa faixa considerada adequada, indicando a presença de características distintas dos híbridos de milho utilizados no ensaio na eficiência de uso do nutriente.

Ainda de acordo com Malavolta et al. (1997), os teores absorvidos de Ca estão acima do recomendado para todos os híbridos, já que os teores tidos ideais compreendem a faixa de 2,5 a 4,0 g kg⁻¹. Em contrapartida, em relação ao Mg, todos os teores encontram-se abaixo da faixa de absorção ideal, que é de 1,5 a 4,0 g kg⁻¹ (COELHO; FRANÇA, 1985). Os teores de Fe é de 50,0 a 250,0 mg kg⁻¹, e dessa forma todos os híbridos apresentaram teores dentro da faixa ideal. A faixa ideal dos teores de Mn é de 50,0 a 150 mg kg⁻¹, e apenas o híbrido P30F53VYHR apresentou resultado acima desse valor, indicado maior eficiência de absorção do nutriente. A faixa de teores do Cu pelas plantas de milho é de 6,0 a 20,0 mg kg⁻¹, e o Zn de 15,0 a 50,0 mg kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997), nota-se que em ambos os casos os teores obtidos por todos os híbridos foram inferiores aos valores tidos como adequados. É importante ressaltar que essas faixas são indicadas em um termo geral de produção de milho e que a ausência ou não de resposta dos híbridos pode estar relacionado em função da presença ou não dos nematoides e também com níveis adequados de disponibilidade dos nutrientes no solo (Tabela 3). Além disso, o fornecimento indireto destes nutrientes através de outras fontes de fertilizantes como, por exemplo, a aplicação de calcário contendo impurezas ou com a própria adubação feita por cobertura e aplicação de fontes orgânicas.

A dinâmica dos nutrientes pode ser verificada em um experimento realizado por Von Pinho et al. (2009) para avaliar a marcha de absorção dos nutrientes na cultura do milho, no quais observaram que ocorreu uma pequena absorção de N nos estádios iniciais da planta, ocorrendo um incremento significativo a partir de 44 dias após emergência, com um acréscimo linear até os estádios finais do desenvolvimento da planta, o que também ocorreu em relação ao teor de Mg. Nesse período em que comumente a absorção de N e Mg ocorre devido a maior eficiência fotossintética neste período, visto que ambos fazem parte da molécula da clorofila (FAGERIA, 2009; MARSCHNER, 2012), possivelmente a densidade populacional de nematoides por vaso já deveria estar bem elevada, o que pode ter contribuído para os baixos teores absorvidos. No mesmo trabalho nota-se que o pico de absorção de Ca também ocorre aos 44 dias após a emergência. Na análise de solo (Tabela 3) o teor de Ca é classificado como alto (PAULETTI; MOTTA, 2019), o que não explica o fato de a planta ter absorvido o nutriente em excesso, com teores bem acima do adequado. Tal nutriente, quando presente em níveis adequados, auxilia na diminuição da suscetibilidade das plantas ao ataque dos nematoides já que está relacionado a

integridade da membrana plasmática e parede celular (MALAVOLTA, 2006; FERRAZ; BROWN, 2016).

A mobilidade do Cu depende da sua concentração no solo e no tecido vegetal (MASCARENHAS *et al.*, 2013). O teor de Cu no solo foi classificado como muito alto (PAULETTI; MOTTA, 2019 - Tabela 3). Sendo assim a sua baixa absorção pela planta possivelmente ocorre pela presença de nematoides, explicação que também pode ser atribuída ao baixo teor de Zn absorvido.

Há evidências de que o *M. incognita* seja mais agressivo quando comparado ao *M. javanica* (SILVA *et al.*, 2014), entretanto, não se verificou um padrão de desenvolvimento inferior nas plantas acometidas por tal espécie em comparação com as demais. Cabe destacar que um dos principais fatores para diminuição dos teores foliares com a presença dos nematoides decorre o fato que os fitonematoides do gênero *Meloidogyne* causam a obstrução do xilema das raízes, comprometendo os processos de transporte e absorção, ocasionando deficiências ou excesso nutricional, influenciando todos os processos bioquímicos da planta (ALMEIDA *et al.*, 2011).

De acordo com o portfólio de cada empresa, os híbridos P3380HR e P30F53VYHR são classificados como simples, o FERROZ VIP um híbrido duplo, enquanto o CD3612pw é caracterizado como híbrido triplo. Geralmente os híbridos simples tendem a ser mais produtivos, são mais exigentes nutricionalmente e requerem alta tecnologia, enquanto o híbrido triplo costuma produzir mais que o duplo, e tendem a ser mais sensíveis às condições ambientais. No caso dos híbridos duplos, estes possuem maior estabilidade na produção em diferentes condições edafoclimáticas (OLIVAS *et al.*, 2018). Assim, como a produtividade final de grãos esperada para cada tipo de híbrido de milho é diferente, a exigência e consequente absorção nutricional também varia conforme os híbridos avaliados (OLIVEIRA *et al.*, 2013)

5. Conclusões

Os genótipos de milho apresentam características distintas, mostrando que os híbridos P3380HR, SX7341 VIP3/SupremoVIP3 e NS 50PRO2 apresentam o menor fator de reprodução para *M. javanica* e os híbridos SYN8A 1850098 TLTG VIP e DKB 363PRO3 para o *M. incógnita*.

Híbridos resistentes, com baixo fator de reprodução de nematoides, são capazes de reduzir a densidade populacional das áreas infestadas, entretanto, podem apresentar produtividades inferiores a outros híbridos, sendo necessário verificar os efeitos danosos de altas populações de nematoides a longo prazo para os agricultores compreenderem a necessidade de utilizar híbridos que não multipliquem essa praga.

O teor foliar de nitrogênio (N), mesmo com adubação de cobertura, mostrou ser o mais afetado pela presença dos nematoides. Também se verificou que existe a necessidade de atualização dos dados sobre teores adequados de absorção nutricional do milho, pois a literatura padrão é antiga, e possivelmente os teores sejam outros nos híbridos modernos.

6. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, R. F.; NAVES, E. R.; SILVEIRA, C. H.; WENDLING, B. Emissão de óxido nitroso em solos com diferentes usos e manejos: uma revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v.8, n.2, p.441-461, 2015.

AMARAL, L. A.; ASCARI, J. P.; DUARTE, W. M.; MENDES, I. R. N.; SANTOS, E. S.; JULIO, O. L. L Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas no solo. **Agrarian**, Dourados, v.10, n.35, p.31-41, 2017.

AMORIM, Lilian; REZENDE, Jorge A. M.; BERGAMIN FILHO, Armando (ed.). **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2018. 573p.

ARAUJO, F. F. de; BRAGANTE, R. J.; BRAGANTE, C. E. Controle genético, químico e biológico de meloidoginose na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.2, p.220-224, 2012.

ASMUS, G. L.; FERRAZ, L. C. C. B.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Alterações anatômicas em raízes de milho (*Zea mays* L.) parasitadas por *Meloidogyne javanica*. **Nematropica**, v.30, n.1, p.33-39, 2000.

BALIGAR, V. C.; FAGERIA N. K.; HE, Z. L. Nutrient use efficiency in plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v 32, n. 7-8, p. 921-950,

BAMPI, S. L.; PAULA, C. V.; ZILLI, J. B. A competitividade das exportações de milho do Brasil para a União Europeia no período de 2000 a 2014. **Tiempo & Economía**, v.3, n.2, p.115-136, 2016.

BARBOSA, R. H.; TABALDI, L. A.i; MIYAZAKI, F. R.; PILECCO, M.; KASSAB, S. O.; BIGATON, D.. Foliar copper uptake by maize plants: effects on growth and yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.9, p.1561-1568, 2013. DOI: 10.1590/s0103-84782013000900005.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A Cultura do Milho**. Évora: Universidade de Évora, 2014. 52p.

BONETI, J. I. S; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.6, p.553, 1981.

CALDEIRAN-BISOGNIN, A.; BECKER, C. E.; GHELLER, D. P.; KIRSCH, V. G.; MARTINS, A. F.; ZANATTA, T. P.; KULCZYNSKI, S. M. Reação de híbridos de milho a *Meloidogyne javanica*. In: **Congresso Brasileiro de Fitopatologia**, 50, Uberlândia, MG. 2017.

CAMPOS, H. D; ROCHA, M. R. da. Reação de genótipos de milho (*Zea mays* L.) aos nematoides de galhas (*Meloidogyne javanica* e *M. incognita*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, GO, v. 29, n. 2, p. 13-17, 1999.

CARDOSO, M. R.; LOPES, A. P. M.; MIAMOTO, A.; PUERARI, H. H.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Indutores de resistência e estimuladores de crescimento vegetal no controle do nematoide das galhas em soja. **Revista: Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**. Ponta Grossa, v.12, n.1, p.45-51, 2017.

CARNEIRO, R. G.; MORITZ, M. P.; MÔNACO, A. P. A.; NAKAMURA, K. C.; SCHERER, A. Reação de milho e sorgo, sorgo e milheto a *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* e *M. paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v.21, n.2, p.67-71, 2007.

CARVALHO, D. O.; POZZA, E. A.; CASELA, C. R.; COSTA, R. V.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, C. O. Adubação nitrogenada e potássica na severidade da antracnose em dois cultivares de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.3, p.380-387, 2013.

CELESTRINO, T.S.; BUZETTI, S.; DINALLI, R.P.; GAZOLA, R.N. **Efeito Residual de Magnésio e Enxofre na cultura do milho: diferentes doses e modos de aplicação de kieserita**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, SP, 2013.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. Seja o doutor do seu milho; nutrição e adubação. **Arquivo do Agrônomo**, v.2, p. 1-24, 1995.

COLLINS, R. J.; RODRÍGUEZ-KABANA, R. Relationships of fertilizer treatments and crop sequence to populations of lesion nematode. **Journal of Nematology**, [s.L.], v.3, p.306-307, 1971.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO AGRÍCOLA - **Acompanhamento da safra brasileira - grãos, v. 7 - Safra 2019/20 - Décimo primeiro levantamento**, Brasília: CONAB. 2020. p.1-31. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>, Acesso em: 17/08/2020.

CONTE, A. M.; SATO, O.; RANDO, E. M.; ZUCARELLI, C.; SANTOS, K. H. dos. Parâmetros fitométricos e produtividade da cultura do milho com aplicação de cama de aviário em sistema de preparo convencional do solo e plantio direto. **Revista Agrarian**, Dourados, MS, v. 7, n. 25, p. 401-412, 2014.

COSTA, M. J. N. D; PASQUALLI, R. M.; PREVEDELLO, R. Efeito do teor de matéria orgânica do solo, cultura de cobertura e sistema de plantio no controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja. **Summa Phytopathology**, Botucatu, v.40, n.1, p.63-70, 2014.

CRUZ, S. C. S.; MACHADO, C. G.; SENA JUNIOR, D. G.; CRUZ, S. J. S. Adubação potássica para o milho cultivado sob palhada de Capim Marandu. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.6, p.603-606, 2014. DOI: 10.1590/s1415-43662014000600006.

CUNHA, T. P. L.; MINGOTTE, F. L. C.; CHIAMOLERA, F. M.; CARMEIS FILHO, A. C. A., SOARES, P. L. M.; LEMO, L. B.; VENDRAMINI, A. R. Ocorrência de nematoides e produtividade de feijoeiro e milho em função de sistemas de cultivo sob plantio direto. **Nematropica**, Flórida, v.45, n.1, p.34-42, 2015.

DANTAS-JUNIOR, E. E.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D. Corn Production for Silage Subjected to Potassium Fertilization and Water Depths. **American Journal of Plant Sciences**, v.7, n.4, p.671, 2016.

DEBIASI, H.; MORAES, M. T.; FRANCHINI, J. C.; DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; RIBAS, L. N. Monitoramento da fertilidade do solo e da ocorrência do nematoide das lesões radiculares em soja no Mato Grosso. In: Reunião de Pesquisa de Soja, 34, 2014, Londrina. **Resumos expandidos**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. p.141-143.

DIAS, W. P.; FREITAS, V. M.; RIBEIRO, N. R.; MOITA, A. W.; CARNEIRO, R. M. D. G. Reação de genótipos de milho a *Meloidogyne mayaguensis* e *M. ethiopica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.34, n.2, p.98-105, 2010

DIAS-ARIEIRA, C. R.; FURLANETTO, C.; SANTANA, S. M.; BARIZÃO, D. A. O.; RIBEIRO, R. C. F.; FORMENTINI, H. M. Fitonematoides associados a frutíferas na região noroeste do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal/SP, v.32, n.4, p.1064-1071, 2010. DOI: 10.1590/S0100-29452010005000119

DIAS-ARIEIRA, C. R.; MARINI, P. M.; FONTANA, L. F.; ROLDI, M.; SILVA, T. R. B. Effect of *Azospirillum brasilense*, Stimulate® and potassium phosphiteto control *Pratylenchus brachyurus* in soybean and maize. **Nematropica**, Flórida, v.42, n.1, p.170-175, 2012.

ELLING, A. A. Major emerging problems with minor *Meloidogyne Species*. **Phytopathology**, Washington, v.103, n.11, p.1092-1102, 2013.

FAGERIA, N. K. **The role of plant roots in crop production**. Boca Raton: CRC Press. 2009. 430p.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, p.57-62, 2000.

FANCELLI, A. L. Milho. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.). **Boas Práticas para o Uso Eficiente de Fertilizantes**: Piracicaba: IPNI, 2010. p.43-89.

FAVARIN, J. L.; TEZOTTO, T.; RAGASSI, C. F. Uso racional de micronutrientes na cultura do milho (*Zea mays* L.). In: FANCELLI, A. L. (Ed.). **Milho: nutrição e adubação**. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2008, p.112-141.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo Sustentável de Fitonematoides**. Viçosa: UFV, 2010. 306p.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. (org.). **NEMATOLOGIA DE PLANTAS: fundamentos e importância**. Manaus: Norma, 2016. 251p.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.1, p.7-16, 2007.

FRANDOLOSO, J. F., LANA, M. C., FONTANIVA, S., CZYCZA, R. V. Eficiência de adubos fosfatados associados ao enxofre elementar na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.5, p.686-694, 2010.

FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D. L.; FERRAZ, S. **Introdução a Nematologia**. Viçosa: UFV, 2014. 92p.

GOMES, K. R., AMORIM, A. V., FERREIRA, F. J., FILHO, F. L. A., LACERDA, C. F., GOMES-FILHO, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.4, p.365-370, 2011.

GONDIM, A. R. O., PRADO, R. M., ALVES, A. U., FONSECA, I. M. Eficiência nutricional do milho cv. BRS 1030 submetido à omissão de macronutrientes em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.4, p.539-544, 2010. DOI: 10.1590/s0034-737x2010000400017.

GOTT, R. M.; AQUINO, L. A.; CARVALHO, A. M. X.; SANTOS, L. P. D.; NUNES, P. H. M. P.; COELHO, B. S. Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.11, p.1110-1115, 2014. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1110-1115.

GRAHAM, R. D. Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. **Advances in Botanical Research**, [S.L.] v.10, p.221-276, 1983.

GRAHAM, R. D.; WEBB, M. J. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Eds.). **Micronutrients in Agriculture**. Madison: Soil Science Society of America. 1991. p.329-370.

GUO, X. Y.; ZUO, Y. B.; WANG, B. R.; LI, J. M.; MA, Y. B. Toxicity and accumulation of copper and nickel in maize plants cropped on calcareous and acidic field soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.333, n.1-2, p.365-373, 2010. DOI: 10.1007/s11104-010-0351-0.

HAMMES, U.Z., NIELSEN, E.; HONAAS, L.A.; TAYLOR C.G.; SCHACHTMAN D.P.. 2006. AtCAT6, a sink-tissue-localized transporter for essential amino acids in Arabidopsis. **Plant Journal**, v.48, p.414–426, 2006.

HERNÁNDEZ-OCHANDÍA, D., ARIAS, Y., GÓMEZ, L., PETEIRA, B. Elementos del ciclo de vida de población cubana de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en *Solanum lycopersicum* L. **Revista de Protección Vegetal**, v.27, n.3, p.188-193, 2012.

HUBER, D. M.; ARNY, D. C. Interactions of Potassium with Plant Disease 1. **Potassium in Agriculture**, 1985. p.467- 488.

HURCHANIK, D.; SCHMITT, D. P.; HUE, N. V.; SIPES, B. S. Relationship of *Meloidogyne konaensis* population densities to nutritional status of coffee roots and leaves. **Nematropica**, Flórida, v.33, p.55-64, 2003.

JAMAMI, N., BULL, L. T., CORRÊA, J. C., RODRIGUES, J. D. Resposta da cultura do milho (*Zea mays* L.) à aplicação de boro e de zinco no solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.28, n.1, p.99-105, 2006.

LEVY, R. M.; HOMECHIN, M.; SANTIAGO, D. C.; CARDIOLI, M. C.; BAIDA, F. C. Reação de genótipos de milho ao parasitismo de *Meloidogyne incognita* raça 1 e a *M. paranaensis*. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.575-578, 2009. DOI: 10.4025/actasciagrnon.v31i4.761

LIMA, M. W. P.; LAPERA, C. A. L.; VILARINHO, M. S. Ecofisiologia do Milho. In: DIAS, J. P. T. **Ecofisiologia de Culturas Agrícolas**. Belo Horizonte: Editora da Universidade do Estado de Minas Gerais, 2018. p.150-164.

LORDELLO, R. R. A.; LORDELLO, A. I. L.; SAWAZAKI, E.; TREVISAN, W. L. Nematóide das galhas danifica lavoura de milho em Goiás. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v.10, p.145-149, 1986.

LUCHESE, A. V.; GONÇALVES JUNIOR, A. C.; LUCHESE, E. B.; BRACCINI, M. C. L. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.1949-1952, 2004.

MAGALHÃES, P. C., FERRER, J. L. R., ALVES, J. D., VASCONCELLOS, C. A., CANTÃO, F. R. de O. Influência do cálcio na tolerância do milho "saracura" BRS-4154 ao encharcamento do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.6, n.1, p.40-49, 2007.

MAGALHAES, P. C.; SOUZA, T. C. Ecofisiologia. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **Cultivo do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2015. p.17-39.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas; princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319p.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631p.

MANZOTTE, U.; DIAS, W.P.; MENDES, M.L.; SILVA, J.F.V.; GOMES, J. Reação de híbridos de milho a *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.26, n.1, p.105-108, 2002.

MARELLA H.H.; Nielsen, E., Schachtman, D.P.; Taylor, C.G. The amino acid permeases AAP3 and AAP6 are involved in root-knot nematode parasitism of Arabidopsis. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 26, p. 44–54, 2013.

MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Elsevier, 2012. 643p.

MARSCHNER, H.; CAKMAK, I. Mechanism of phosphorus-induced zinc deficiency in cotton. II. Evidence for impaired shoot control of phosphorus uptake and translocation under zinc deficiency. **Physiologia Plantarum**, Sweden, v 68, n.3, p.491-496, 1986.

MASCARENHAS, H. A. A. Disability and toxicity of nutrients in visual soybeans. **Nucleus**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 281-306, 2013. DOI: 10.3738/1982.2278.974.

MC DONALD, A. H.; WAELE, D.; FOURIE, H. Nematode pest of maize and other cereal crops. In FOURIE, H.; SPAULL, V. W.; JONES, R. K.; DANEEL, M. S.; WAELE, D. (Eds.). **Nematology in South Africa: A view from the 21st Century**. Springer, 2017. p.183-199.

MENDONÇA FILHO, M. A. M.; PINHO, R. G. V. P.; FONSECA, R. G.; NASCIMENTO, M. S.; SANTOS A. O. Reação de híbridos de milho ao nematoide *Pratylenchus brachyurus*, Cultivados na safrinha do Estado do Mato Grosso. in: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. **Anais**. Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p.854-859.

MINUZZI, R. B.; LOPES, F. Z. Desempenho agrônômico do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/PB, v.19, n.8, p.734-740, 2015. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p734-740.

MOREIRA, A.; EVANGELISTA, A. R.; CARVALHO, J. G. D. Efeito de fontes e doses de enxofre na produção e composição mineral do trevo-branco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.7, p.1137-1142, 1998.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. D.; EVANGELISTA, A. R. Relação cálcio e magnésio na fertilidade de um latossolo vermelho escuro distrófico cultivado com alfafa. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.786-794, 2005.

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; AQUINO, G. S.; HEINRICH, R. Biofuel Production from Sugarcane: various routes of harvesting energy from the crop. In: KHAN, M. T., KHAN, I. A. (Org.). **Sugarcane Biofuels**. 1ed. London: Springer International Publishing, 2019, p. 21-38.

MORITZ, M. P.; SIMÃO, G.; CARNEIRO, R. G. Reação de genótipos de milho às raças 1 e 3 de *M. incognita* e a *M. paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.27, n.2, p.211-214, 2003.

MORITZ, M. P., MONACO, A. P. A., CARNEIRO, R. G., SCHERER, A., SANTIAGO, D. C., NORA, T. D. Reação de cultivares de milho e soja a *Meloidogyne paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.33, n.1, p.94-98, ago. 2008.

MOURA, R. M.; REGIS, E. M. O. Reações de cultivares de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* (NEMATODA: HETERODERIDAE). **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.11, p.215-225, 1987.

NEVES, S. S.; SOARES, P. L. M.; PAULA BATISTA, E. S.; SANTOS, J. M. Desempenho de híbridos de milho sob a ação de *Pratylenchus brachyurus* e *P. Zeae*. **Nematropica**, Flórida, v.46, n.1, p.71-75, 2016.

NOLLA, A.; PALMA, I. P.; SANDER, G.; VOLK, L. B. S.; SILVA, T. R. B. Desenvolvimento de milho submetido à aplicação de calcário e silicato de cálcio em um argissolo arenoso do noroeste paranaense. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v.2, n.4, p.154-162, 2009.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em Solo e Planta em Condições Tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399p.

OKA, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments: a review. **Applied Soil Ecology**, [S.L.] v.44, p.101-115, 2010.

OLIVAS, D. B. L.; FERNÁNDEZ, L. D. T.; GONZALES, L. K. M.; MILLEN, L. C.; AGUIRRE, C. E. D. Desempenho agronômico de híbridos de milho em dois locais da Costa central, Peru. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 9, n. 3, p. 343-347, 2018.

OLIVEIRA, L. R. de; MIRANDA, G. V.; DELIMA, R. O.; FRITSCHÉ-NETO, R.; GALVÃO, J. C. C. Eficiência na absorção e utilização de nitrogênio e atividade enzimática em genótipos de milho. **Revista Ciência Agronômica**, [S.L.], v. 44, n. 3, p. 614-621, 2013. DOI: 10.1590/s1806-66902013000300025.

OOSTENBRINK, M. **Major characteristic of relation between nematodes and plants**. Meded. Landbouw, Wageningen, v.66, n.4, 1966. 48p.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. (coordenadores). **Manual de Adubação e calagem para o Estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (NEPAR-SBCS), 2019. 289 p.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p.358-364, 2008.

PEREIRA, N. M. Z; ERNANI, P. R.; SANGOI, L. Disponibilidade de zinco para o milho afetada pela adição de Zn e pelo pH do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.6, n.3, p.273-284, 2007.

PEREIRA, F. R. S.; BRACHTVOGEL, E. L.; CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S. J.; MACHADO, C. G.; PEREIRA, J. C. Qualidade fisiológica de sementes de milho tratadas com molibdênio. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v.34, n.3, p.450-456, 2012. DOI: 10.1590/s0101-31222012000300012.

PINTO, N. F. J. A. Doenças causadas por nematoides. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

PIMENTEL-GOMES, F. **Estatística experimental**. Piracicaba: Editora Nobel, 1990. 467p.

PISSINATI, A; OLIVEIRA, M. A.; PISSINATI, A.; MOREIRA, A. Management and cost of urea application in maize grown in northern Paraná state, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v.56, n.3, p.235-241, 2013. DOI: 10.4322/rca.2013.034

PROVENZANO, R. S. *et al.* Agronomic efficiency of sulfur sources and interaction of sulfur with micronutrients. **Journal of Plant Nutrition**, London, v.43, n.1, p.1674-1680, 2020.

QUEIROZ, V. A. V.; GUIMARÃES, P. E. de O.; QUEIROZ, L. R.; GUEDES, E. de O.; VASCONCELOS, V. D. B.; GUIMARÃES, L. J.; RIBEIRO, P. E. de A.; SCHAFFERT,

R. E. Iron and zinc availability in maize lines. **Food Science and Technology, Campinas**, v.31, n.3, p.577-583, 2011. DOI: 10.1590/s0101-20612011000300005.

RESENDE, J. T. V.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; PFANN, A. Z.; NASCIMENTO, I. R. 2006. Acylsugars in tomato leaflets confer resistance to the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta* Meyr. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n.1, p.20-25, 2006.

RIBEIRO, N. R.; SILVA, J. F. V.; MEIRELLES, W. F.; CRAVEIRO, A. G.; PARENTONI, S. N.; SANTOS, F. G. dos. Avaliação da resistência de genótipos de milho, sorgo e milheto a *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* RAÇA 3. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.1, n.3, p.102-103, 2002.

ROCHA, M. R.; CARVALHO, Y.; CORRÊA, G. DE CARVALHO; CUNHA, M. GOMES; CHAVES, L. J. Efeito da calagem e da adubação potássica sobre o nematoide *Heterodera glycines* (Ichinohe, 1952). **Agrociencia**, Texcoco, v.11, n.2, p.31-38, 2007.

RODRIGUES, M. A. C.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M. Fertilization with coated KCl in corn in the Savannah. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, p.127-133, 2014. DOI: 10.1590/S1415-43662014000200001

RSTUDIO TEAM. **RStudio**: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA 2015. URL <http://www.rstudio.com/>.

SANTOS, P. G.; JULIATTI, F. C.; BUIATI, A. L.; HAMAWAKI, O. T.; SANTOS, K. H. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 597-602, 2002.

SAWAZAKI, Eduardo; LORDELLO, Ana Ines Lucena; LORDELLO, Rubens Rodolfo Albuquerque. Herança da resistência de milho a *Meloidogyne javanica*. **Bragantia**, Campinas, SP, v.57, n.2, p.259-265. 1998. DOI: 10.1590/s0006-87051998000200007.

SCHIMITT, J.; BELLÉ, C. Reação de cultivares de soja a *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*. **Nematropica**, Flórida v.46, n.1, p.76-80, 2016.

SILVA, J. F. V. **Relações parasito-hospedeiros nas Meloidoginoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 127p.

SILVA, F. C. **Manual de Análises Químicas de Solos, Pantas e Fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica. 2009. 624p.

SILVA, R. A.; RACK, V. M.; VIGOLO, F.; SANTOS, P. S.; CASTRO, R. D. de; KOBAYASTI, L. Correlação entre densidade populacional de nematoides e produtividade de algodoeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 210-218, 2014.

SILVA, M. C. L.; SANTOS, C. D. G.; SILVA, G. S. Espécies de *Meloidogyne* associadas a vegetais em microrregiões do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.47, n.4, p.710-719, 2016.

SILVA, A. D.; MENEZES, C. C. E.; MENEZES, J. F. S.; NASCIMENTO, W. P. Fontes e doses de magnésio na cultura do milho. **Global Science and Technology**, v.9, n.3, p. 20-30, 2017.

SILVA, C. G. M.; MOREIRA, S. G.; LUPP, R. M.; CASTRO, G. F.; REHAGRO, B. H. A.; SILVA, A. A. P. Doses de molibdênio na produtividade do milho. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.10, n.1, p.47-55, 2018. DOI: 10.18406/2316-1817v10n120181067.

SILVEIRA, T.; INOMOTO, M. Comportamento de híbridos de milho aos nematoides das galhas e das lesões. In: **XIV Seminário Nacional Milho Safrinha** - Construindo sistemas de produção sustentáveis e rentáveis, Cuiabá, MT, p. 311-316, 2017.

SONG, L.; MA, F.; ZENG, Y.; ZHANG, X.; YU, H. The promoting effects of manganese on biological pretreatment with *Irpelex lacteus* and enzymatic hydrolysis of corn stover. **Bioresource Technology**, v.135, n.1, p.89-92, 2013. DOI: 10.1016/j.biortech.2012.09.004.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; SOUZA, E. F. C.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Produtividade e qualidade dos grãos de feijão em função da aplicação de nitrogênio em cobertura e via foliar. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.35, p.2019-2028, 2011. DOI: 10.1590/S0100-06832011000600018.

SOUSA, R. L.; BOAS, R. L. V.; MOTA, P. R. D'A.; MATEUS, C. M. D'A; MENDONÇA, R. B. Salinização por potássio na produção de pimentão fertirrigado sob ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v.24, n.1, p.177-191, 2019. DOI: 10.15809/irriga.2019v24n1p177-191.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; MOREIRA, A. Viabilidade econômica de fontes e doses de nitrogênio no cultivo do milho segunda safra em sistema de plantio direto. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 58, p. 308-313, 2015.

STRECK, N. A.; SILVA, S. D.; LANGNER, J. A. Assessing the response of maize phenology under elevated temperature scenarios. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.27, n.1, p.1-12, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TAKASU, A. T.; HAGA, K. I.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVES, C. A. Produtividade da cultura do milho em resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, v.13, n.2, p.154-161, 2014.

TEGEDER, M. Transporters involved in source to sink partitioning of amino acids and ureides: opportunities for crop improvement. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, p.1865–1878, 2014.

TEIXEIRA, L. M. S.; MOURA, R. M. Desenvolvimento larval pós-infecção de três raças de *Meloidogyne* (Nematoda: Heteroderidae) em diferentes espécies botânicas. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba v.9, p.73-105, 1985.

TIECHER, T.; SANTOS, D. R.; RASCHE, J. W. A.; BRUNETTO, G.; MALLMANN, F. J. K.; PICCIN, R. Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. **Bragantia**, Campinas, v.71, n.4, p.518-527, 2013.

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H.; FOLONI, J. S. S.; ALVES JUNIOR, R. Adubação fosfatada mineral e organomineral no desenvolvimento do milho. **Colloquium Agrariae**. Dourados, v.6, p.8-14, 2010.

TORRES, G. N.; CAMARGOS, S. L.; WEBER, O. L. S.; MAAS, K. D. B.; SCARAMUZZA, W. L. M. P. Growth and micronutrient concentration in maize plants under nickel and lime applications. **Caatinga**, Mossoró, v.29, n.4, p.796-804, 2016.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service (FAS). **Brazilian Commodity Prices Hit Record Levels - BR2020-0013**, United States, p.1-10, 2020. Disponível em: <<http://usdabrazil.org.br/pt-br/reports/brazilian-commodity-prices-hit-record-levels.pdf>>, Acesso em: 17/08/2020.

VIAN, A. L.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M.; BREDEMEIER, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas da planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, p.464-471, 2016.

VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A.S.; SERRANO, C.G.E. **Uso de gesso agrícola em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: ESALQ, 2008. 104p.

VON-PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, J. L. A. R.; REIS, M. C. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.8, n.2, p.157-173, 2009.

WANG, E. L.; BERGESON, G. B. Biochemical changes in root exsudate and xylem SAP of tomato plants infected with *Meloidogyne incognita*. **Journal of Nematology**, Nova Iorque, v.6, p.194-202, 1974.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VALE, F. X. R. Efeito da nutrição mineral sobre doenças de plantas causadas por patógenos de solo. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa: UFV. 2001. p.347-408.