



**Comportamento fisiológico e morfológico de genótipos de milho em resposta
à adubação mineral e organomineral**

**Physiological and morphological behavior of corn genotypes in response to
minerail and organomineral fertilization**

**Comportamiento fisiológico y morfológico de los genotipos de maíz en
respuesta a la fertilización minerail y organomineral**

DOI: 10.55905/revconv.17n.9-310

Originals received: 08/16/2024

Acceptance for publication: 09/06/2024

Rodrigues Agostinho Marcos

Doutorando em Agronomia - Produção Vegetal
Instituição: Universidade Federal do Espírito Santo
Endereço: Alegre - Espírito Santo, Brasil
E-mail: rodamarcos0@gmail.com

Vinicius Agnolette Capelini

Doutorando em Agronomia - Produção Vegetal
Instituição: Universidade Federal do Espírito Santo
Endereço: Alegre - Espírito Santo, Brasil
E-mail: vinicius91ac@hotmail.com

Túlio Coelho Silva

Graduando em Agronomia
Instituição: Universidade Federal do Espírito Santo
Endereço: Alegre - Espírito Santo, Brasil
E-mail: tulio.96@hotmail.com

Josimar Aleixo da Silva

Doutor em Fitotecnia
Instituição: Universidade Federal do Espírito Santo
Endereço: Alegre - Espírito Santo, Brasil
E-mail: josimaraleixo_@hotmail.com

Edvaldo Fialho dos Reis

Doutor em Engenharia Agrícola
Instituição: Universidade Federal do Espírito Santo
Endereço: Alegre - Espírito Santo, Brasil
E-mail: efialhodosreis@gmail.com



Alexandre Martins Abdão dos Passos

Doutor em Agronomia - Fitotecnia
Instituição: Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Sete Lagoas – Minas Gerais, Brasil
E-mail: alexandre.abdao@embrapa.br

Fábio Luiz de Oliveira

Doutor em Fitotecnia
Instituição: Universidade Federal do Espírito Santo
Endereço: Alegre - Espírito Santo, Brasil
E-mail: fabio.oliveira.2@ufes.br

Leandro Pin Dalvi

Doutor em Fitotecnia
Instituição: Universidade Federal do Espírito Santo
Endereço: Alegre - Espírito Santo, Brasil
E-mail: leandropin@yahoo.com.br

RESUMO

O milho é um dos cereais mais produzidos do mundo e mais exigente em nutrientes essenciais, seu desempenho produtivo está intrinsecamente relacionado ao vigor genético, manejo de adubação e condições climáticas. Sendo assim, a presente pesquisa, objetivou-se avaliar o comportamento fisiológico e morfológico de genótipos de milho em resposta à aplicação de adubação mineral e organomineral. Foi conduzido um experimento na área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), adotando o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 6 x 4, com três repetições, o primeiro fator foi constituído por seis genótipos de milho e o segundo fator constituído por quatro tipos de fertilizantes aplicados no plantio: a) fornecimento de 423 kg ha⁻¹ de adubo organomineral; b) 239,1 kg ha⁻¹ MAP (fosfato monoamônio 46%); c) 300 kg ha⁻¹ do formulado mineral (NPK); d) controle sem adubação (testemunha). Avaliou-se os descritores fisiológicos e morfológicos como emergência, índices de clorofila total, flavonoides, balanço de nitrogênio, antocianinas, altura de planta, diâmetro de planta e número de folhas. Os resultados demonstram que o genótipo Branco obteve 97,5 % de emergência diferindo-se com os demais genótipos avaliados. O genótipo AG1051 obteve maior índice de clorofila total e antocianinas, enquanto que genótipo Palha roxa obteve maior altura de planta. Adubação na base do organomineral proporcionou respostas similares quando comparado com adubação completa com o fertilizante NPK nos descritores fisiológicos e morfológicos relacionados com a produção de grãos.

Palavras-chave: cultivares, fertilizantes, teores foliares, *Zea mays* L.

ABSTRACT

Zea mays L. is one of the most produced cereals in the world and most demanding in essential nutrients, its productive performance is intrinsically related to genetic vigor, fertilizer management and climatic conditions. Therefore, the present research aimed to evaluate the physiological and morphological behavior of corn genotypes in response to the application of mineral and organomineral fertilizers. An experiment was conducted in the experimental area of the Center for Agricultural Sciences and Engineering at the Federal University of Espírito Santo



(UFES), adopting a randomized block design, in a 6 x 4 factorial scheme, with three replications, the first factor consisted of six genotypes of corn and the second factor consisting of four forms of fertilization at planting: a) supply of 423 kg ha⁻¹ of organomineral fertilizer; b) 239.1 kg ha⁻¹ MAP (46% monoammonium phosphate); c) 300 kg ha⁻¹ of mineral formula (NPK); d) control without fertilization (control). Physiological and morphological descriptors such as emergence, total chlorophyll indices, flavonoids, nitrogen balance, anthocyanins, plant height, plant diameter and number of leaves were evaluated. The results show that the White genotype obtained 97.5% emergence, differing from the other genotypes evaluated. The AG1051 genotype had a higher level of total chlorophyll and anthocyanins, while the Palha Roxo genotype had a higher plant height. Fertilization with organomineral provided similar responses when compared to complete fertilization with NPK fertilizer in physiological and morphological descriptors related to grain production.

Keywords: cultivars, fertilizers, leaf contents, *Zea mays* L.

RESUMEN

El maíz es uno de los cereales más producidos en el mundo y más exigentes en nutrientes esenciales, su desempeño productivo está intrínsecamente relacionado con el vigor genético, el manejo de fertilizantes y las condiciones climáticas. Por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento fisiológico y morfológico de genotipos de maíz en respuesta a la aplicación de fertilizantes minerales y organominerales. Se realizó un experimento en el área experimental del Centro de Ciencias e Ingeniería Agrícolas de la Universidad Federal de Espírito Santo (UFES), adoptando un diseño de bloques al azar, en un esquema factorial 6 x 4, con tres repeticiones, el primer factor estuvo conformado por seis genotipos de maíz y el segundo factor conformado por cuatro formas de fertilización al momento de la siembra: a) suministro de 423 kg ha⁻¹ de fertilizante organomineral; b) 239,1 kg ha⁻¹ MAP (46% fosfato monoamónico); c) 300 kg ha⁻¹ de fórmula mineral (NPK); d) control sin fertilización (control). Se evaluaron descriptores fisiológicos y morfológicos como emergencia, índices de clorofila total, flavonoides, balance de nitrógeno, antocianinas, altura de planta, diámetro de planta y número de hojas. Los resultados muestran que el genotipo Blanco obtuvo un 97,5% de emergencia, diferenciándose de los demás genotipos evaluados. El genotipo AG1051 presentó mayor nivel de clorofila total y antocianinas, mientras que el genotipo Palha Roxo presentó mayor altura de planta. La fertilización con organominerales proporcionó respuestas similares en comparación con la fertilización completa con fertilizante NPK en descriptores fisiológicos y morfológicos relacionados con la producción de granos.

Palabras clave: cultivares, fertilizantes, contenido foliar, *Zea mays*.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea anual amplamente produzido no mundo com origem no México e importante na alimentação humana, animal e na indústria de biodiesel (Marcos *et al.*, 2023). Sendo o Teosinto e *Tripsocum* spp., os seus parentais selvagens mais



próximos do qual tenha evoluído (Werle, 2011; Taiz *et al.*, 2017). O Brasil é o segundo maior exportador e o terceiro maior produtor mundial do milho com uma produção estimada em 114.691,4 milhões de toneladas, e uma área plantada de 22.152 mil hectares ficando atrás apenas dos EUA e China (CONAB, 2023).

O milho tem alcançado números muito expressivos em produtividade, graças ao aperfeiçoamento do cultivo, o que permite influência nas técnicas empregadas visando lucro e redução de custos (Alves *et al.*, 2009). No entanto, para atingir seu potencial produtivo, a cultura de milho necessita receber nutrição equilibrada com balanceadas quantidades de macronutrientes e micronutrientes (Da Silva *et al.*, 2021).

Portanto, a falta de alguns desses elementos durante o ciclo de desenvolvimento da planta poderá resultar na má formação da planta, baixo vigor, susceptibilidade aos estresses além de menor produtividade da cultura (Maciel *et al.*, 2020; Ferreira *et al.*, 2022).

Durante o ciclo produtivo, o milho extrai maior quantidade de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), tendo maiores exigências nutricionais ao N e K, seguindo de Ca, Mg, P e menores quantidades de micronutrientes como, o ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B), cobre (Cu) e molibdênio, sendo estes encontrados na natureza ou pelo solo e fornecidos no manejo de adubação (Malavolta, 2006; Prezotti *et al.*, 2007).

Entre os macronutrientes, o fósforo é um dos nutrientes que demanda a atenção para o cultivo de milho, por ser o segundo nutriente mais absorvido pela planta. Em geral os solos brasileiros são deficientes de fósforo devido ao avançado grau de intemperismo e pelo fato de ser um insumo mineral finito, insubstituível e indisponível devido ao seu complexo na fração argila (fração não lábil do solo) promovido pelos óxidos de Fe e de Al⁺ que possuem elevada capacidade de adsorção de fósforo (Novais *et al.*, 2007; Dias *et al.*, 2015).

A maioria dos fertilizantes fosfatados e nitrogenados aplicados nos solos apresentam baixa eficiência de uso devido às perdas de P por adsorção, e N por volatilização e lixiviação (Ladha *et al.*, 2005). Entretanto, vários autores relatam a necessidade de aplicação de doses elevadas de fósforo visando suprir à demanda das culturas e sendo justificada pela intensa fixação desse elemento, ocasionando baixo conteúdo de P disponível (Fortes *et al.*, 2018). Isso torna necessária a aplicação de fertilizantes para a manutenção ou aumento da produtividade das culturas (Corrêa *et al.*, 2016). Além disso, favorece o crescimento vegetativo e promove crescimento rápido das folhas novas (Malavolta *et al.*, 1997).



Uma das soluções apresentada por Tiritan *et al.*, (2010) foi a utilização de fertilizantes organominerais por este elevar produtividade agrícola e reduzir os custos de adubação na cultura do milho. Diante disso, realizou-se este trabalho com objetivo de avaliar o comportamento fisiológico e morfológico de genótipos de milho em resposta aplicação de adubação mineral e organomineral.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em dezembro de 2023, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE/UFES), localizado na BR 482, Alegre-ES, com latitude de 20°42'51,61"S, longitude de 41°27'24,51"O e altitude de 136,82m. A área está situada no vale do rio Itapemirim, caracterizada como uma microrregião tropical quente com temperaturas mais elevadas (Pezzopane *et al.*, 2012).

Durante o experimento foram registrados os seguintes dados meteorológicos: temperatura máxima acumulada foi de 38.5 °C, média de 26.6 °C, mínima de 19.8 °C, a umidade relativa média de 73.9 %, precipitação acumulada de 209.9 e velocidade média do vento de 4.3 km/h e evapotranspiração potencial acumulada 147.1 mm (AGROMET-CCAUE, 2024). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo vermelho amarelo de textura média (Santos *et al.*, 2018).

Foram retiradas amostras da camada do solo de 0-20 cm para determinação dos atributos químicos, cujos os resultados apresentaram: pH (água - Relação 1:2,5) = 6.0; P (Mehlich-1) = 9.2 mg/dm³; K (Mehlich-1) 274 mg/dm³; Ca (Kcl-1 mol/L) = 2.9 cmolc/dm³; Mg (Kcl-1 mol/L) = 1.4 cmolc/dm³; Al (Kcl-1 mol/L) = 0.0 cmolc/dm³; H + Al (Acetato de cálcio) = 1.50 cmolc/dm³; S.B. (Soma de bases) = 5.00 cmolc/dm³; C.T.C. = 6.50 cmolc/dm³; V% (Saturação de bases) = 77%; B = 0,30 mg/dm³; Zn = 5.3 mg/dm³; Mn = 42,4 mg/dm³; Cu = 1.4 mg/dm³; Fe = 86 mg/dm³ e matéria orgânica (M.O - Oxi-Red.) = 2.1 dag/dm³.

Para o preparo do solo, foi realizado uma aração e duas gradagens convencionais. As aplicações de corretivos e as adubações foram realizadas seguindo as recomendações da cultura de milho, de acordo com o manual de recomendação de adubação e calagem para o Estado do Espírito Santo - 5ª Aproximação (Prezotti *et al.*, 2007).



O delineamento adotado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 6 x 4, com três repetições, sendo o primeiro fator constituído por seis genótipos de milho: dois híbridos comerciais (AG1051 e Glyfos RR) e quatro variedades (Roxo, Vermelho, Palha roxa e Branco), provenientes da coleção de genótipos do laboratório de análises vegetais do Departamento de Agronomia do CCAE/UFES; e o segundo fator foi constituído por quatro fontes de fertilização no plantio, sendo: a) aplicação de 423 kg ha⁻¹ de fertilizante organomineral da fórmula N, P205 + Substâncias húmicas (contém a proporção 06-26-0,3 - NPK); b) aplicação de 239,1 kg ha⁻¹ de fosfato monoamônio (MAP, com 48% de P₂O₅ e 10% de N); c) uma adubação completa com o fertilizante NPK, constituída de 300 kg ha⁻¹ da fórmula de NPK (5-20-20); e o tratamento controle (sem adubação). Após emergência foi aplicado 90.91 kg ha⁻¹ de ureia - 46% de N parcelado por duas vezes (35 e 50 dias), em todos tratamentos e com exceção do tratamento controle.

A semeadura do milho foi realizada manualmente no espaçamento 0,80 m entre linhas e 0,20 m entre plantas, totalizando uma densidade de 62.500 plantas ha⁻¹. Na semeadura cada cova recebeu três sementes de milho. Quando as plantas estavam no estágio fenológico de três folhas expandidas (V3) foi realizado o desbaste, conforme escala proposta por Ritchie *et al.*, (1993), em cada unidade experimental continha 24 plantas, sendo avaliadas 6 plantas centrais por parcela.

Foi realizado o controle de plantas daninhas por meio de duas (2) capinas manuais, de acordo com as recomendações do comunicado técnico da Embrapa (Karam e Melhoranca, 2002). O suprimento de água foi realizado através da irrigação, com sistema por aspersão, duas vezes por semanas, em dias ausentes de chuva, com duração de duas horas, pelas nas manhãs, na vazão média de 4,33 L/h.

Foram avaliados os índices fisiológicos (clorofila total, flavonóides, antocianinas e balanço de nitrogênio) através do medidor digital portátil - DUALEX® SCIENTIFIC, que determinou a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA: $\lambda = 400 - 700$ nm), seguindo a metodologia utilizada por Taiz *et al.*, (2017). As determinações foram realizadas na segunda folha totalmente expandida, contada a partir do ápice da planta, no estágio vegetativo V5, sempre no período da manhã (8h às 10h).

Também foram realizadas avaliações de crescimento inicial, utilizando-se 6 plantas nas parcelas de cada tratamento determinando-se:

Emergência (PE %), determinada através da fórmula $[PE = (N/n) \times 100]$, onde N= número de plântulas emergidas e n = número de sementes iniciais plantadas por tratamento, sendo os



resultados médios expressos em percentagem (Brasil, 2009). Esta avaliação foi realizada quando 50% de plântulas emergiram e com plântulas normais apresentando duas folhas totalmente expandidas.

As avaliações morfológicas foram realizadas especificamente aos 21, 28, 35 e 42 dias após emergência. Para variável altura de planta (determinada pelo comprimento entre o colo e o ápice da última folha de planta totalmente expandida) (Okumura *et al.*, 2018); diâmetro do colmo (medição da base do colmo) (Palheta *et al.*, 2021). Número de folhas - contagem de folhas totalmente expandidas e fotossinteticamente ativas, antes do florescimento, no estágio vegetativo V8, seguindo a metodologia utilizada por Barros (2019).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk), homogeneidade das variâncias (Bartlett) e as variáveis foram comparadas pelo teste F a nível de 5% de probabilidade. Quando significativo, as variáveis foram submetidas ao teste de Scott-Knott para comparação de médias considerando nível de significância $p < 0,05$ e por meio de regressão, sendo ajustadas equações significativas até 5% de probabilidade pelo teste F com os maiores coeficientes de determinação (R^2), com o auxílio do programa computacional R vs. 4.3.0 (R CORE TEAM, 2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da análise da variância indicaram que a interação entre os genótipos e os tipos de fertilizantes não foi estatisticamente significativa para as variáveis emergência das plantas e índices fisiológicos (clorofila total, flavonóides, antocianinas e balanço de nitrogênio). No entanto, foi verificado efeito isolado do fator tipos de fertilizantes, independente do genótipo avaliado, para variável emergência, clorofila total, balanço de nitrogênio e antocianinas.

Também foram observados efeitos interativos entre os genótipos e os tipos de fertilizantes para as variáveis morfológicas (altura das plantas, diâmetro do colmo e número de folhas) demonstrando a influência dos tipos de fertilizantes nos descritores morfológicos. Estes resultados sugerem que o desempenho morfológico dos genótipos de milho é modificado pelo tipo de fertilizante aplicado, e o efeito do tipo de fertilizante pode deferir conforme o genótipo de milho.

As variáveis apresentaram valores de coeficiente de variação de 0,8% a 28,5% indicando adequada precisão experimental para as características avaliadas (Tabela 1).



Segundo Pimentel-Gomes e Garcia (2002); Oliveira *et al.*, (2009) referem que quanto maior o coeficiente de variação, menor a precisão experimental.

Estudos realizados pelo Argenta *et al.*, (2003), constatou relação positiva entre leitura do clorofilômetro e teor de clorofila na folha e entre teor de clorofila na folha e teor de nitrogênio na planta. Os diferentes tipos de fertilizantes proporcionaram diferenças significativas para descritores morfológicos proporcionando um ajuste linear crescente para variável altura de planta, diâmetro de caule e número de folhas, quando comparados com o tratamento controle, demonstrando a eficiência dos genótipos do milho quando adubados com fertilizantes. De acordo com Bergamaschi *et al.*, (2004) o milho é uma planta C4 e possui eficiente aproveitamento de nutrientes, radiação solar devido a maior área foliar o que reflete na elevada produtividade.

A alta eficiência fotossintética pode levar ao incremento de produtividade agrícola, e essa relação está diretamente relacionada com o aproveitamento da radiação disponível na clorofila e pigmentos acessórios (Silva *et al.*, 2014). De acordo com Taiz e Zeiger (2013) a clorofila presente em plantas superiores é utilizado para realizar a fase fotoquímica e os carotenoides são pigmentos acessórios do aparato fotossintético.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos componentes fisiológicos e descritores morfológicos de genótipos de milho avaliados com diferentes fontes de fertilizantes.

| FV | GL | Quadrado médio | | | | | | | |
|---------------|----|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|---------|----------|-----------|
| | | Emergência | Clor. Total | Flavonóides | B. Nitrogênio | Antocianina | AP | D. Caule | N. Folhas |
| Genótipos | 5 | 22.1667* | 0.01943* | 0.008991 ^{NS} | 0.3455 ^{NS} | 0.000357* | 247.6* | 1.1* | 0.359* |
| Fertilizantes | 3 | 5.9444 ^{NS} | 0.9569* | 0.024815 ^{NS} | 9.6242* | 0.0106042* | 5478.9* | 140.073* | 17.4711* |
| Gen x Fert | 15 | 1.6556 ^{NS} | 0.00556 ^{NS} | 0.007634 ^{NS} | 0.2966 ^{NS} | 0.0000986 ^{NS} | 74.6* | 1.506* | 0.0612* |
| Resíduos | 46 | 2.0417 | 0.0037 | 0.010432 | 0.3624 | 0.0000682 | 1.3 | 0.147 | 0.0034 |
| Médias | - | 21.4 | 0.83 | 0.46 | 2.1 | 0.15 | 73.2 | 19.5 | 7.7 |
| CV (%) | - | 6.7 | 7.2 | 22.1 | 28.5 | 5.1 | 1.5 | 1.9 | 0.8 |

FV- Fonte de variação; Gen - Genótipos; Fert - Fertilizantes; ^{NS} - Não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$); CV- Coeficiente de variação; Clor. Total - Clorofila total; B. Nitrogênio - Balanço de Nitrogênio; AP - Altura de planta; D. Caule - Diâmetro de caule; N. Folhas - Número de folhas.

Fonte: Autores (2024).

Na Tabela 2, são apresentadas as médias de porcentagem de emergência das plantas (PE%) e índices fisiológicos de genótipos de milho. Em relação a emergência, os genótipos obtiveram diferenças em relação ao vigor, não sendo significativo pelos diferentes tipos de fertilizantes, a germinação de sementes e emergência de plantas com alto vigor contribuiu para formação do dossel e conseqüentemente maior densidade de plantas.

De modo geral, a porcentagem de emergência dos genótipos ficou em torno de 97.5% a 82.2%, sendo o genótipo Branco com maior emergência (97.5 %) deferindo estatisticamente com



os demais genótipos. Segundo Mata *et al.*, (2011) o sucesso produtivo da cultura de milho depende, em parte, das etapas de semeadura, germinação e emergência das plântulas, devendo-se verificar a profundidade de semeadura, teor de água e nutrientes no solo, vigor e densidade das sementes. O contato da semente com solo úmido permite a reidratação de seus tecidos, aumentando suas atividades respiratórias e germinação (Carvalho & Nakagawa, 2012).

De acordo com França Neto *et al.*, (2016) o uso de sementes com alta qualidade fisiológica garante o sucesso da produção agrícola, por consequência, maior produtividade, sobre variação de condições ambientais. Marcos *et al.*, (2023), avaliando de milho submetidos a salinidade observou que no tratamento controle os genótipos Branco e Glyphos RR apresentaram porcentagem de germinação de 98.25% a 100%, diferindo-se assim, com os demais genótipos.

Em relação aos índices fisiológicos de absorção da clorofila total e pigmentos acessórios dos genótipos avaliados em função dos tipos de fertilizantes, com relação absorbância de fótons os genótipos obtiveram diferenças no fluxo de fotossíntese com destaque para clorofila total e antocianina, não sendo significativo quanto ao fluxo de fótons de nitrogênio.

Maiores índices de clorofila total, foi verificado nos genótipos AG1051 com 0.9025 e genótipo palha roxa com 0.8600, diferindo com os demais genótipos. Estes valores se encontram dentro de parâmetro das reações luminosas da fotossíntese. Denominada por produtividade quântica da fotossíntese (Taiz *et al.*, 2017).

Em relação ao segundo fator (tipos de fertilizantes), foi verificado diferenças significativas entre os tratamentos organomineral, fosfato monoamônio - MAP e adubação completa - NPK, quando comparados com o tratamento controle. Os índices fisiológicos nos três tratamentos com adubos não foram significativos entre si, pode-se observar que no segundo fator os índices de clorofila variaram de 0.9401 a 0.9679, balanço de nitrogênio obteve variação de 2.2360 a 2.6335, e antocianina obteve variação de 0.1695 a 0.1721, o tratamento controle (sem adubação) obteve baixo índice de clorofila total correspondente a 0.4899, balanço de nitrogênio de 1.0407 e antocianina com teores de 0.1227. Esta variação dos índices fisiológicos dos genótipos em resposta aos tipos de adubação pode ser explicada pela expressão genética dos genótipos e na eficiência de exportação de nutrientes da solução do solo pela produção de produtos nas folhas.

Segundo Taiz *et al.*, (2017), refere que a produtividade quântica de um processo fotossintético pode variar de 0 (se esse processo não responder à luz) a 1,0 (se todos os fótons



absorvidos contribuírem para o processo formando um produto). Para o mesmo autor, a clorofila *a* e *b* são abundantes nas plantas verdes e os carotenoides são pigmentos minoritários.

Durante a fotossíntese, a planta utiliza a energia solar para oxidar a água, consequentemente liberando oxigênio, e para reduzir o dióxido de carbono, formando assim grandes compostos carbonados, sobretudo açúcares e a complexa série de reações, culmina na redução do CO₂, fixação do carbono e alta energia ATP e NADPH (Taiz *et al.*, 2017). De acordo com mesmo autor, ocorre nas reações dos tilacóides, também chamadas de “reações luminosas” da fotossíntese. Segundo Fan *et al.*, (2022); Fontes *et al.*, (2016) a clorofila total e o balanço de nitrogênio representam um fator crucial indicador do estado nutricional das plantas e é empregado em vários estudos para avaliar o estado de nitrogênio das plantas.

Tabela 2. Porcentagem de emergência (PE%) e índices fisiológicos de genótipos de milho submetidos a fontes de fertilizantes minerais e organomineral.

| Genótipos | Emergência (%) | Clorofila total | B. Nitrogênio | Antocianina |
|--------------------------|----------------|-----------------|---------------|-------------|
| Branco | 97.5 A | 0.8028 B | 1.9831 A | 0.1551 B |
| Glyfos RR | 92.1 B | 0.7944 B | 2.0858 A | 0.1529 B |
| AG1051 | 84.1 C | 0.9025 A | 2.2027 A | 0.1685 A |
| Roxo | 87.8 C | 0.8317 B | 2.3056 A | 0.1585 B |
| Vermelho | 91.6 B | 0.8201 B | 1.8500 A | 0.1579 B |
| Palha roxa | 82.2 C | 0.8600 A | 2.2233 A | 0.1614 B |
| Fontes de fertilizantes | | | | |
| Controle | 86.1 A | 0.4899 B | 1.0407 B | 0.1227 B |
| Organomineral | 89.1 A | 0.9401 A | 2.5232 A | 0.1719 A |
| Fosfato monoamônio - MAP | 89.8 A | 0.9679 A | 2.6335 A | 0.1695 A |
| Adubação completa - NPK | 83.5 A | 0.9434 A | 2.2360 A | 0.1721 A |
| CV (%) | 6.7 | 7.2 | 28.5 | 5.1 |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Autores (2024).

Na Tabela 3, são apresentados os descritores morfológicos de genótipos de milho dos caracteres altura de planta (cm), diâmetro do caule (mm) e número de folhas, para estas variáveis apresentaram interação significativa entre os genótipos e fontes de fertilizantes.

No tratamento controle a variável altura de plantas (AP) nota-se que o maior valor do genótipo Branco com 55.50 cm, diferindo com os demais genótipos. Para o tratamento com organomineral, maiores médias foi encontrada no genótipo Palha roxa obtendo 91.10 cm seguido do genótipo Roxo com 83.23. No tratamento com fosfato monoamônio - MAP e adubação completa - NPK maiores médias foram encontrados no genótipo Palha roxa com 90.63 cm e 91.73, diferindo com os demais genótipos avaliados respectivamente.



Para o descritor diâmetro do caule, no tratamento controle, maiores médias foram encontrados nos genótipos Roxo, Glyphos RR e AG1051 com 16.50 mm, 16.27 mm e 15.90 mm, diferindo significativamente com os demais genótipos. Para o tratamento com o organomineral maior média foi encontrado no genótipo Palha roxa com 21.07 mm diferindo com os demais genótipos. No tratamento com fosfato monoamônio - MAP o genótipo Roxo, Branco, AG1051, Vermelho e Palha roxa apresentaram maior média com 21.30 mm, 20.90 mm, 20.87 mm, 20.90 mm e 20.70 mm, diferindo com o genótipo Glyphos RR. O tratamento com adubação completa - NPK, apresentou maior média de diâmetro se comparados com diferentes fontes de adubação, sendo que os genótipos Branco e Palha roxa apresentaram média de 22.60 mm e 22.53 mm, diferindo significativamente como os demais genótipos.

Menor altura de planta e maior diâmetro do colmo são características desejáveis para plantas de milho, pois estas propriedades diminuem a possibilidade de acamamento pela raiz ou pela haste. Para estas características foi observado que os genótipos Glyphos RR e AG1051 se enquadram para estes descritores. Para o descritor número de folhas, foi observado diferenças significativas entre os tratamentos, sendo menores médias de número de folhas encontrados no tratamento controle e diferindo significativamente com os tratamentos organomineral, fosfato monoamônio - MAP e adubação completa - NPK.

Assim, os genótipos apresentaram menor número de folhas no tratamento controle, entretanto para o tratamento organomineral, fosfato monoamônio - MAP e adubação completa - NPK, o genótipo Vermelho apresentou maior número folhas (8.6) diferindo com os demais genótipos. Fisiologicamente as folhas exercem funções vitais nos processos fotossintéticos sendo mais ativas quando atingem a maturação completa que se traduz na plena atividade fotossintética. Assim como a estatura e o diâmetro, o número de folhas está associado com a estrutura e nutrição da planta interferindo diretamente no florescimento da planta (Taiz & Zeiger, 2009; LI *et al.*, 2016). De acordo com Gomes *et al.*, (2010) o diâmetro do colmo está associado à produtividade de plantas de milho, atuando como estrutura de reserva e translocação de fotoassimilados (estrutura anatômica para o transporte de água e nutrientes), principalmente no período de enchimento de grãos, sendo o aumento deste caractere, um dos fatores chave para a redução do acamamento.



Tabela 3. Descritores morfológicos de genótipos de milho submetidos a tipos de fertilizantes.

| Genótipos | Altura de planta (cm) | | | |
|------------|-------------------------|---------------|----------|----------|
| | Fontes de fertilizantes | | | |
| | Controle | Organomineral | MAP | NPK |
| Branco | 55.50 Ad | 76.27 Dc | 78.47 Cb | 82.63 Ca |
| Glyfos RR | 38.87 Ec | 69.53 Fb | 77.63 Ca | 79.43 Da |
| AG1051 | 43.63 Cc | 79.87 Cb | 84.00 Ba | 85.80 Ba |
| Roxo | 54.43 Ac | 83.23 Bb | 85.03 Bb | 87.50 Ba |
| Vermelho | 50.27 Bc | 74.27 Eb | 76.13 Db | 81.43 Ca |
| Palha roxa | 41.40 Db | 91.10 Aa | 90.63 Aa | 91.73 Aa |

| Genótipos | Diâmetro do caule (mm) | | | |
|------------|-------------------------|---------------|----------|----------|
| | Fontes de fertilizantes | | | |
| | Controle | Organomineral | MAP | NPK |
| Branco | 14.17 Cd | 20.20 Bc | 20.90 Ab | 22.60 Aa |
| Glyfos RR | 16.27 Ac | 19.50 Bb | 19.50 Bb | 21.07 Ba |
| AG1051 | 15.90 Ad | 20.00 Bc | 20.87 Ab | 21.53 Ba |
| Roxo | 16.50 Ac | 19.63 Bb | 21.30 Aa | 21.87 Ba |
| Vermelho | 15.00 Bd | 19.63 Bc | 20.90 Ab | 21.57 Ba |
| Palha roxa | 15.10 Bc | 21.07 Ab | 20.70 Ab | 22.53 Aa |

| Genótipos | Número de folhas | | | |
|------------|-------------------------|---------------|---------|---------|
| | Fontes de fertilizantes | | | |
| | Controle | Organomineral | MAP | NPK |
| Branco | 6.30 Ab | 8.00 Ca | 8.00 Ca | 8.00 Ca |
| Glyfos RR | 6.23 Ab | 8.00 Ca | 8.00 Ca | 8.00 Ca |
| AG1051 | 6.20 Bb | 8.00 Ca | 8.00 Ca | 8.00 Ca |
| Roxo | 6.16 Bb | 8.23 Ba | 8.30 Ba | 8.23 Ba |
| Vermelho | 6.13 Bb | 8.60 Aa | 8.60 Aa | 8.60 Aa |
| Palha roxa | 6.30 Ab | 8.30 Ba | 8.30 Ba | 8.30 Ba |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula e minúscula na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

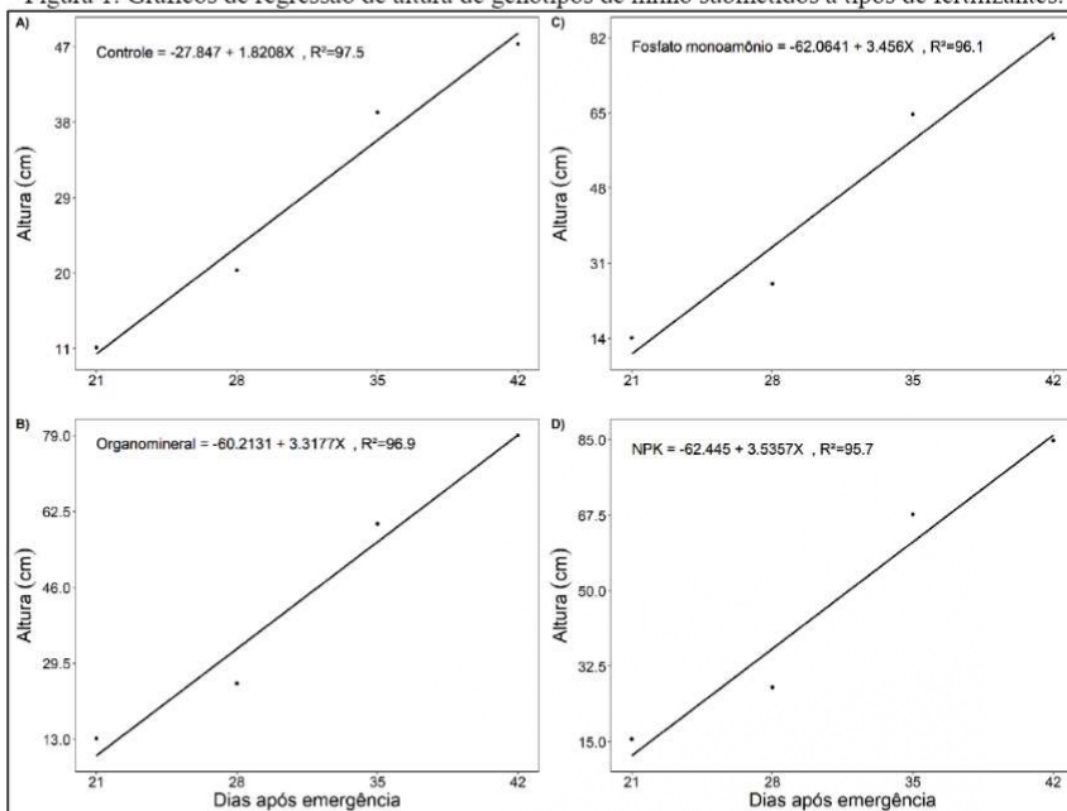
Fonte: Autores (2024).

Na figura 1, 2 e 3, estão apresentados a contribuição dos tipos de fertilizantes nos descritores altura de planta, diâmetro do colmo e número de folhas dos genótipos de milho ao longo do tempo, pode-se observar variação aos 21, 28, 35 e 42 dias após emergência. Para a variável altura de planta, o tratamento controle apresentou menor média para variável altura em todas avaliações realizadas. O tratamento controle obteve altura máxima de 47.3 cm e ajuste de regressão do $R^2 = 97.5$ (Figura 1-A), diferindo com adubação organomineral, fosfato monoamônio e adubação completa, que apresentaram maiores médias para altura de planta obtendo 79 cm, 82 cm e 85 cm, e ajuste de regressão do $R^2 = 96.9, 96.1$ e 95.7 respectivamente (Figura 1- B, C e D).

Estes resultados demonstram o efeito positivo da aplicação de fertilizantes organominerais no desempenho fisiológicos e morfológicos da cultura do milho, os fertilizantes organominerais contribuíram para o aumento significativo da altura de planta, folhas com bom estado nutricional se comparado com o tratamento controle que apresentou clorose nas folhas mais velhas.



Figura 1. Gráficos de regressão de altura de genótipos de milho submetidos a tipos de fertilizantes.



*Significativo em nível de 5% de probabilidade; R² = coeficiente de regressão.

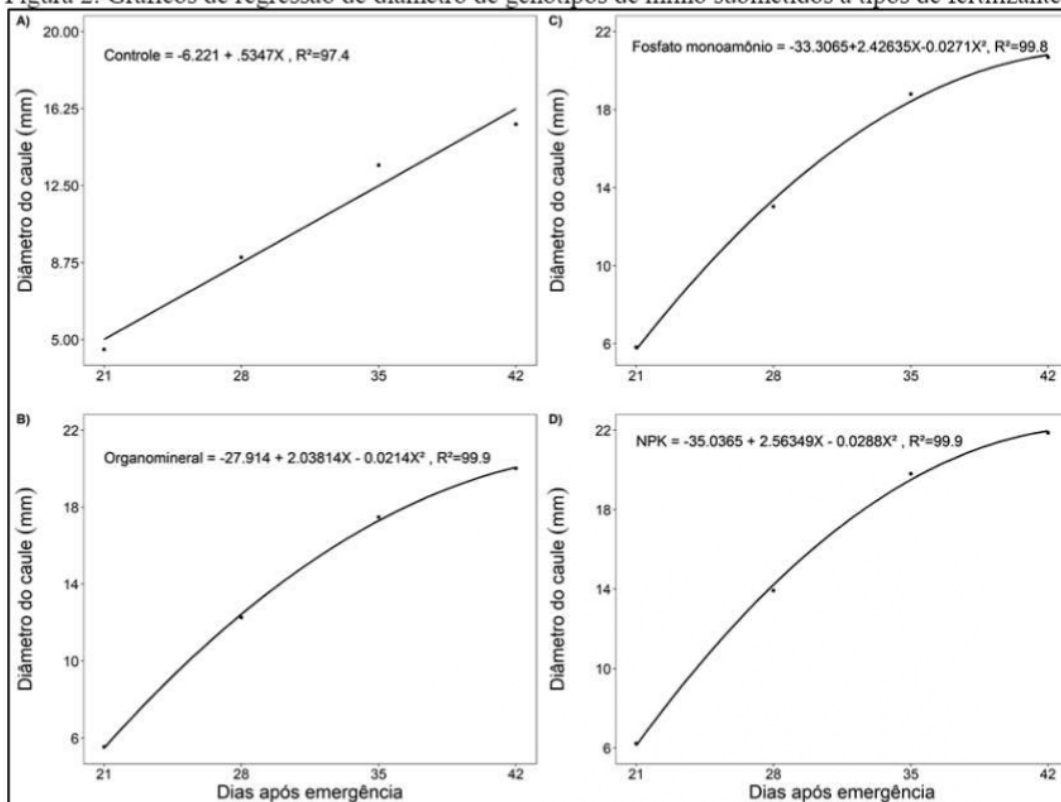
Fonte: Autores (2024).

Para a variável diâmetro de colmo, seguiu comportamento linear para o tratamento controle e ajuste quadrático para os tratamentos com adubação, tendo se observado menor diâmetro de colmo no tratamento controle com 16.20 mm de diâmetro e ajuste de regressão significativa e $R^2 = 97.4$ (Figura 2 - A). Assim, verificou-se crescimento limitado no diâmetro da planta ocasionado pelo baixo suprimento de nutrientes, diferindo significativamente com o tratamento que recebeu adubação com o organomineral, fosfato monoamônio e adubação completa -NPK, que apresentaram maiores médias para o diâmetro de planta obtendo 18 mm, 21 mm e 22 mm e com os valores de ajuste de regressão do $R^2 = 99.9, 99.8$ e 99.7 respectivamente (Figura 2 - B, C e D), diferindo com o tratamento controle.

Aplicação de diferentes adubos minerais e organomineral nos genótipos de milho proporcionou um ajustes de regressão quadrática do diâmetro de colmo o que explica alto desempenho morfológico e fisiológico das plantas.



Figura 2. Gráficos de regressão de diâmetro de genótipos de milho submetidos a tipos de fertilizantes.



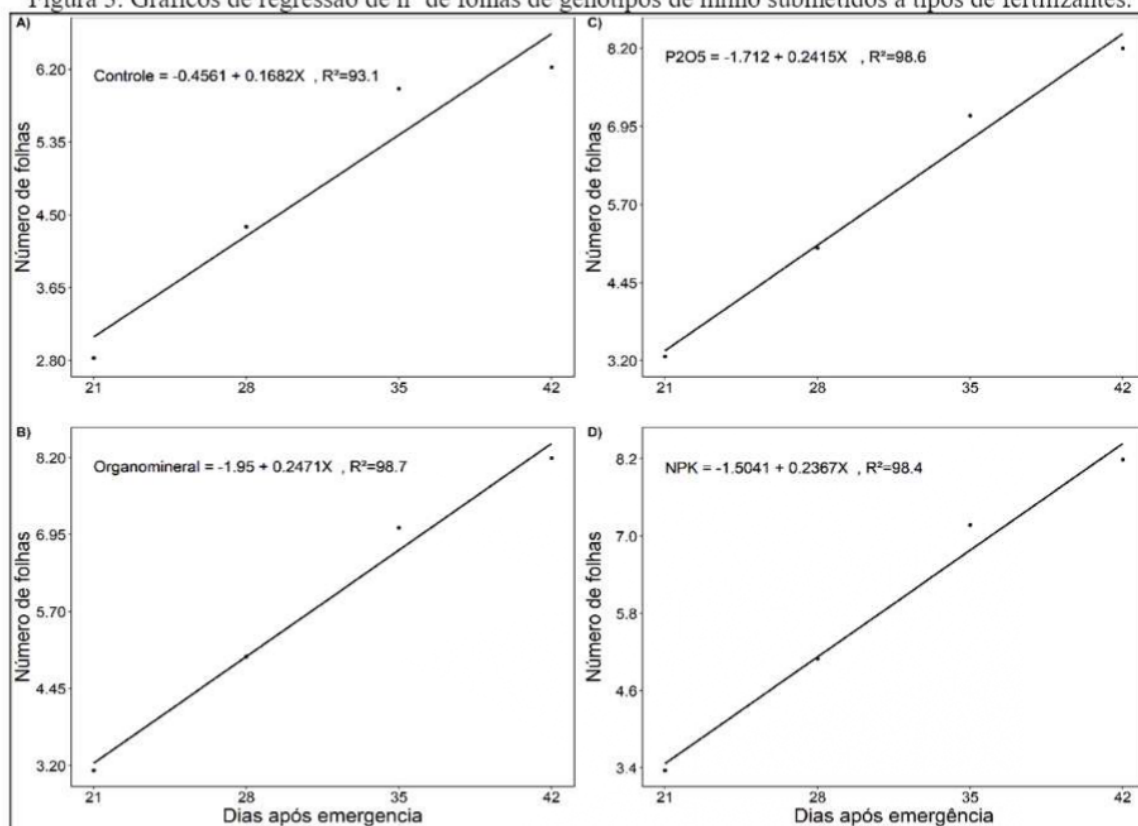
*Significativo em nível de 5% de probabilidade; R^2 = coeficiente de regressão.
Fonte: Autores (2024).

Para a variável número de folhas, observou-se comportamento linear para o tratamento controle e ajuste linear para os tratamentos com adubação, o tratamento controle apresentou menor número de folhas e com os sintomas de deficiência de nutrientes, tendo obtido o máximo de 6.20 folhas e ajuste de regressão $R^2 = 93.1$ (Figura 3 - A), diferindo com adubação com organomineral, fosfato monoamônio e adubação completa, que apresentaram maiores médias para o número de folhas com 8.20 e os valores de ajuste de regressão do $R^2 = 98.7, 98.6$ e 98.4 respectivamente (Figura 3 – B, C e D).

Os genótipos de milho apresentaram alta eficiência fotossintética quando submetidas adubação mineral e organomineral, como se verificou na presente pesquisa. Maior quantidade de folhas nutricionalmente estáveis e fotossinteticamente ativas resultam em produtos que são utilizados no crescimento e desenvolvimento da planta, e que se traduz na fase reprodutiva e produtiva do milho.



Figura 3. Gráficos de regressão de nº de folhas de genótipos de milho submetidos a tipos de fertilizantes.



*Significativo em nível de 5% de probabilidade; R^2 = coeficiente de regressão.

Fonte: Autores (2024).

Estes resultados obtidos na presente pesquisa corroboram com Taiz *et al.*, (2017), segundo o qual o suprimento inadequado de um elemento essencial em uma planta provoca distúrbios metabólicos, resultantes do suprimento insuficiente de um elemento essencial. Pesquisas realizados por Carvalho *et al.*, (2015) constataram que a adubação orgânica proporcionou maiores valores na altura em plantas de milho, quando comparados à adubação mineral.

De acordo com Pereira Júnior *et al.*, (2012) refere que o diâmetro do colmo na cultura do milho representa a reserva nutricional para as plantas e maior diâmetro contribui na sustentação da espiga e evita o tombamento estando ligado a produção de grãos. De acordo com Tiritan *et al.*, (2010), aplicação de fontes de fertilizantes organominerais na cultura do milho proporciona efeitos significativos nos caracteres morfológicos e nutricionais, proporcionando maior produção de grãos com menor custo.



4 CONCLUSÃO

Os fertilizantes organominerais apresentam alta eficiência no cultivo de milho, tendo proporcionado melhores índices fisiológicos de clorofila total, balanço de nitrogênio, pigmentos acessórios e aumento nos descritores morfológicos dos genótipos de milho.

No que diz respeito a germinação e emergência, especificamente o genótipo Branco obteve 97.5 % de emergência, sendo que o genótipo AG1051, foi mais eficiente no transporte de água e assimilação de sais minerais, o que se traduziu na melhor composição dos teores fisiológicos e maior acúmulo de fotoassimilados.

A fertilização com o adubo organomineral proporcionou respostas similares quando se comparado com adubação completa - NPK, para a variável número de folhas, traduzindo na eficiência fotossintética dos genótipos avaliados, podendo ser aplicado e massificado para o cultivo de milho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), aos técnicos dos laboratórios, servidores da área experimental e aos demais colaboradores.

Os agradecimentos são extensivos para a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) - pela concessão de bolsa de mestrado e doutorado.



REFERÊNCIAS

- ALVES; L. R. A et al., (2009). Avaliação econômica de milho geneticamente modificado resistente a insetos: MON89034 E MON810. In: CONGRESSO DO SOBER, 47. Porto Alegre. Disponível em: Acesso em 25 fev. (2024).
- ARGENTA, G et al., (2003). Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 109-119.
- BARROS, L. M. (2020). Parâmetros genéticos e fenotípicos em híbridos intervarietais em VPAs de milho no RS.
- BERGAMASCHI, H. et al., (2004). Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, set.
- BRASIL. (2009). Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS.
- CARVALHO, A. H. O.; PENA, F. E. R.; JAEGGI, M. E. P. C.; et al., (2015). Desenvolvimento inicial do milho (*Zea mays* L.) cultivado com fertilizantes minerais e orgânicos. Cadernos de Agroecologia-ISSN 2236-7934 -Vol 10, Nº. 1, Alegre.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. (2012). Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP. 590p.
- CONAB. Perspectivas para agropecuária, Safra 2022/2023. Disponível em [file:https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/perspectivas-para-a-agropecuaria/item/18847-perspectivas-para-a-agropecuaria-volume-10-safra-2022-2023](https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/perspectivas-para-a-agropecuaria/item/18847-perspectivas-para-a-agropecuaria-volume-10-safra-2022-2023). Acesso em 27 de fevereiro de 2024.
- CORRÊA, J. C et al., (2016). Organic, organomineral, and mineral fertilizers with urease and nitrification inhibitors for wheat and corn under no-tillage. Brasil.
- DA SILVA, M. J et al., (2021). Efeito de biocarvão no estado nutricional de milho e nas propriedades químicas de solo pós-colheita. Revista Caatinga, 34(4), 916-925.
- DIAS, K. G. L et al., (2015). Coffee yield and phosphate nutrition provided to plants by various phosphorus sources and levels. Ciência e Agrotecnologia, v. 39, n. 2, p.110-120.
- FAN, Y et al., (2022). Estimativa do teor de nitrogênio em plantas de batata com base em parâmetros morfológicos e índices de vegetação de luz visível. Fronteiras na Ciência das Plantas,13, 1-15. doi: 10.3389/ fpls.2022.1012070.
- FERREIRA D, L et al., (2022). Experimental double hybrids of fresh corn grown under low and high phosphorus availability. Pesquisa Agropecuária Tropical, 52.



FONTES, P. C. R et al., (2016). Modelo de prognóstico de produtividade de tubérculos e eficiência de uso agrônomo de nitrogênio em cultivares de batata. *Jornal Australiano de Ciência de Culturas*, 10 (7), 933-939. doi: 10.21475/ajcs.2016.10.07.p7404.

FORTES, M. A et al., (2018). Phosphorus availability for irrigated rice cultivated under no-tillage and different phosphate sources. *Journal of Agricultural Science*, v. 10, n. 5; p. 276-287.

FRANÇA NETO, J. de B.; et al., (2016). Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Embrapa Soja. 86p. Londrina, PR.

GOMES, L. S. et al, (2010). Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo em milho tropical. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 2, p. 140–145.

<https://blog.ufes.br/agromet/2024/03/01/boletim-agrometeorologico-de-fevereiro-de-2024/>
Acesso: 05/03/2024.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. BOLETINS AGROCLIMATOLÓGICOS, 2021. Disponível em: Espírito Santo. Acesso em 30.out. 2023.

KARAM, D.; MELHORANCA, L. A. (2002). Cultivo do milho: plantas daninhas.

LADHA, J. K et al., (2005). Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. *Advances in Agronomy*.

LI, D. et al., (2016). The genetic architecture of leaf number and its genetic relationship to flowering time in maize. *New Phytologist*, v. 210, p. 256–268.

MACIEL, L. C et al., (2020). Agronomic performance of corn cultivars as a function of phosphorus use. *Annual Research & Review in Biology*, 99-108.

MALAVOLTA, E. (2006). Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Potafós, p. 319.

MARCOS, R. A. et al., (2023). Genótipos de milho submetidos a salinidade: efeitos nas características morfológicas e fisiológicas das plântulas. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, v. 16, n. 11, p. 25494-25513.

MATA, J.F.; PEREIRA, J.C.S.; CHAGAS, J.F.R.; VIEIRA, L.M. (2011). Germinação e emergência de milho híbrido sob doses de esterco bovino. *Amazônia -Ciência & Desenvolvimento*, Belém, v.6, n.12, jan. /jul.

NOVAIS RF, Á. V et al., (2007). Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 3.

OKUMURA, R.S et al., (2018). Corn hybrids response to nitrogen rates at multiple locations in Brazilian Amazon. *Journal of Agricultural Science*, v. 10, p. 233- 242.



OLIVEIRA, R. L.; MUNIZ, J. A.; ANDRADE, M. J. B.; REIS, R. L. (2009). Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. *Ciência Agrotécnica*, 33, 113-119.

PALHETA, J.G et al., (2021). Sources and doses of nitrogen associated with inoculation with *Azospirillum brasilense* modulate growth and gas exchange of corn in the Brazilian Amazon. *International Journal of Agriculture & Biology*, v. 26, p. 349-358.

PEREIRA JUNIOR, E. B et al., (2012). Produção e qualidade de milho-verde com diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. *Revista Verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*. Mossoró, RN, v. 7, n. 2., abr-jun, p 277-282.

PEZZOPANE, J. E. M; CASTRO, F. S; PEZZOPANE, J. R. M; CECÍLIO, R.A. (2012). *Agrometeorologia: aplicações para o Espírito Santo*. UFES.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. (2002). *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos*. Piracicaba: FEALQ, 309p.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. (2007). *Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação*. Vitória: SEEA/INCAPER/ CEDAGRO, 305p.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. (1993). *How a corn plant develops?* Ames: Iowa State University of Science and Technology, 26p. (Special report, 48).

SANTOS HG; JACOMINE PKT; ANJOS LHC; OLIVEIRA VA; LUMBRERAS JF; COELHO MR; ALMEIDA JA; ARAUJO JCF; OLIVEIRA JB; CUNHA TJF. 2018. *Sistema brasileiro de classificação de solos* (5a ed.). EMBRAPA Solos. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicações/-/publicação/1094003/sistema-brasileiro-de-classificação-de-solos>.

SILVA, M. A; SANTOS, C. M.; VITORINO, H. S.; RHEIN, A. L. F. (2014). Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 1, p. 173-181,

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2009). *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 848 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2013). *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 954 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre: Artmed.

TIRITAN et al., (2010). Adubação fosfatada mineral e organomineral no desenvolvimento do milho. *Colloquium Agrariae*.

WERLE, A. J. K. (2011). *Avaliação dialética de linhagens elites e híbridos de milho*. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá - SP.