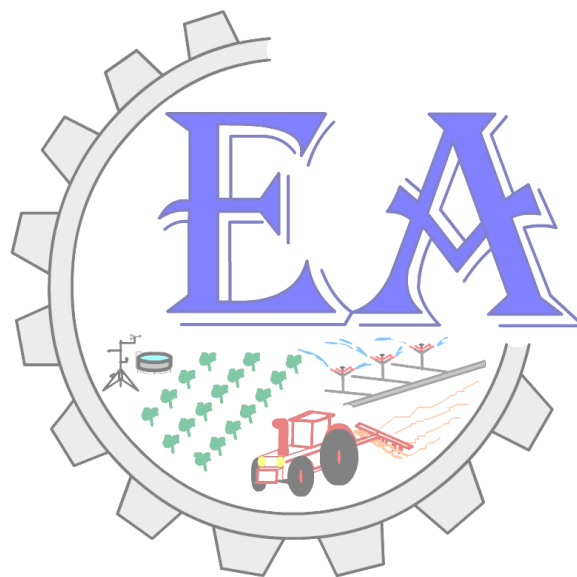




UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE JUAZEIRO,
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Marcos Fabrício Landim de Barros

COMPORTAMENTO NUTRICIONAL DE LINHAGENS DE MILHO
EM SISTEMAS IRRIGADOS NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO
FRANCISCO



Juazeiro - BA

2019

MARCOS FABRÍCIO LANDIM DE BARROS

**COMPORTAMENTO NUTRICIONAL DE LINHAGENS DE MILHO
EM SISTEMAS IRRIGADOS NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO
FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Engenharia de Água e Solo do *Campus* de Juazeiro da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em - Engenharia Agrícola.

Orientador: Pedro Robinson Fernandes de Medeiros

Co-orientador: Lucas Giordano Paranhos

Juazeiro - BA

2019

B277c

Barros, Marcos Fabrício Landim de

Comportamento nutricional de linhagens de milho em sistemas irrigados no submédio do Vale do São Francisco/ Marcos Fabrício Landim de Barros. – Juazeiro - Ba, 2019.

52 f.: il.; 29 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Campus Juazeiro-Ba, Juazeiro-Ba, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Robinson Fernandes de Medeiros.

1. Nutrição vegetal 2. Milho - Macronutrientes – Estudo 3. Zeamays – Análise I. Medeiros, Pedro Robinson Fernandes de (Orient.) II. Título. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 581.1335

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF
Bibliotecário: Fábio Santiago
CRB5/1785

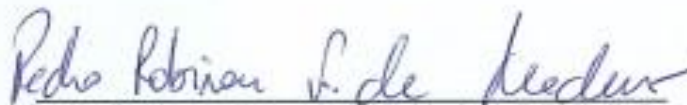
UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Marcos Fabrício Landim de Barros

**“COMPORTAMENTO NUTRICIONAL DE LINHAGENS DE MILHO
EM SISTEMAS IRRIGADOS NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO
FRANCISCO”**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação *Strito Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.



Pedro Robinson Fernandes de Medeiros, Prof. D.Sc.
UNIVASF/CPGEA



Ligia Borges Marinho, D.Sc.
UNEB/DTCS



Augusto Miguel do Nascimento Lima, Prof. D.Sc.
CPGEA/UNIVASF

Juazeiro-BA, 15 de Abril de 2019.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Maria Tania Paes Landim e Nilson Alves de Barros, por todo apoio dado durante toda a minha vida, me incentivando, me fortalecendo e sempre acreditando em mim.

À minha mulher, Jéssica Giordano, que sempre esteve do meu lado para todos os momentos me apoiando e sendo meu porto seguro para todas as situações da vida. Jéssica foi a minha principal influenciadora durante esse meu período acadêmico, me dando conselhos, me direcionando e muitas vezes compartilhando o seu conhecimento acadêmico que me ajudou imensamente. Esse apoio foi fundamental para manter o meu foco durante esses 24 meses de estudo.

Ao meu orientador Pedro Robinson de Medeiros, por ter aceitado realizar esse trabalho comigo e principalmente pelos direcionamentos durante todo esse período que estive como aluno.

Ao meu co-orientador que foi o idealizador do projeto, queria agradecer toda a parceria, amizade e por todos os conselhos me dado ao longo desses dois anos.

Gostaria de agradecer também a UNIVASF, pela oportunidade cedida para a realização do meu mestrado, assim como vem dando oportunidade para muitas outras pessoas de ingressar nesse mundo acadêmico.

Ao Sistema Integrado de Bibliotecas da Univasf pela ajuda e orientação na confecção deste trabalho.

Aos colegas da Pós-Graduação, responsáveis por ajudar uns aos outros, sempre da melhor forma possível. Fizeram com que esse período intenso de estudo e pesquisa, também se tornasse um período alegre e divertido.

E por fim o meu agradecimento especial a empresa Monsanto, por ter me dado a oportunidade de trabalhar numa das melhores empresa do mundo e pela oportunidade de ceder seu campo experimental para a realização do meu experimento.

RESUMO

Esse trabalho teve dois objetivos principais, o primeiro foi avaliar o comportamento nutricional através da extração de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em linhagens de milho, durante o ciclo da cultura, e o segundo foi, avaliar a eficiência de utilização desses macronutrientes de acordo com doses aplicadas durante o estágio vegetativo de duas linhagens de milho. No experimento foram utilizadas duas linhagens, uma de maturidade tardia e a outra com maturidade precoce, denominadas PTN1 e PTN2, respectivamente. O experimento foi conduzido na estação experimental da Monsanto Small Farm no município de Petrolina - PE, região do Submédio do Vale do Rio São Francisco. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 repetições para cada linhagem. Para cada linhagens foram observadas as extrações e as taxas de recuperação de cada macronutrientes nos estádios V2; V3; V4; V5; V6; V7; V8; R1; R3; e R5. A análise estatística foi realizada através do teste de média Scott – Knott, utilizando o programa estatístico SISVAR. Avaliando o comportamento nutricional, pôde-se observar que em relação as duas linhagens estudadas, a PTN1 no qual possui características de maturidade tardia, apresentou uma maior demanda nutricional, ou seja, teve uma extração de nutrientes em todos os estágios fenológicos comparado com a linhagens PTN2, que apresenta maturidade precoce. Observando o comportamento de extração dos macronutrientes de cada linhagens, foi possível observar que para ambas, a maior demanda nutricional foi no estágio reprodutivo, onde tiveram o maior acúmulo de nutrientes nos estádios R1, R3 e R5. Já em relação a eficiência de utilização desses macronutrientes, foi possível observar que a linhagem PTN2 obteve um melhor aproveitamento dos nutrientes absorvidos, resultando numa maior produtividade em relação a linhagem PTN1 (PTN2 6,790 kg/ha; PTN1 5,272 kg/ha).

Palavras-chave: *Zea mays*, linhagem, macronutrientes, nutrição vegetal, eficiência nutricional.

ABSTRACT

The main objectives of this study were to evaluate the nutritional behavior by extracting the macronutrients Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg) and Sulfur (S) the whole cycle of the crop, and also to evaluate the efficiency of extraction of these same nutrients according to doses applied during the vegetative stage of the two maize lines. In the experiment two lines were used, one with late maturity and the other with early maturity, called PTN1 and PTN2, respectively. The experiment was conducted at the Monsanto Small Farm experimental station in the municipality of Petrolina-PE, sub-region of the Vale do São Francisco River. The experimental design was in a randomized block with 4 replicates for each lineage. Statistical analysis was performed using the Scott - Knott mean test using the statistical program SISVAR. In order to evaluate the nutritional behavior, it was observed that in relation to the two lines studied, the PTN1 in which it has characteristics of late maturity, presented a greater nutritional demand, that is, it had a greater accumulation of nutrient extraction in all the phenological stages compared with the PTN2 lineages, which shows early maturity. Observing the extraction behavior of the macronutrients from each line, it was possible to see that for both, the highest nutritional demand was in the reproductive stage, where they had the highest accumulation extracted in the stages R1, R3 and R5. It was possible to observe that the PTN2 strain obtained a better utilization of the nutrients absorbed, resulting in a higher productivity in relation to the PTN1 (PTN2 6,790 kg/ha; PTN1 5,272 kg/ha).

Key-words: *Zea mays*, inbred lines, macronutrients, plant nutrition, nutritional efficiency.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	10
2.1 Região Semiárida – Vale do São Francisco	10
2.2 Cultura do Milho e sua origem.....	11
2.3 Melhoramento genético e linhagens de milho.....	12
2.4 Manejo nutricional da cultura do milho.....	13
3. CAPÍTULO 1	16
EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES DE LINHAGENS DE MILHO NO SUBMÉDIO DO VALE DO RIO SÃO FRANCISCO	17
INTRODUÇÃO.....	19
MATERIAL E MÉTODOS	20
RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS	29
4. CAPÍTULO 2.....	31
TAXA DE RECUPERAÇÃO DE NUTRIENTES POR LINHAGENS DE MILHO NO SUBMÉDIO DO VALE DO RIO SÃO FRANCISCO	32
INTRODUÇÃO.....	34
MATERIAL E MÉTODOS	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA REVISÃO.....	49

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é incluído na família Poaceae (FAO, 2008). O Brasil está classificado como o 3º país que mais produz milho no mundo e o 2º maior em exportação, sendo um país de grande importância mundial para a produção desse cereal (CONAB 2018). Um dos motivos para o milho estar entre um dos cereais mais produzidos no mundo se explica pelo aumento dos conhecimentos e técnicas de melhoramento genético que são aplicadas nessa cultura. Segundo Borém (2001) 50% do aumento da produtividade é por conta do melhoramento genético. No Brasil, o cereal é consumido principalmente por parte dos criadores de aves e suínos, que utilizam o milho como ração (IBGE, 2009), não se restringindo ao consumo alimentício dos humanos (milho verde, pão, farinha e massas). Além disso, é importante também na produção de óleos, espessantes, colantes e na produção do etanol (também utilizado na Europa e Estados Unidos) (PINAZZA e ALIMANDRO, 1998, VERZEGNAZZI, 2011).

O Brasil, comparado com outros países produtores de milho, tem uma produtividade média baixa (3.620 kg ha^{-1}), em comparação aos Estados Unidos que tem uma produtividade de 9.660 kg ha^{-1} . Dos principais fatores que contribuem para uma baixa produtividade, destaca-se a fertilidade do solo e o manejo inadequado das fertilizações, principalmente com os macronutrientes (VALDERRAMA et al., 2011).

Para atingir a produtividade adequada da cultura do milho, os macronutrientes nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio, que são exigidos em maior quantidade, são fundamentais. Dessa forma é de grande importância entender as necessidades e quantidades desses nutrientes em cada etapa do ciclo da cultura para favorecer o aumento da produtividade (PINHO et al., 2009)

A avaliação nutricional para a cultura do milho são mais específicas para híbridos, porém ainda há uma necessidade de maior entendimento sobre o comportamento das linhagens dessa cultura para uma melhor adequação do manejo nutricional. Segundo Rasse et al. (1999), ainda não há informações suficientes sobre o manejo nutricional em linhagem de milho, estima-se que para a necessidade de alguns nutrientes como nitrogênio, a exigência é mais baixa, porém informações como essas ainda são escassas, fazendo com que produtores tenha um manejo nutricional inadequado, aplicando doses desnecessárias de fertilizantes que onera cada vez mais o custo de produção, como também podendo ser uma ameaça para o meio ambiente.

A unidade de pesquisa da Monsanto de Petrolina – PE tem como principal objetivo a aceleração do pipeline de milho do Brasil, processo em que recebe linhagens de milho de

todo o país para avanço de gerações, com o objetivo de minimizar o tempo de criação de híbridos mais produtivos. Devido ao clima, à disponibilidade de água, mão de obra qualificada e facilidade de logística, a região do vale do rio São Francisco tem favorecido a condução de 3 ciclos da cultura por ano, tornando assim um centro estratégico da pesquisa de milho do Brasil.

Para dar continuidade de forma sustentável a condução dessas linhagens de milho, torna-se necessário fazer um manejo nutricional adequado, sem excessos de fertilizantes, que pode afetar o desenvolvimento da planta. O objetivo desse trabalho tem em vista entender a curva de absorção nutricional dos elementos nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em duas linhagens de milho, visando a adequação do manejo nutricional de acordo com a extração da planta em cada estágio vegetativo, garantindo um bom desenvolvimento da cultura.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Região Semiárida – Vale do São Francisco

O Semiárido brasileiro, representado por uma extensão territorial de 969.589 km², engloba os estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará, Rio Grande do Norte, Sudeste do Piauí, Oeste de Alagoas, Sergipe, região central da Bahia e uma faixa que se estende em Minas Gerais (CORREIA et al., 2011).

O Semiárido brasileiro ocupa grande parte do Nordeste brasileiro, possui características marcantes como as elevadas temperaturas médio-anual, aproximadamente 26° C; baixos índices pluviométricos, 300 a 500 mm/ano mas podendo aumentar nas regiões de elevadas altitudes, como as serranas, as quais apresentam médias anuais acima do esperado, entre 1.500 a 2.000 mm/ano; e grande diversidade de paisagens, já que a Caatinga possuindo 17 grandes unidades de paisagens é o ecossistema que representa a maior parte da região Semiárida. Ressaltando que as árvores da Caatinga possuem alta tolerância e adaptação às condições climáticas da região (CORREIA et al., 2011).

Nesta região ocorre uma grande diferença nos tipos de solo, pois a cobertura pedológica está relacionada com o clima, material de origem, vegetação e o relevo. Segundo Correia, et. al (2011) e Jacomine (1996), os solos dessa região estão distribuídos nas porcentagens: Neossolos Litólicos (19,2%), Latossolos (21%), Argissolos (14,7%), Luvisolos (13,3%), Neossolos Quartzarênicos (9,3%), Planossolos (9,1%), Neossolos Regolíticos (4,4%), Cambissolos (3,6%) e Perfazendo (5,4%).

A cidade de Petrolina/PE está inserida dentro do pólo Petrolina/ Juazeiro (BA) de agricultura, dominada pela fruticultura, o qual aparece entre os três maiores PIBs agrícolas do país. O desenvolvimento agrícola na região do Semiárido brasileiro foi possível devido à localização desta no Submédio do Rio São Francisco, a qual teve a criação de grandes projetos de Irrigação que possibilitou a expansão agrícola na região.

A irrigação possui vantagens como a capacidade de inibir pragas e fungos, e como os índices pluviométricos são baixos, as chuvas inesperadas não correm risco de comprometer os resultados de uma safra, pois a irrigação será controlada de acordo com a necessidade de água da cultura implementada. Além de outras características essenciais presentes, como o alto índice de radiação solar, temperatura média anual de 26° C. Assim, as características climáticas, solos, relevo entre outras da região, junto com o manejo adequado da irrigação, as diferentes culturas frutícolas, e outras, como por

exemplo o milho, são capazes de acelerarem seus ciclos, aumentando a capacidade de acelerar a obtenção de resultados de pesquisas de melhoramento genético (SOBEL, 2006).

2.2 Cultura do Milho e sua origem

A espécie *Zea mays* L., popularmente conhecida como milho, está presente na Família Poaceae, caracterizada por representantes das gramíneas, capim, grama, entre outras. O milho é descendente do teosinto, *Zea mays*, subespécie mexicana e foi descoberto a mais de 8000 anos, desde então sendo produzido em todas as partes do mundo devido a sua boa adaptabilidade em diferentes regiões, o seu genótipo permite seu cultivo tanto em nível do mar como em grandes altitudes, assim como em clima tropical, temperados e clima subtropicais (BARROS & CALADO, 2014). Esta família se classifica em primeiro lugar na economia, liderando o ranking de produção, principalmente, de açúcar e cereais (Ex. milho – cereal mais cultivado do planeta); em terceiro lugar quanto ao número de gêneros, e quinto lugar quanto ao número de espécies. O milho está entre os cereais mais produzidos do mundo (FAO, 2008), atualmente o Brasil é responsável por uma grande parcela da produtividade mundial, onde obteve mais de 97 milhões de toneladas na safra 2016/2017 e mais de 82 milhões de toneladas na safra 2017/2018, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China (CONAB 2018).

Devido à facilidade de introdução e substituição das culturas de cereais e grãos leguminosos no Brasil, estas culturas têm ampla distribuição pelo território do país. O milho, como sendo um cereal, faz parte desta ampla distribuição, aparecendo em regiões brasileiras com características distintas. A substituição dessas culturas poderá ocorrer se as condições climáticas e econômicas, do local implementado, não forem favoráveis. Vale ressaltar que as diferentes regiões do país onde o milho é introduzido possuem variações climáticas, diferentes tipos de solo, relevo, e principalmente diferentes linhagens do milho, onde umas possuem tecnologia introduzida, através do melhoramento genético, e outras são linhagens tradicionais, cada uma possuindo características particulares. Todos esses fatores devem ser levados em consideração no momento de introduzir o milho em uma determinada região, outro fator importante é análise da quantidade e necessidade da aplicação de fertilizantes (OLIVEIRA & BEZERRA, 2013).

O ciclo do milho no Brasil pode variar entre 110 e 180 dias, a depender da temperatura onde a cultura foi introduzida. Em lugares com temperaturas mais amenas, o ciclo do milho tende a aumentar, já em lugares mais quentes, como é o caso da região

Semiárida, o ciclo do milho tende a reduzir (SANTANA, 2012). Essa é uma das razões para que o Brasil está entre um dos maiores produtores de milho do mundo, produzindo aproximadamente 5,4 toneladas por hectares (CONAB 2018). Porém, existem algumas tecnologias aplicadas no milho que são capazes de duplicar a produção por safra, como a biotecnologia através do melhoramento genético (FAO, 2008; OLIVEIRA & BEZERRA, 2013).

O homem começou a realizar o processo de seleção do milho a milhares de anos atrás, onde começou a selecionar as espigas mais fáceis de serem colhidas e armazenadas, e ao longo do tempo foram colhendo apenas as plantas mais vigorosas e com maior número de grãos por espiga, realizando uma seleção genética inconsciente. Desde o início do século XX, já se realizam estudos e testes de melhoramento genético convencional, e inserção de características novas para melhorias na cultura do milho, como resistências a pragas, maior produtividade por planta, entre outras (CIB, 2006).

2.3 Melhoramento genético e linhagens de milho

O melhoramento genético, desde o início do século XX, vem revolucionando a agricultura mundial. As diversas técnicas de melhoramento genético vêm aumentando a produtividade de diversas culturas, como o milho. São realizadas diferentes formas de melhoramento genético vegetal no milho, como seleção recorrente, retrocruzamento, produção de linhagens por autofecundação e a utilização de duplo-haplóides para futura produção de híbridos (BARBOSA, 2009). Porém, um dos métodos mais utilizados nesta cultura é o melhoramento genético tradicional, que visa a obtenção de linhagens homozigotas. Porém, esse processo é lento, cerca de 5 a 7 ciclos do milho, podendo durar de 3 a 5 anos para obter aproximadamente 99% de homozigose (VERZEGNAZZI, 2011).

O melhoramento genético de milho apresentou diferentes épocas, até o início do século XX, época em que o melhoramento genético revolucionou a agricultura, apenas algumas variedades de milho haviam sido desenvolvidas. Após essa fase, no final dos anos 20, os melhoristas conseguiram a obtenção de híbridos duplos, nos anos 50 os híbridos simples, nas décadas de 70 e 80 já realizavam o melhoramento com intensa análise de dados, e nos anos 90 a biotecnologia, com a utilização de novas técnicas, como uso de marcadores moleculares, trazendo um novo conceito de melhoramento (SCHOPER, 2009).

Percebe-se que a biotecnologia trouxe inúmeras vantagens e benefícios para o melhoramento genético vegetal, quando utilizada da forma adequada e com instruções de profissionais da área. Dois fatores importantes quando se fala no bom uso da Biotecnologia, é avaliar os custos financeiros e o tempo necessário para realizar qualquer técnica (CAIXETA et al., s/ data).

O melhoramento de milho teve uma curva crescente, até meados da década de 80, onde os principais objetivos eram o aumento de produtividade e porte da planta entre outras características desejadas pelos agricultores, como, altura da inserção da espiga e resistência ao acamamento. Recentemente, como consequência do melhoramento genético, tem se observado mudanças na arquitetura da planta, como cultivares de porte baixo, ciclo precoce e com boa adaptação a diferentes tipos de ambientes, características obtidas através de introgressão de germoplasma oriundas de regiões subtropicais e temperadas. Melhoristas, responsáveis por programas de melhoramento em empresas de pesquisas, tem se deparado com alguns fatores que afetam a produção, como doenças foliares causadas por fungos e também doenças foliares causadas por clima e desequilíbrio da nutrição mineral. Desses fatores, o que tem mais afetado o desenvolvimento das plantas, é a ausência de entendimento das necessidades nutricionais da cultura. Dessa forma, surge uma grande necessidade de buscar o manejo nutricional mais adequado para a cultura do milho (LUDERS, 2003).

2.4 Manejo nutricional da cultura do milho

Quando se fala em nutrição mineral, podemos encontrar os macronutrientes e os micronutrientes. Os macronutrientes são aqueles que as plantas necessitam em maiores quantidades, e os micronutrientes são exigidos pelas plantas em quantidades menores (TAIZ & ZIEGER, 2009).

O milho pode ser cultivado em diversas regiões do Brasil, e cada uma delas exigirá uma demanda nutricional diferente durante o ciclo da cultura. O cálculo dos nutrientes para adubação com objetivo de obter a produção esperada, deve ser feito após a análise de solo do local onde será cultivado (RABÊLO et al., 2013).

Para identificar a quantidade ideal de fertilizantes e os intervalos de aplicação, é importante ter o conhecimento de como cada nutriente é absorvido, suas taxas de exportação e a quantidade mínima para manter a fertilidade do solo, durante todo o ciclo do milho (VON PINHO et al., 2009). Quando se tem um manejo nutricional adequado e equilibrado, a cultura do milho consegue aumentar o seu potencial produtivo.

A exigência nutricional padrão para a cultura do milho foi estabelecida há muitos anos atrás (FURLANI et al., 1977; VASCONCELLOS et al., 1983), se tornando desatualizada quando se fala nos diferentes sistemas de plantios e das novas cultivares utilizadas atualmente. Sabe-se hoje que as cultivares podem apresentar comportamentos e necessidades nutricionais diferentes no decorrer do ciclo (VON PINHO et al., 2009; BENDER et al., 2012), e que os híbridos de milho, por exemplo, são considerados mais produtivos devido seu alto vigor (PADILHA et al., 2015).

O nitrogênio (N) é considerado como um super nutriente, pois é o elemento mais exigido em quantidade pela planta. (TAIZ & ZIEGER, 2009).

O N é importante para as plantas pois é constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos de DNA e RNA, nucleotídeos, coenzimas, hexoaminas, entre outros, e também é componente estrutural das moléculas de clorofila. Portanto sua principal deficiência irá causar clorose, inicialmente nas folhas mais velhas pois é um elemento móvel, e começa próximo à base da folha. A clorose pode ter algumas características diferentes de acordo com a cultura afetada, e sua deficiência severa faz causa a morte da folha. Outro sintoma menos comum, é o aparecimento de caules delgados e lenhosos devido ao acúmulo de carboidratos que não foram utilizados no metabolismo do N. Esses carboidratos não utilizados também podem ser usados na síntese de antocianina, causando o acúmulo desse pigmento que deixa as folhas, caules e pecíolos com uma coloração amarelada (TAIZ & ZIEGER, 2009).

O potássio (K) também é um macronutriente de grande importância para o desenvolvimento da cultura. A disponibilidade do K pode variar de acordo o tipo de solo, de acordo com a saturação do magnésio e do cálcio, e também de acordo com a cultivar de milho cultivada. Para realizar a adubação é necessário saber a disponibilidade e também a necessidade da planta, por exemplo, no início do ciclo a planta de milho tem uma necessidade elevada desse nutriente. (RABÊLO et al., 2013).

O K é muito importante pois é requerido pelas plantas como co-fator de mais de quarenta enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese, contribui para a absorção de nitrogênio e desenvolve um papel importante no processo de fotossíntese. Sua deficiência pode causar clorose, seguida de necrose; pode deixar os caules delgados, fracos, levando ao tombamento das plantas e deixando-as mais suscetíveis à doenças fúngicas nas raízes (TAIZ & ZIEGER, 2009).

Comparando as quantidade de N e K exigidas pela cultura do milho, o macronutriente fósforo (P) fica bem atrás (BASTOS et al., 2010).

Existem várias formas de identificar a eficiência do uso do P, alguns podem estar relacionados à taxa de aquisição desse nutriente e a produção de grãos e matéria seca, com baixa ou alta suplementação do P (COLOMBO et al, 2018). O P é de extrema importância para o metabolismo das plantas, onde tem um papel crítico no processo fotossintético assim como na transferência de energia da célula. O P também participa da estrutura dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos se tornando um nutriente muito importante para o desenvolvimento inicial da planta.

O cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) também são considerados macronutrientes e exercem importantes funções no desenvolvimento das plantas. O Ca tem uma ação sinérgica com o elemento Mg e é um nutriente de extrema importância em relação a estrutura e sistemas regulatórios da planta. As concentrações de cálcio no solo são muito pequenas, dessa forma, o cálcio é absorvido do solo através de fluxo de massa e para o interior das células através de difusão. É importante citar que quantidades significativas de cálcio são perdidas do sistema vascular por difusão durante o desenvolvimento da planta, isso pode ocasionar uma baixa eficiência de extração desse nutriente.

O Mg tem um papel muito importante também e se torna fundamental para as atividades enzimáticas principais, que inclui a fotossíntese, ácidos nucleicos e respiração (JONAS et al., 2013).

O S foi reconhecido como um nutriente necessário para o desenvolvimento das plantas há mais de 200 anos, se tornando um dos macronutrientes essenciais. A deficiência desse elemento é um fator que limita diretamente a produtividade das culturas em geral (ALVARES et al 2007).

O S tem papel importante em funções que afeta o metabolismo das plantas, como o controle hormonal que está ligado ao crescimento e produção das culturas (STIPP & CASARIN, 2010).

Caso as plantas não absorvam as quantidades ideais de cada nutriente, elas irão manifestar sintomas de deficiência. Ou seja, a planta irá ativar o mecanismo de redistribuição desse elemento, que sempre irá ocorrer das folhas mais velhas para as folhas mais jovens. Então se o elemento é móvel, ocorrerá a redistribuição do elemento das folhas velhas para as folhas jovens, e a deficiência irá aparecer primeiramente nas folhas mais velhas. Caso contrário, os elementos não conseguirão ser redistribuídos para as folhas mais jovens, as quais vão apresentar a deficiência primeiro (TAIZ & ZIEGER, 2009).

3. CAPÍTULO 1

EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES DE LINHAGENS DE MILHO NO SUBMÉDIO DO VALE DO RIO SÃO FRANCISCO

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de extração dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) em linhagens de milho durante o ciclo da cultura. Foram utilizadas duas linhagens, uma de maturidade tardia e a outra com maturidade precoce, denominadas PTN1 e PTN2, respectivamente. O experimento foi conduzido na estação experimental da Monsanto Small Farm no município de Petrolina-PE, região do Submédio do Vale do Rio São Francisco. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 repetições para cada linhagem. Para cada linhagem foram observadas as extrações de cada macronutrientes nos diferentes estádios V2; V3; V4; V5; V6; V7; V8; R1; R3; e R5. A análise estatística foi realizada através do teste de média Scott – Knott, utilizando o programa estatístico SISVAR. Pôde-se observar que em relação as duas linhagens estudadas, a PTN1 no qual possui características de maturidade tardia, apresentou uma maior demanda nutricional, ou seja, teve um maior acúmulo de extração de nutrientes em todos os estágios fenológicos comparado com a linhagens PTN2, que apresenta maturidade precoce. Observando-se o comportamento de extração dos macros nutrientes de cada linhagens, foi possível perceber que a maior demanda nutricional foi no estágio reprodutivo, onde apresentaram a maior extração de nutrientes nos estádios R1, R3 e R5, seguindo a ordem, $K > N > Ca > Mg > P > Ca$.

Palavras chave: *Zea mays*, linhagem, macronutrientes, extração de nutrientes.

EXTRACTION OF NUTRIENTS FROM CORN LINES IN THE SUBMEDIUM OF THE VALLEY OF THE SÃO FRANCISCO RIVER

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the extraction of the macronutrients nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulphur (S) in maize lines, throughout the crop cycle. Two inbred lines were evaluated, one with late maturity and the other with early maturity, denominated PTN1 and PTN2, respectively. The experiment was conducted at the experimental station of the Monsanto Small Farm in the municipality of Petrolina-PE, submedium of the São Francisco River region. The experimental design was in a randomized blocks with 4 repetitions for each inbred line. For each line, the extractions of each macronutrients were observed in the different stages, V2; V3; V4; V5; V6; V7; V8; R1; R3; e R5. Statistical analysis was performed using the average test Scott-Knott, using the statistical program SISVAR. It could be observed that in relation to the two inbred lines tested, PTN1 in which features of late maturity, presented a greater nutritional demand, that is, had a greater accumulation of nutrients extracted in all the phenological stages compared with the line PTN2, which features early maturity. Observing the behavior of extraction of the macronutrients from each line, it was possible to see that for both, the largest nutritional demand was in the reproductive stage, where they had the greatest accumulation extracted on R1, R3 and R5, following the order , K>N>Ca>Mg>P>Ca.

Keywords: *Zea mays*, inbred lines, macronutrients, plant nutrition.

INTRODUÇÃO

Técnicas agronômicas como manejo de fertilidade de solo, utilização de cultivares geneticamente modificadas oriundas de linhagens altamente produtivas e a utilização racional de fertilizantes tem sido o caminho para o aumento expressivo da produtividade do milho (SILVA, 2016).

A exigência nutricional do milho é quantificada pelo total de nutrientes que foram extraídos durante todo o ciclo, porém as quantidades de nutrientes que são exigidas não são constantes, variam de acordo com a linhagem, condições meteorológicas, manejo e nível de fertilidade no solo. Dessa forma é de extrema importância ter o conhecimento dos padrões de extração e exportação dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento da cultura, afim de garantir um adequado plano de manejo das áreas cultivadas (RESENDE et al., 2016).

Os macros nutrientes essenciais para garantir o bom desempenho de uma planta de milho são, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), com padrões crescentes de extração com o aumento da produtividade (SÁ et al., 2010). Porém, os padrões de extrações e exigências nutricionais do milho, que existe para consulta no Brasil, não são atuais, estes materiais disponíveis foram estabelecidos diante de pesquisas desenvolvidas há quase três décadas. Mesmo com a evolução da agricultura assim como o surgimento de novas tecnologias, esses padrões ainda são bases de tabelas oficiais de recomendação nutricional. Sabendo que existe uma correlação em que há um aumento de produtividade em função de um maior requerimento de nutriente, reforça cada vez mais a necessidade de atualização desses padrões (RESENDE et al., 2016).

Assim como o milho híbrido, Segundo Rasse et al. (1999), também não há informações suficientes sobre o manejo nutricional em linhagem de milho que é tão importante para geração de híbridos de alta produtividade, estima-se que para a necessidade de alguns nutrientes como nitrogênio, a exigência é mais baixa, porém informações como essa ainda são escassas, fazendo com que produtores tenha um manejo nutricional inadequado que reduz o avanço dessas linhagens.

Devido ao clima, à disponibilidade de água, mão de obra qualificada e facilidade de logística, a região do vale do rio São Francisco favorece a condução de 3 ciclos da cultura do milho por ano, tornando assim um centro estratégico da pesquisa de milho do Brasil, favorecendo a vinda de grandes empresas de pesquisa para a região, como é o caso da unidade de pesquisa da Monsanto de Petrolina – PE, que tem como principal objetivo a

aceleração do pipeline de milho do Brasil, processo em que recebe linhagens de milho de todo o país para avanço de gerações, com o objetivo de minimizar o tempo de criação de híbridos mais produtivos.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento da curva de absorção nutricional dos macros nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) em duas linhagens de milho, através do acúmulo de nutrientes extraídos pela planta em cada estágio fenológico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda Monsanto Small Farm (9° 17' S, 40° 34' W, e 375 metros de altitude) localizada no município de Petrolina-PE durante a safra de 2017, no período de março, abril, maio e junho. O solo é franco arenoso com mais de 90% de areia (Tabela 1).

Tabela 1. Características físico-químicas do solo da área experimental das linhagens PTN1 e PTN2

Linhagem	H ₂ O ds/m		cmolc/dm ³				mg/dm ³	dag/kg ¹		Dag/kg ¹		
	pH	CE	Ca	Mg	K	H+Al	P	C	M.O.	Argila	Silte	Areia
PTN1	6,9	0,25	2,6	1,0	0,63	0,66	30,98	0,66	1,14	5	4	91
PTN2	6,9	0,25	2,6	1,0	0,63	0,66	30,98	0,66	1,14	5	4	91

O município se localiza no Vale do Submédio do Rio São Francisco, cujo clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo BSw, o que corresponde a um clima semiárido, predominantemente tropical.

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados com 4 repetições. Os tratamentos foram as linhagens de milho, denominadas PTN1 (linhagem precoce) e PTN2 (linhagem tardia). As características e informações gerais dessas linhagens são de propriedade intelectual da Monsanto do Brasil.

A cultura do milho foi implantada com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,15 m entre plantas, totalizando um área de 0,8 ha. O sistema de irrigação foi por gotejamento sub-superficial utilizando fitas de gotejo de 16mm de diâmetro com 0,2 m de espaçamento entre gotejadores e com vazão de 1,05 L h⁻¹ na pressão de serviço de 1,0 bar. As fitas foram dispostas em cada linha de plantio e enterradas a uma profundidade de 5 cm da superfície do solo.

Uma estação meteorológica (DAVIS) localizada dentro da fazenda (latitude 9° 17' 29.51" S, longitude 40° 34'56 22" W), forneceu todos os dados necessários para a realização dos cálculos de evapotranspiração, permitindo saber a demanda hídrica da cultura em mm por dia. Tabela 2 referência o clima da região da área experimental para a época de condução.

Tabela 2. Media dos dados climatológicos da área experimental Monsanto Petrolina/PE, 2017.

DADOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Temp (°C)	29,7	29,3	29,4	28,8	27,4	25,7	23,7	25,6	25,2	28,0	29,2	29,4
UR(%)	43,3	48,1	48,3	51,8	53,7	58,0	57,7	51,4	55,5	46,4	45,8	47,7
Precip (mm)	0	40,5	36,4	39	1,5	5,3	0,25	0	3,5	0	15,7	30,9
V.vento (Km/h)	10,8	8,2	5,8	8,5	10,3	11,9	16,1	11,2	15,2	12,3	12,6	11,1
Rad (W m-2)	279,6	254,3	306,3	227,7	194,4	174,9	172,5	228,5	223,7	234,7	221,1	201,6

Determinação da Evapotranspiração Real – Etc (Embrapa, 2005)

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Em que:

ET_c: evapotranspiração real no dia (mm)

ET_o: evapotranspiração de referência no dia (mm)

K_c: coeficiente de cultura no dia (adimensional)

O K_c utilizado para os cálculos de evapotranspiração real, foi baseado no coeficiente da cultura do milho para clima seco, seguindo os seguintes parâmetros; Fase 1 que equivale de 0 a 17% do ciclo, utiliza-se o K_c 0,6; Fase 2 que equivale de 17 a 45% do ciclo, utiliza-se 0,8; Fase 3 onde requer a maior demanda hídrica, equivalente 45 a 78% do ciclo, utiliza-se K_c 1,2; E por fim a fase 4, 78 a 100% do ciclo que foi utilizado o K_c 0,4. (VASCONCELOS & RESENDE, 2007).

A nutrição das plantas foi realizada utilizando unicamente fertirrigação, com 7 aplicações durante o ciclo da cultura, nos dias 8, 13, 18, 23, 28, 33 e 38 após o plantio (DAP). As fontes utilizados para os macronutrientes foram ureia, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, sulfato de magnésio, mono-amônio-fosfato e sulfato de Potássio. Também foram utilizados fertilizantes especiais com o objetivo de fornecer substâncias húmicas e fúlvicas, enraizadores, bioestimulantes e micronutrientes.

Para entender e analisar a extração dos nutrientes pelas plantas foram realizadas amostragens de folha (a terceira folha de cima para baixo) e amostragens compostas de

material vegetal (folhas e colmo) para quantificação da biomassa em cada parcela experimental (blocos), no período que compreende os estádios fenológicos V2 (2º folha verdadeira), V3 (3º folha verdadeira), V4 (4º verdadeira), V5 (5º folha verdadeira), V6 (6º folha verdadeira), V7 (7º folha verdadeira), V8 (8º folha verdadeira), R1 (embonecamento), R3 (grão leitoso) e R5 (formação de dentes e maturidade fisiológica). O material vegetal foi colhido em campo de forma destrutiva, ensacado e armazenado em caixas de isopor e imediatamente levado para o laboratório especializado na cidade de Petrolina/PE.

Após o recebimento dos resultados das amostras, os dados foram submetido as análises estatísticas utilizando o programa SISVAR com delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Para as características avaliadas neste experimento, foram realizados testes de significância para os coeficientes da equação de regressão. Todas as correlações estudadas foram lineares a partir da média dos quatro dados amostrais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância, comparando o comportamento das duas linhagens indicou efeito significativo ($P < 0,05$) em relação à média da extração para os macronutrientes fósforo (P), cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). Já a extração de nitrogênio (N), potássio (K) e enxofre (S), pelas duas linhagens, não diferiram entre si estatisticamente (Tabela 3).

Em relação ao total extraído por nutriente, observa-se que a maior extração foi para o potássio (K), seguido do nitrogênio (N), o que difere do resultado de outros trabalhos porem realizados com híbridos que concluem que o nutriente mais extraído é o nitrogênio, como podemos ver na tabela 3.

Segundo Silva (2016), estudando duas cultivares de milho híbrido, observou que o nitrogênio foi o nutriente que obteve maior acúmulo (extração). Já Cantarella & Duarte (2004) dizem que a quantidade de N extraído pela planta de milho depende de inúmeros fatores, como, todas as reações químicas desse nutriente no solo e na planta, interações com microrganismo e fatores climáticos.

Tabela 3. Dados médios de Produção de biomassa (MS) e acúmulo de macronutrientes para as duas linhagens e para trabalhos com híbridos de milho

Linhagens	MS ²	N	P	K	Ca	Mg	S
	t ha ⁻¹						
PTN 1	25,36	332,25	43,04	340,31	183,46	46,41	28,79
PTN 2	18,64	309,18	33,77	335,40	131,13	27,00	33,08
Híbridos ¹							
Silva (2009)	29,60	327,0	76,0	316,0	60,0	37,0	24,0
Duarte et al. (2003)	22,85	241,0	28,0	184,0	30,0	32,0	13,0
Resende et al. (2016)	–	257,0	23,1	108,7	43,0	29,0	18,0
Sá et al. (2011)	–	247,8	31,6	172,5	22,1	40,8	20,3
Silva (2009)	32,05	337,0	67,9	214,8	50,4	37,2	22,9

¹ Resultados de trabalhos desenvolvidos com híbridos.

² Dado médio estimado para 100.000 plantas por hectare.

A linhagem PTN1, a qual possui maturidade tardia, apresentou maior média de extração de nutrientes, em relação à linhagem PTN2, durante todo o desenvolvimento da planta. Esta característica de extração entre linhagens de diferentes períodos de desenvolvimento fenológicos representa a necessidade de nutrientes em dias após o plantio. Hiroce et al. (1989), avaliaram cultivares de milho melhorado geneticamente, e também constataram que as variedades tardias apresentaram um maior acúmulo de nutrientes, por conta do seu maior crescimento vegetativo, principalmente para o N e K.

Quanto à extração individual de cada macronutriente por estágio fenológico, a análise de variância indicou efeito significativo ($P < 0,05$) para os estádios de V6 a R5. Os estádios iniciais de desenvolvimento, V2 a V5, não possuíram diferença estatística significativa (Tabela 4 e 5).

Especificamente para o estágio reprodutivo (R1, R3 e R5), os nutrientes que tiveram o mesmo comportamento estatístico, foram N e P, K e S, Ca e Mg. Em relação a sinergia entre nutrientes, Machado (2006) conclui que o N e o P atuam de forma equilibrada onde ambos em condições favoráveis são capazes de promover o melhor desempenho da planta, corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho. Prado, (2008) diz que para o bom desenvolvimento da cultura, o Ca e o Mg também precisam ser absorvidos de forma sinérgica, pois esse nutrientes em desequilíbrio se tornam antagônicos, ou seja, um bloqueia a absorção do outro.

Tabela 4. Média da extração acumulada dos macronutrientes por estágio fenológico PTN1.

Estádios	N	P	K	Ca	Mg	S
R5	349,09 a	43,54 a	338,00 a	179,21 a	46,26 a	38,10 a
R3	227,12 b	35,39 b	312,68 a	132,89 b	32,32 b	34,32 a
R1	217,73 b	29,80 b	310,73 a	94,55 c	25,70 c	30,32 a
V8	150,03 c	11,50 c	211,05 b	26,16 d	7,95 d	13,18 b
V7	98,01 d	6,22 c	118,78 c	17,64 d	5,75 d	9,88 b
V6	52,50 d	3,96 c	88,24 c	10,20 d	3,44 e	5,21 b
V5	29,27 e	2,75 c	47,62 c	5,04 d	1,94 e	2,86 b
V4	7,00 e	1,25 c	13,90 c	0,84 d	0,62 e	0,61 b
V3	2,65 e	0,29 c	3,13 c	0,35 d	0,17 e	0,12 b
V2	0,17 e	0,12 c	1,65 c	0,15 d	0,10 e	0,11 b

*Médias seguidas pela mesma letra (minúscula), na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Média da extração acumulada dos macronutrientes por estágio fenológico e extração entre nutrientes para a linhagem PTN2.

Estádios	N	P	K	Ca	Mg	S
R5	308,79 a	34,29 a	364,92 a	127,20 a	28,02 a	37,60 a
R3	197,17 b	25,00 b	357,47 a	94,44 b	24,75 a	31,60 a
R1	192,70 b	21,53 b	314,77 a	66,80 c	21,20 b	31,27 a
V8	140,68 c	9,13 c	144,63 b	17,17d	7,03 c	13,94 b
V7	83,79 d	5,04 c	114,96 b	9,82 d	4,04 c	9,23 b
V6	58,13 d	3,80 c	72,56 b	8,03 d	2,92 c	6,00 b
V5	23,30 e	2,04 d	32,61 c	4,08 d	1,18 d	2,58 c
V4	5,71 e	0,71 d	7,35 c	0,66 d	0,31 d	0,46 c
V3	2,66 e	0,26 d	3,38 c	0,29 d	0,13 d	0,13 c
V2	0,15 e	0,16 d	1,64 c	0,19 d	0,10 d	0,11 c

*Médias seguidas pela mesma letra (minúscula), na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A maior extração dos macronutrientes foram nos estádios R1, R3 e R5. Porém R5 se diferenciando estatisticamente dos demais, enquanto R3 e R1 também diferiram estatisticamente entre si. Estudando o comportamento dos macronutrientes em milho, alguns autores também encontraram maior extração nos estádios reprodutivos, como por exemplo, o K foi extraído em maior quantidade durante o florescimento (Borges, 2006), o P foi extraído em todo o ciclo, porém o pico de absorção desse nutriente acontece no estágio reprodutivo (Silva, 2016), também para o Ca, Mg e S foi observado uma grande exigência no estágio reprodutivo do milho (Von Pinho et al., 2009).

A extração do P, Ca, Mg e S, foram iguais estatisticamente para os estádios de V2 a V7 para PTN1 (Tabela 4) e de V2 a V5 para PTN2 (Tabela 5), ou seja, houve uma similaridade na demanda desses nutrientes nesses estágios vegetativos. Pode-se observar que o Ca, nutriente que tem a terceira maior extração pelas linhagens estudadas, apresentou maior média com diferença estatística nos estádios R1 a R5, em relação ao P, Mg e S, mostrando que ele foi um nutriente de grande demanda nos estádios de reprodução. Bender et al. (2013), também estudando o comportamento do Ca, observaram que apesar de uma grande quantidade extraído no estágio reprodutivo, esse nutriente tem uma baixa exportação para o grão de milho híbrido. No mesmo sentido, Barros & Calado (2014), afirmam que apesar do milho ter uma grande capacidade de absorção de Ca, do total extraído durante o ciclo, apenas 3 a 7% é exportado para o grão, diferentemente do Mg por exemplo que chega até aproximadamente 70% de exportação.

As Figuras 1 e 2 mostram que o padrão de extração de todos os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, e S, durante o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da planta, tiveram tendência linear e crescente para as duas linhagens, a partir da análise de dispersão dos dados.

Nas (figura 1 e 2) é possível observar que a linhagem PTN1 teve superioridade nas quantidades de nutrientes extraídos durante todo o ciclo, em relação a linhagem PTN2. Vasconcellos et al. (1983) também encontraram um tendência linear crescente para o N e o P, comprovando que a necessidade nutricional para alguns nutrientes, aumentam de acordo com o avanço do desenvolvimento da planta. Esta tendência de extração também foi encontrada por Von Pinho et al. (2009) e Valderrama et al (2011), ambos avaliando cultivares de milho, para os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S.

Figura 1. Curva de extração do nitrogênio, fósforo e potássio para duas linhagens de milho, em função dos estádios fenológicos (dias após o plantio – DAP). Petrolina, PE, 2017.

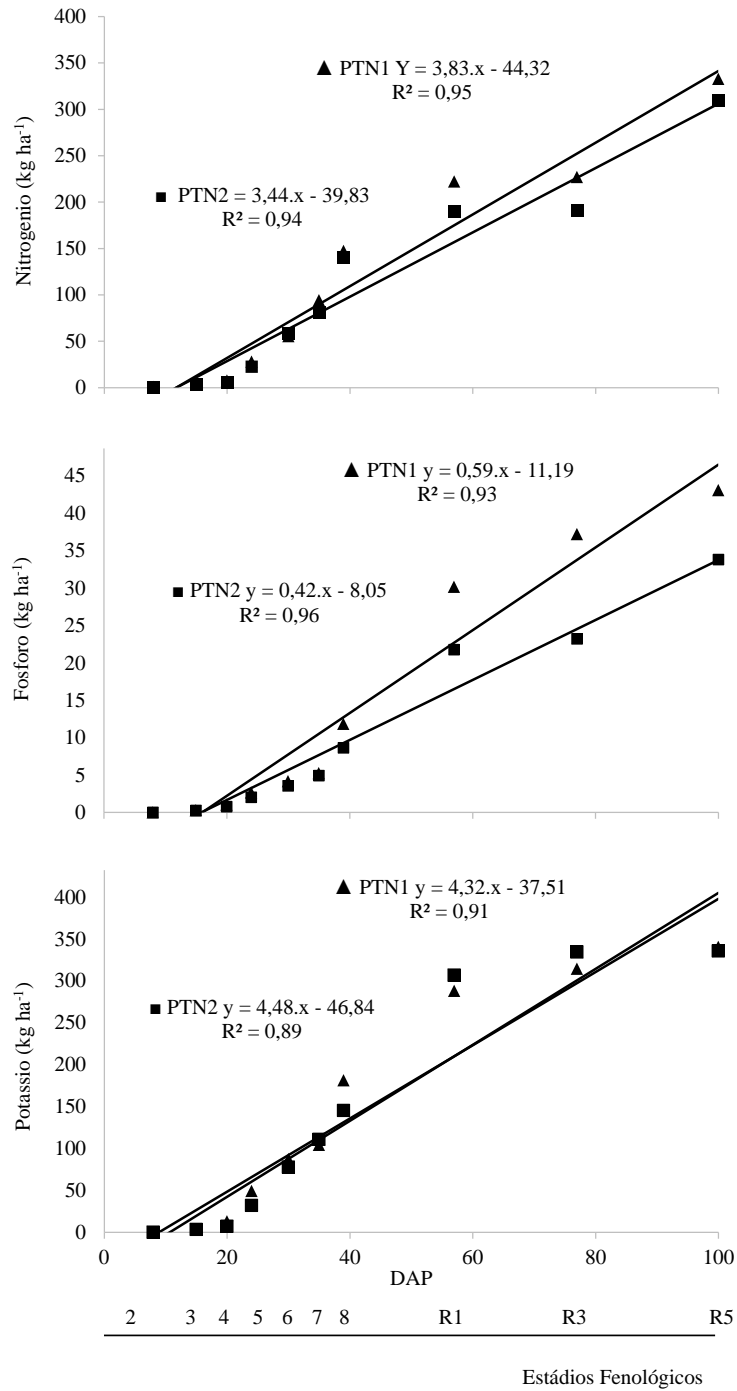
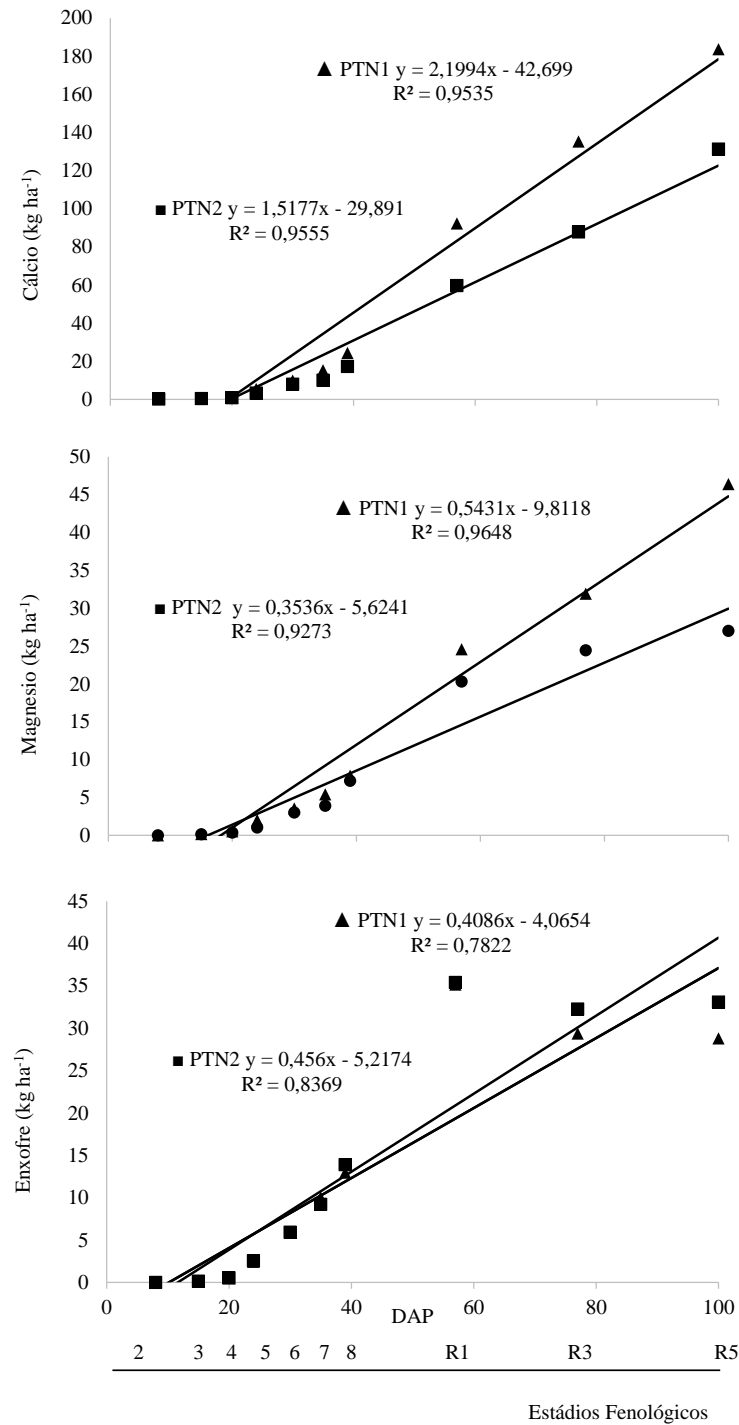


Figura 2. Curva de extração do cálcio, magnésio e enxofre para duas linhagens de milho, em função dos estádios fenológicos (dias após o plantio – DAP). Petrolina, PE, 2017.



CONCLUSÕES

A linhagem PTN1 obteve uma maior extração de nutrientes durante todo o desenvolvimento das plantas, ou seja, a linhagem tardia exige uma maior demanda nutricional comparada com a linhagem precoce (PTN2).

A necessidade nutricional das duas linhagens apresentaram uma tendência linear crescente para todos os nutrientes, porém a maior demanda exigida foram nos estádios reprodutivos, R1, R2 e R5.

Para as duas linhagens estudadas, PTN1 e PTN2, o potássio (K) foi o nutriente que mais foi extraído durante o ciclo do milho, seguindo a ordem, $K > N > Ca > Mg > P > S$.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. G. de, et al. **Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho (Zea mays). Crescimento.** Anais da Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Piracicaba, v. 32, p. 115-149, 1975.
- BARROS, J. F. C. & CALADO, J. G. **A Cultura do milho.** Escola De Ciências E Tecnologia, Departamento De Fitotecnia, Universidade de Évora. 2014.
- BORGES, I. D. **Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em milho.** 2006. 115 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- BENDER, R. R. et al. **Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect protected maize hybrids.** Agronomy Journal, Maidson, v. 105, n. 1, p. 161-170, 2013.
- CANTARELLA, H.:DUARTE, A. P. **Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho.** In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Eds.) Tecnologia de produção de milho. Viçosa: UFV, 2004. p. 139-182.
- DUARTE, A. P. et al. **Acúmulo De Matéria Seca E Nutrientes Em Cultivares De Milho Originárias De Clima Tropical E Introduzidas De Clima Temperado.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.2, n.3, p.1-20, 2003.
- FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. **Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 33, p.1721-1732, 2009.
- HIROCE, R. et al. **Extração de nutrientes na colheita por populações e híbridos de milho.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1989. 24 p. (Boletim Científico, 17).
- MACHADO, C.T.T. **Caracterização de genótipos de milho quanto a parâmetros morfológicos fisiológicos e microbiológicos associados á eficiência de absorção e uso de fósforo.** Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000. 365p. (Tese de Doutorado).
- PINHO, R.G.V., et al. **Marcha De Absorção De Macronutrientes E Acúmulo De Matéria Seca Em Milho.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.8, n.2, p. 157-173, 2009.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas.** São Pulo: Editora Unesp, 2008. 407 p.
- RESENDE, A. V. et al. **Indicadores de Demanda de Macro e Micronutrientes por Híbridos Modernos de Milho.** Circular Técnica, EMBRAPA, ISSN 1679-1150. 2016.

- SÁ, J. C. M. et al. **Extração de nutrientes e produtividade de genótipo de milho afetados por níveis de palha.** Acta Scientiarum Agronomy, Maringá v.33, n. 4.p. 715-722, 2011.
- SILVA, R. L. L. **Marcha De Absorção De Nutrientes Em Cultivares De Milho.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João Del Rei como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Agrônoma. 2016.
- SILVA, C. G. M. **Absorção E Exportação De Macronutrientes Em Milho Transgênico Sob Dois Níveis De Investimento Em Adubação.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal de São João del-Rei, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em produção vegetal. 2016.
- VALDERRAMA, M. et al. **Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto.** Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, abr./jun. 2011.
- ALBUQUERQUE, P. E. P & RESENDE, M. **Cultivo do milho.** Sistemas de Produção. 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 3ª edição SetJ2007
- VASCONCELLOS, C. A.; BARBOSA, J. V. A.; SANTOS, H. L. dos; FRANÇA, G. E. de. **Acumulação de massa seca e de nutrientes por dois híbridos de milho com e sem irrigação suplementar.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 18, n. 8, p. 887901, ago. 1983.

4. CAPÍTULO 2

TAXA DE RECUPERAÇÃO DE NUTRIENTES POR LINHAGENS DE MILHO NO SUBMÉDIO DO VALE DO RIO SÃO FRANCISCO

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a taxa de recuperação dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em linhagens de milho, a partir de recomendações padrões adotadas para dois tipos de linhagens. No experimento foram utilizadas uma linhagem de maturidade tardia e a outra com maturidade precoce, denominadas PTN1 e PTN2, respectivamente. O experimento foi conduzido na estação experimental da Monsanto Small Farm no município de Petrolina-PE, região do submédio do Vale do Rio São Francisco. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 repetições para cada linhagem. Para cada linhagens foram observadas as taxas de recuperação de cada macronutrientes nos estádios V2; V3; V4; V5; V6; V7; V8; R1; R3; e R5. Observando a eficiência de extração desses macronutrientes nas duas linhagens, foi possível perceber que a eficiência na recuperação dos nutrientes aumenta nos estádios mais avançados (V7, V8), que antecede o início do estágio reprodutivo, onde a cultura apresenta uma maior exigência nutricional. Em relação às duas linhagens estudadas nesse experimento, a linhagem PTN2 obteve um maior aproveitamento dos nutrientes absorvidos, mostrando maior eficiência comparado a linhagem PTN1. Apesar da linhagem PTN2, ter mostrado um índice de extração de nutrientes menor que a linhagem PTN1, os resultados de produtividade de PTN2 foram bem maiores, confirmando sua eficiência na utilização dos nutrientes extraídos, resultando numa maior produtividade em relação a linhagem PTN1 (PTN2 6,790 kg/ha; PTN1 5,272 kg/ha).

Palavras-chaves: *Zea mays*, linhagem, macronutrientes, nutrição vegetal, eficiência nutricional.

RECOVERY RATE OF NUTRIENTS FROM CORN LINES IN THE SUBMEDIUM OF THE VALLEY OF THE SÃO FRANCISCO RIVER

ABSTRACT

The objective of this work was to measure the efficiency of extraction of the macronutrients Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg) and Sulfur (S) of standard recommendations adopted for two types of lineages. In the experiment two lines were used, one with late maturity and the other with early maturity, called PTN1 and PTN2, respectively. The experiment was conducted at the Monsanto Small Farm experimental station in the municipality of Petrolina-PE, sub-region of the São Francisco River Valley. The experimental design was in a randomized block with 4 replicates for each lineage. For each line, the extractions of each macronutrients were observed in the different stages, V2; V3; V4; V5; V6; V7; V8; R1; R3; e R5. Observing the efficiency of extraction of these macronutrients in the two strains, it was possible to notice that the extraction efficiency increases in the more advanced stages (V7, V8), which precedes the beginning of the reproductive stage, where the culture begins to have a higher nutritional requirement. In relation to the two strains studied in this experiment, the PTN2 strain obtained a better use of the absorbed nutrients, showing higher efficiency compared to the PTN1 lineage. Although the PTN2 lineage showed a lower nutrient extraction index than the PTN1 lineage, the PTN2 productivity results were much higher, confirming its efficiency of extraction of the nutrients applied throughout the cycle, (PTN2 6,790 kg/ha; PTN1 5,272 kg/ha).

Key-words: *Zea mays*, inbred lines, macronutrients, plant nutrition, nutritional efficiency

INTRODUÇÃO

A utilização eficiente dos fertilizantes na agricultura é de fundamental importância para o aumento da produtividade das culturas, principalmente tendo em vista as culturas de exportação cultivada em grande escala. Assim como o Brasil, outros países como China, Índia e outros países em desenvolvimento tem buscado um manejo que proporcione uma maior eficiência na utilização dos fertilizantes minerais. O Brasil se destaca, sendo o único país que vem crescendo a produtividade média de grãos maior que o aumento na utilização de fertilizantes. Isso mostra uma grande evolução no aumento da eficiência no manejo nutricional das culturas através de fertilizantes minerais no país (Lopes & Calado, 2007).

Em geral, quando falamos de eficiência nutricional, estamos correlacionando a produção obtida e os fertilizantes aplicados. Isto quer dizer que a eficiência do manejo nutricional das culturas, é a quantidade de biomassa ou grãos produzidos por quantidade de nutrientes aplicados. Nas literaturas que citam esses trabalhos, a eficiência dos nutrientes é definida basicamente entre os que visam a exigência fisiológica das plantas, durante os estágios de desenvolvimento, e os que visam a eficiência através da produtividade (GOURLEY; ALLAN; RUSSELE, 1994).

Especificamente para a cultura do milho, pode se afirmar que o desenvolvimento das plantas depende diretamente da eficiência na utilização dos nutrientes, que faz com que a planta tenha uma boa extração desses no meio de cultivo. A eficiência na extração e a conversão dos nutrientes em matéria seca, depende de cada espécie de planta, levando em consideração as particularidades de cada uma, tais como, sistema radicular, taxa de absorção natural e exigência nutricional (FOHSE et al., 1998).

A exigência nutricional do milho é quantificada pelo total de nutrientes que foram extraídos durante todo o ciclo, porém as demandas nutricionais que são exigidas não são constantes, variam de acordo com o tipo de cultivar, condições meteorológicas, manejo e nível de fertilidade no solo. Dessa forma é de extrema importância ter o conhecimento dos padrões de extração e exportação dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento da cultura para garantir um manejo eficiente das áreas cultivadas (RESENDE et al., 2016).

Os elementos essenciais para garantir o bom desempenho de uma planta de milho são, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), que de maneira geral, as extrações crescem com o aumento da produtividade (SÁ et al., 2010). Porém, os padrões de extrações e exigências nutricionais do milho, que existe para consulta no Brasil, não são atuais, os materiais disponíveis foram estabelecidos

diante de pesquisas desenvolvidas há quase três décadas. Mesmo com a evolução da agricultura assim como o surgimento de novas tecnologias, esses padrões ainda são bases de tabelas oficiais de recomendação nutricional. Sabendo que existe uma correlação em que há um aumento de produtividade em função de um maior requerimento de nutriente, reforça cada vez mais a necessidade de atualização desses indicadores (RESENDE et al., 2016).

O grande motivo para baixas produtividades da cultura do milho, é a baixa fertilidade dos solos brasileiros, problema esse que é atribuído ao manejo inadequado dos fertilizantes minerais, dessa forma é de extrema importância avaliar o comportamento nutricional da cultura para entender as reais exigências das plantas para uma nutrição eficiente e equilibrada.

Assim como o milho híbrido, Segundo Rasse et al. (1999), também não há informações suficientes sobre o manejo nutricional em linhagem de milho que é tão importante para geração de híbridos de alta produtividade, estima-se que para a necessidade de alguns nutrientes como nitrogênio, a exigência é mais baixa, porém informações como essas ainda são escassas, fazendo com que produtores tenha um manejo nutricional inadequado que reduz o avanço dessas linhagens.

Devido ao clima, à disponibilidade de água, mão de obra qualificada e facilidade de logística, a região do vale do rio São Francisco favorece a condução de 3 ciclos da cultura do milho por ano, tornando assim um centro estratégico da pesquisa de milho do Brasil, favorecendo a vinda de grandes empresas de pesquisa para a região, como é o caso da unidade de pesquisa da Monsanto de Petrolina – PE, que tem como principal objetivo a aceleração do pipeline de milho do Brasil, processo em que recebe linhagens de milho de todo o país para avanço de gerações, com o objetivo de minimizar o tempo de criação de híbridos mais produtivos.

Pensando em um manejo nutricional eficiente, esse trabalho teve como objetivo principal, avaliar a taxa de recuperação dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em linhagens de milho, a partir de recomendações padrões adotadas pela empresa Monsanto, para dois tipos de linhagens.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda Monsanto Small Farm (9° 17' S, 40° 34' W, e 375 metros de altitude) localizada no município de Petrolina-PE durante a safra de 2017, no período de março, abril, maio e junho. O solo é franco arenoso com mais de 90% de areia (Tabela 1).

Tabela 1. Características físico-químicas do solo da área experimental.

Linhagem	H ₂ O ds/m		cmolc/dm ³				mg/dm ³	dag/kg ¹		Dag/kg ¹		
	pH	CE	Ca	Mg	K	H+Al	P	C	M.O.	Argila	Silte	Areia
PTN1	6,9	0,25	2,6	1,0	0,63	0,66	30,98	0,66	1,14	5	4	91
PTN2	6,9	0,25	2,6	1,0	0,63	0,66	30,98	0,66	1,14	5	4	91

O município se localiza no Vale do Submédio do Rio São Francisco, cujo clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo BSwH, o que corresponde a um clima semiárido, predominantemente tropical.

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados com 4 repetições. Os tratamentos foram as linhagens de milho, denominadas PTN1 (linhagem precoce) e PTN2 (linhagem tardia). As características e informações gerais dessas linhagens são de propriedade intelectual da Monsanto do Brasil.

A cultura do milho foi implantada com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,15 m entre plantas, totalizando um área de 0,8 há. O sistema de irrigação foi por gotejamento subsuperficial utilizando fitas de gotejo de 16mm de diâmetro com 0,2 m de espaçamento entre gotejadores e com vazão de 1,05 L h⁻¹ na pressão de serviço de 1,0 bar. As fitas foram dispostas em cada linha de plantio e enterradas a uma profundidade de 5 cm da superfície do solo.

Uma estação meteorológica (DAVIS) localizada dentro da fazenda (latitude 9°17'29.51"S, longitude 40° 34'56.22"W), forneceu todos os dados necessários para a realização dos cálculos de evapotranspiração, permitindo saber a demanda hídrica da cultura em mm por dia. Tabela 2 referência o clima da região da área experimental para a época de condução.

Tabela 2. Media dos dados climatológicos da área experimental Monsanto Petrolina/PE, 2017.

DADOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Temp (°C)	29,7	29,3	29,4	28,8	27,4	25,7	23,7	25,6	25,2	28,0	29,2	29,4
Umid (%)	43,3	48,1	48,3	51,8	53,7	58,0	57,7	51,4	55,5	46,4	45,8	47,7
Precip (mm)	0	40,5	36,4	39	1,5	5,3	0,25	0	3,5	0	15,7	30,9
V.vento (Km/h)	10,8	8,2	5,8	8,5	10,3	11,9	16,1	11,2	15,2	12,3	12,6	11,1
Rad (W m-2)	279,6	254,3	306,3	227,7	194,4	174,9	172,5	228,5	223,7	234,7	221,1	201,6

Determinação da Evapotranspiração Real – Etc (Embrapa, 2005)

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Em que:

ET_c: evapotranspiração real no dia (mm)

ET_o: evapotranspiração de referência no dia (mm)

K_c: coeficiente de cultura no dia (adimensional)

O K_c utilizado para os cálculos de evapotranspiração real, foi baseado no coeficiente da cultura do milho para clima seco, seguindo os seguintes parâmetros; Fase 1 que equivale de 0 a 17% do ciclo, utiliza-se o K_c 0.6; Fase 2 que equivale de 17 a 45% do ciclo, utiliza-se 0.8; Fase 3 onde requer a maior demanda hídrica, equivalente 45 a 78% do ciclo, utiliza-se K_c 1.2; E por fim a fase 4, 78 a 100% do ciclo que foi utilizado o K_c 0.4. (ALBUQUERQUE & RESENDE, 2007).

A nutrição das plantas foi realizada utilizando unicamente fertirrigação, com 7 aplicações durante o ciclo da cultura, nos dias 8, 13, 18, 23, 28, 33 e 38 após o plantio (DAP). As fontes utilizados para os macronutrientes foram ureia, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, sulfato de magnésio, mono-amônio-fosfato e sulfato de Potássio. Também foram utilizados fertilizantes especiais com o objetivo de fornecer substâncias húmicas e fúlvicas, enraizadores, bioestimulantes e micronutrientes.

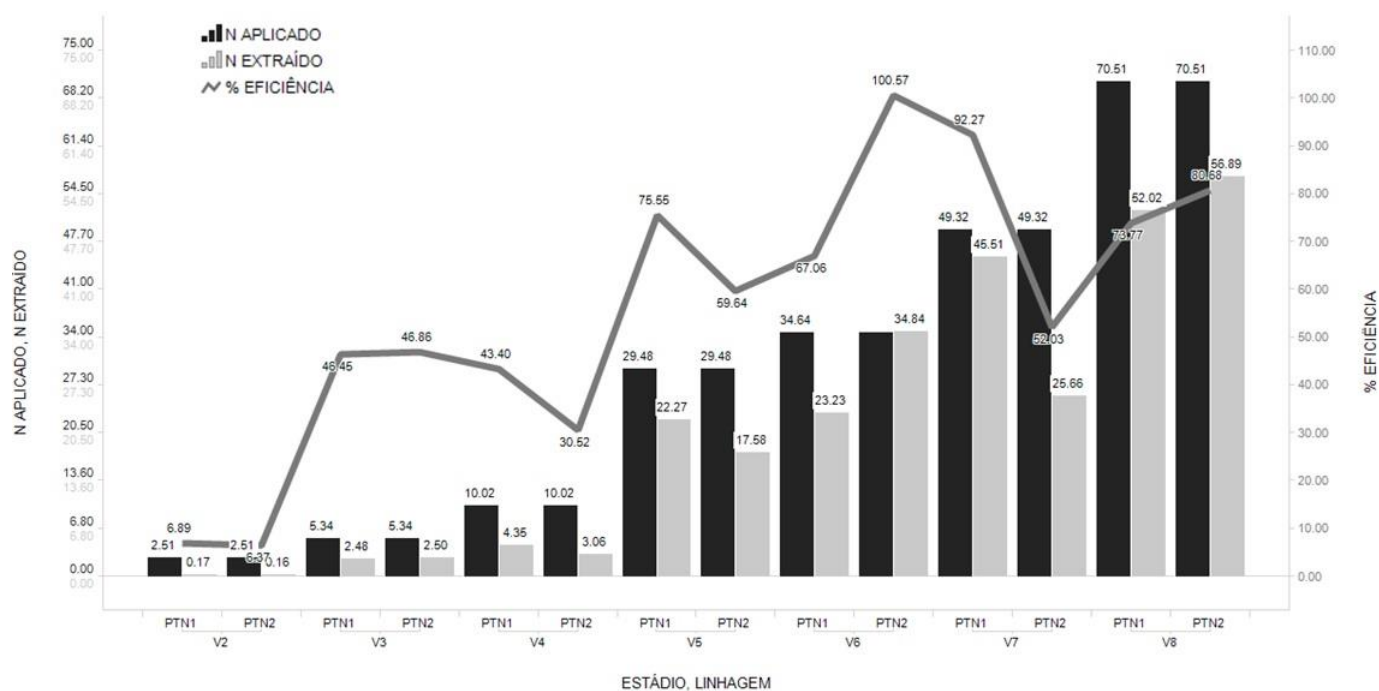
Para entender e analisar a taxa de recuperação de nutrientes pelas plantas, foram realizadas amostragens de folha (a terceira folha de cima para baixo) e amostragens compostas de material vegetal (folhas e colmo) para quantificação da biomassa em cada parcela experimental (blocos), no período que compreende os estádios fenológicos V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, R1, R3 e R5. O material vegetal foi colhido em campo de forma destrutiva, ensacado e armazenado em caixas de isopor para envio ao laboratório especializado na cidade de Petrolina/PE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a Figura 1, demonstra-se a capacidade de recuperação do nitrogênio, de acordo com recomendações padrões realizadas para linhagens de milho. Podemos observar que o N apresentou uma baixa taxa de recuperação dos nutrientes nos estádios iniciais que vai de V2 a V4, abaixo de 50%. A partir de V5 onde a cultura exige uma maior quantidade desse nutriente aplicado, a extração cresce de acordo com o aumento das quantidades aplicadas. Os estádios que apresentaram maiores taxas de recuperação foram, V6 100%, V7 80,6% e V8 73,7%.

Para as aplicações de N, as linhagens PTN1 e PTN2 tiveram um comportamento relativamente semelhante em relação a capacidade de recuperação (Figura 1).

Figura 1. Capacidade de recuperação de N pela planta de acordo com quantidades aplicadas no solo.



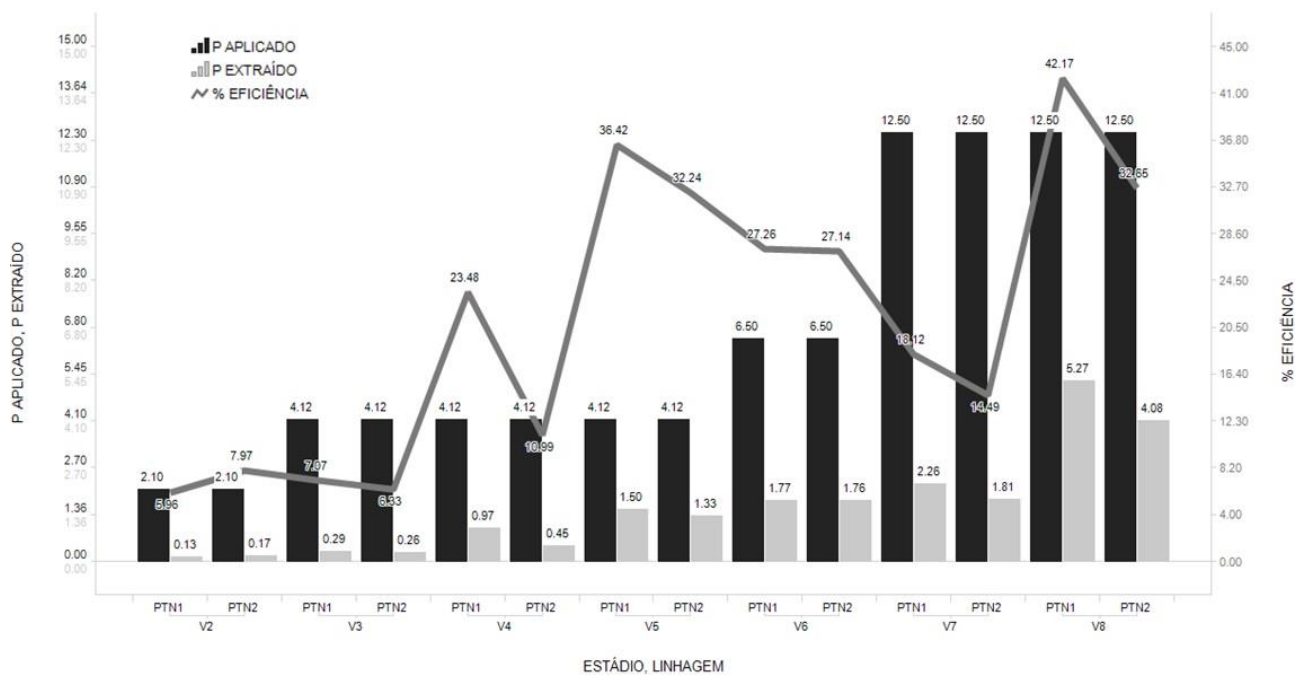
De acordo com Malavolta (1997), a eficiência da extração do nutriente está diretamente ligada ao tipo de sistema utilizado para o processo nutricional, como por exemplo a fertirrigação que permite uma alta disponibilidade dos nutrientes durante a aplicação, que para esse tipo de manejo, foi estimado uma eficiência do nitrogênio que varia de 50% a 70%, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

Para a cultura do milho que tem uma exigência de P bem menor que as quantidades exigidas de N e K, geralmente são recomendadas doses muito altas de P, isso para suprir a baixa eficiência de extração desse elemento, que varia de 20% a 30% (COELHO, 2006).

BASTOS et al. (2010) também afirma que as quantidades de P extraídas pela cultura do milho fica bem atrás do N e K, pois o milho não consegue ter um aproveitamento eficiente desse nutriente, fazendo com que seja recomendado em altas doses para aumentar sua eficiência de extração.

Para as duas linhagens estudadas nesse trabalho, o P também teve uma baixa eficiência nos estádios iniciais, V2 a V4 (figura 2). É importante observar, que a quantidade de P aplicada de V3 a V5, é exatamente a mesma, porém existe um acréscimo de extração em cada fase, mostrando uma necessidade linear crescente durante o ciclo. Porém, no geral, a taxa de recuperação do P é muito baixa, se limitando a no máximo 42% de eficiência. Para esse nutriente, a linhagem PTN1 mostrou uma maior eficiência de extração durante todo o ciclo, comparado com a linhagem PTN2, com exceção do estádio V2 (Figura 2).

Figura 2. Capacidade de recuperação de P pela planta de acordo com quantidades aplicadas no solo.



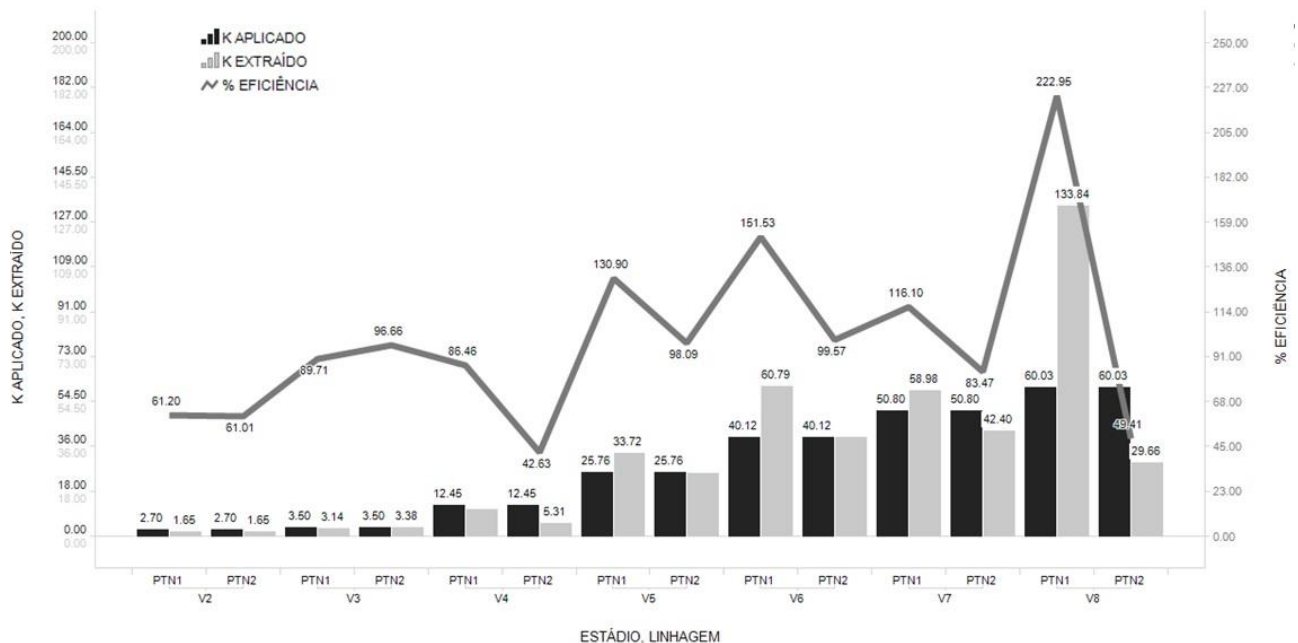
A distribuição e disponibilidade do P no perfil do solo, tem sido foco de estudo por vários anos, o grande motivo desse estudo é o fato desse nutriente estar entre os que tem a menor mobilidade no solo que afeta drasticamente a eficiência de extração pelas culturas. Trabalhos realizados tem apontado que, de forma geral, a eficiência da extração de P pelas culturas como um todo, é muito baixa (Sousa et al., 2010; Cunha et al., 2011). Em avaliações realizadas no Brasil, foi observada a eficiência do P em 18 culturas

agrícolas onde o resultado variou de 41% a 63% entre 1988 a 2010, tendo uma eficiência média de 52% Cunha et al (2011).

A eficiência da absorção de potássio (K), apresenta um comportamento distinto comparado com os nutrientes N e P, pois sua máxima extração ocorre no estágio de desenvolvimento vegetativo, onde os picos de acúmulo ocorrem dos 30 aos 40 dias de desenvolvimento da cultura, mostrando maior necessidade na fase inicial (COELHO, 2006).

O potássio (K), mostrou uma grande capacidade de extração durante todo estágio vegetativo (figura 3), pode-se observar que desde a primeira aplicação de K no solo, de V2 até V4 já existia uma taxa de recuperação pela planta bem maior que os demais nutrientes, acima de 60%, e esse alto índice de extração foi observado durante todo o ciclo. Quando a cultura entra no estágio de V5, podemos observar que a planta apresentou uma grande exigência desse nutriente, fazendo com que ocorra uma extração além do que foi aplicado. De V5 a V8, estágio onde a planta se prepara para entrar em fase de florescimento, a cultura chegou a extrair até duas vezes e meia a mais (222,96%) do que foi aplicado nos solo via fertirrigação, ou seja, além de absorver o nutriente aplicado, também buscou esse nutriente nas camadas do solo. Segundo Malavolta (1997), entre todos os elementos, o K é o nutriente que tem a maior taxa de recuperação pelas plantas.

Figura 3 Capacidade de recuperação de K pela planta de acordo com quantidades aplicadas no solo.

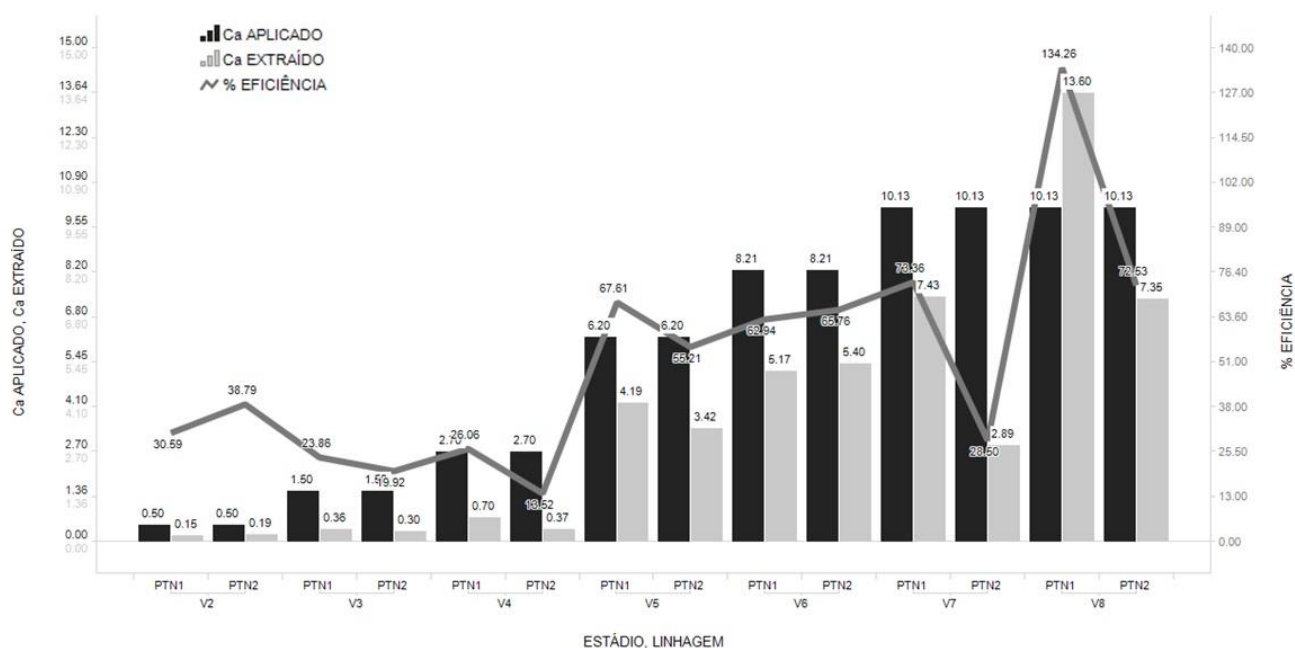


Já para Coelho & França (1995), o K, pode ter um consumo considerado de luxo, extraíndo altas doses que torna-se desnecessária para o desenvolvimento da cultura, isso pode ser considerado uma falsa eficiência já que o potássio aproveitado pela planta está em torno de 25%.

A linhagem PTN1, no qual possui maturidade tardia, apresentou maiores taxas de recuperação. Já a linhagem PTN2, que possui maturidade precoce, obteve um nível de extração de K dentro do que foi recomendado e aplicado.

O cálcio (Ca) apresentou uma baixa demanda nos estádios iniciais da cultura, pode-se observar que a taxa de recuperação não ultrapassou 38,79% de eficiência até V4, isso mostra que apesar das pequenas quantidades aplicadas no solo durante esses estádios, ainda é uma quantidade muito além do que as linhagens necessitam (Figura 4). Segundo (Coelho & França, 1995; Vasconcellos et al., 1998) a extração e mobilidade do Ca para as partes reprodutivas da planta é muito pequena para a cultura do milho. Marschner (1995) estudando o comportamento do cálcio na cultura do milho também observou que esse nutriente é considerado de baixa disponibilidade e pouco móvel via floema na fase vegetativa. A partir de V5, as quantidades extraídas aumentam gradativamente, de acordo com o aumento das quantidades aplicadas, mostrando um pico de extração no estágio V8 (137%). O Ca, não apresentou uma grande eficiência de extração durante as aplicações, porém, obteve uma grande quantidade extraída considerando o ciclo total da cultura, isso pode ser um indicativo que a grande demanda desse nutriente não se encontra no estágio vegetativo e sim no estágio reprodutivo.

Figura 4 Capacidade de recuperação de Ca pela planta de acordo com quantidades aplicadas no solo.



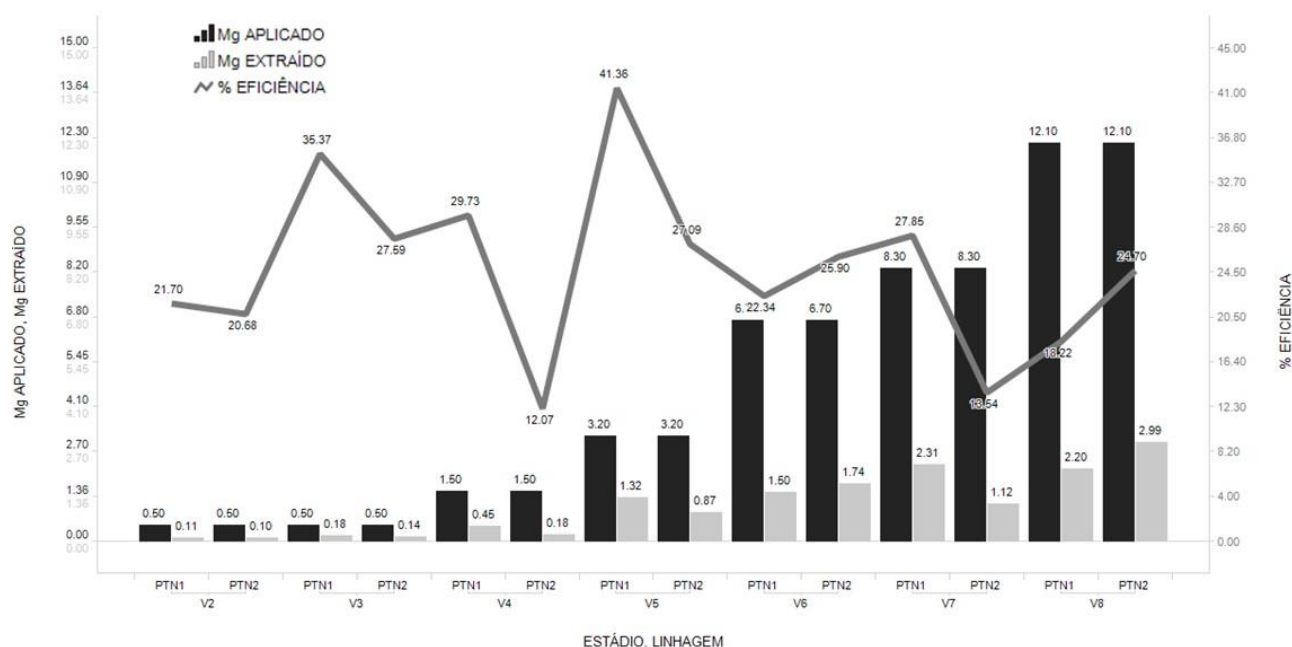
De acordo com Caines & Shennan (1999), existe uma relação muito complexa entre o uso eficiente de Ca e o crescimento de planta, envolvendo controles fisiológicos, que afeta a extração e a capacidade de translocação interna desse nutriente.

Silva et al (2016) observou que as quantidades extraídas de Ca e Mg crescem de V4 para V8 seguindo linearmente o desenvolvimento da cultura.

O comportamento do Ca nas duas linhagens mantiveram-se uma similaridade de eficiência durante todas as aplicações, tendo como exceções os estádios V7 e V8, onde a linhagem PTN2 mostrou uma eficiência bem abaixo em relação a PTN1.

Apesar de ter uma eficiência baixa em relação as quantidades aplicadas, o magnésio foi o nutriente que mais obteve uma constância em todos os estádios (Figura 5). Podemos observar que a planta inicia com uma eficiência de extração de 21,7% e finaliza com 24,7%, não passando dessa média durante toda a fase de aplicação desse nutriente. O estádio V5, mostra uma eficiência para a linhagem PTN1 de 40,36% e PTN2 27,09%, porem esse resultado destoa dos demais estádios onde existiu uma semelhança na eficiência de extração de Mg entre as duas linhagens.

Figura 5 Capacidade de recuperação de Mg pela planta de acordo com quantidades aplicadas no solo.

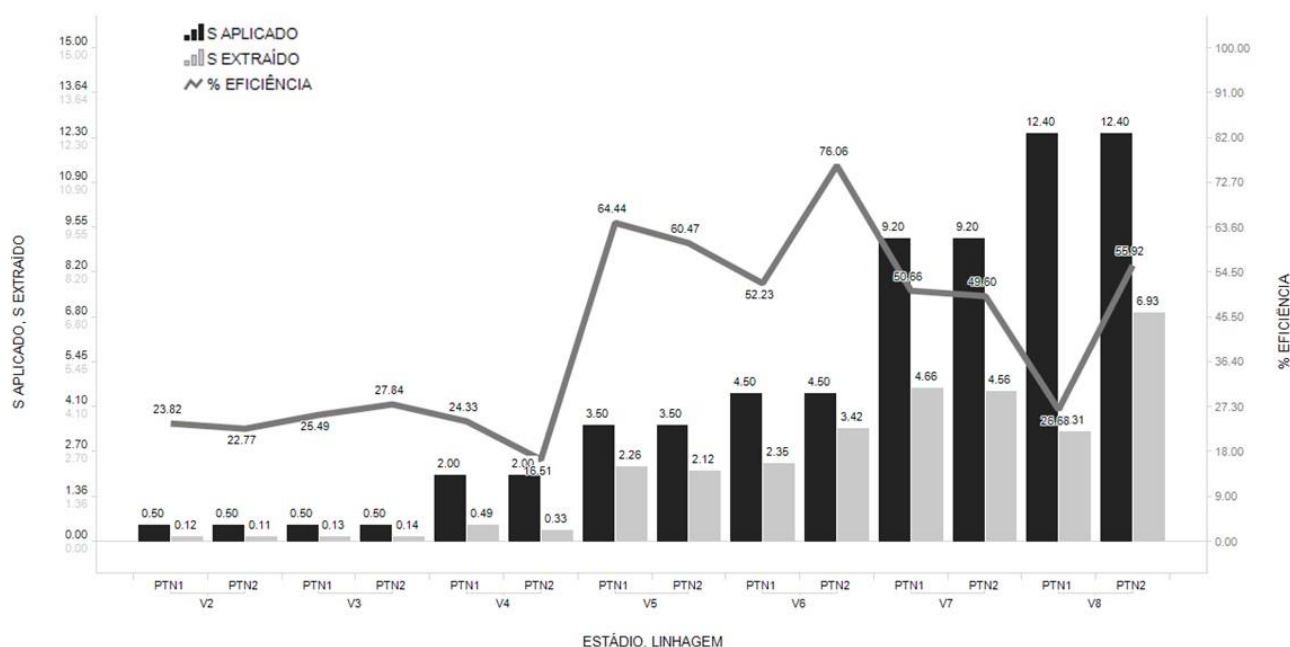


Houve uma baixa eficiência de extração do enxofre, porém, podemos notar picos de eficiência de extração desse nutriente nos estádios V5 e V6, (64,44% e 76,06% respectivamente) para ambas linhagens PTN1 e PTN2, (figura 6). O S, assim como a maioria dos nutrientes estudados, teve uma baixa eficiência de extração pela planta nos estádios iniciais V2, V3, V4, não ultrapassando 30% de eficiência, a partir das

quantidades aplicadas no solo. A eficiência do S extraído pela cultura do milho no geral, não foi alta, pois podemos observar que nos estádio V7 e V8 onde a planta geralmente tem uma maior demanda de nutrientes, teve uma eficiência abaixo de 60%, como também no pico de extração que mostrou uma eficiência abaixo de 80% do aplicado no solo.

Analisando o comportamento do enxofre (S), Coelho & França (1995) observaram que a extração desse nutriente pela cultura do milho é pequena, variando de 15 a 30kg/ha, o que acarreta uma eficiência baixa desse nutriente durante todo o ciclo da cultura. Barros & Calado (2014) também cita que a eficiência de extração do S pelo milho é muito pequena e que em geral a necessidade desse nutriente é suprida através de fertilizantes que contem outros macronutrientes.

Figura 6. Capacidade de recuperação de S pela planta acordo com quantidades aplicadas no solo.



Na Tabela 3 podemos observar a eficiência nutricional das duas linhagens PTN1 e PTN2, em relação a produtividade de massa seca e grãos para cada nutriente. Podemos verificar que para os nutrientes N, K, S, a linhagem PTN1 teve um maior acúmulo de matéria seca por kg desses nutrientes extraídos, no qual a diferença da eficiência da linhagem PTN1 para PTN2 em relação a esses 3 nutrientes foi de, 1,6%, 7,1% e 20,3% respectivamente. A linhagem PTN2 por sua vez, apresentou uma maior eficiência no acúmulo de massa seca para os nutrientes P, Ca e Mg, ou seja, para cada kg desses nutrientes foi acumulado uma quantidade expressiva de massa seca. Para o P, Ca e Mg, a linhagem PTN2 teve uma diferença de 14,2%, 21,9% e 36,4% respectivamente, em

relação a linhagem PTN1. Apesar de números diferentes, esses dados mostram um comportamento muito equilibrado em

Observando a produtividade de grãos, foi possível observar que para todos os nutrientes, a linhagem PTN2 sobressaiu em relação a linhagem PTN1, ou seja, a linhagem PTN2 teve uma maior eficiência no aspecto nutricional (tabela 3). É importante notar que a eficiência na produtividade de grãos não está correlacionada com uma maior extração de nutrientes, pois como vimos nos gráficos de eficiência da taxa de recuperação de nutrientes pela planta, a linhagem PTN2 teve quantidades extraídas inferiores ao que foi extraído pela linhagem PTN1, durante todo o ciclo. Porém, a linhagem PTN2 mostrou uma melhor utilização dos nutrientes extraídos, atingindo uma maior produtividade de grãos em relação a linhagem PTN1. Dessa forma obteve uma diferença considerável na eficiência entre as duas linhagens, onde para todos os macronutrientes, N, P, K, Ca, Mg e S, a diferença em relação a linhagem PTN1, foi de 27,7%, 39%, 23,4% 44,5%, 54,8% e 10,7% respectivamente.

Tabela 3. Eficiência da utilização de nutrientes representada pela relações massa seca e produtividade versus extração de macro nutrientes.

Linhagem	N	P	K	Ca	Mg	S
MS/Ext.						
PTN1	61,29	473,16	59,84	111,00	438,80	707,36
PTN2	60,30	552,11	55,59	142,18	690,55	563,63
CV %	0,81	7,70	3,68	12,31	22,29	11,30
Prod/Ext.						
PTN1	15,86	122,49	15,49	28,73	113,59	183,11
PTN2	21,96	201,06	20,24	51,78	251,48	205,25
CV %	16,12	24,28	13,29	28,62	37,77	5,70

*MS/Ext.: Massa seca por extração de nutrientes, em Kg/ha;

*Prod/Ext.: Produtividade (em grãos) por extração de nutrientes, em Kg/ha.

A produtividade final atingida foi de 5.272kg/ha para a linhagem PTN1 e 6.790kg/ha para a linhagem PTN2. Como podemos observar, a linhagem PTN2, que possui maturidade precoce, mostrou uma maior eficiência de utilização dos nutrientes extraídos, resultando numa maior produtividade, 22,3% a mais que a linhagem PTN1. A linhagem PTN1, com maturidade tardia, teve um maior índice de extração de nutrientes durante todo o ciclo, o que proporcionou um maior acumulo de massa seca, 20.365kg/ha, 8.4% a mais que a linhagem PTN2 que acumulou 18.645kg/ha.

CONCLUSÃO

Foi observado que as quantidades de nutrientes aplicados foi superior ao extraído pelas plantas, mostrando uma necessidade de rever as recomendações padrões para linhagem de milho.

A eficiência de extração de nutrientes das duas linhagens, aumentam significativamente nos estádios fenológicos mais avançados, V4 a V8.

A linhagem PNT2, (maturidade precoce) apresentou maior eficiência na utilização do nutrientes extraídos, alcançando uma maior produtividade de grãos em relação a linhagem PTN1 (maturidade tardia), que por sua vez, mesmo com maior extração, não obteve grande eficiência na utilização desse nutrientes.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P. E. P & RESENDE, M. **Cultivo do milho**. Sistemas de Produção. 2
ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 3ª edição Set. 2007.
- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. 2.ed. New York:
John Wiley & Sons, Inc., 1995. 414p.
- BARROS, J. F. C. & CALADO, J. G. **A Cultura do milho**. Escola De Ciências E
Tecnologia, Departamento De Fitotecnia, Universidade de Évora. 2014.
- BASTOS, A. L. et al. **Resposta do milho a doses de fósforo**. Revista Brasileira de
Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.5, p.485–491, 2010.
- CAINES, A.M. & SHENNAN, C. **Growth and nutrient composition of Ca²⁺ use efficient
and Ca²⁺ use inefficient genotypes of tomato**. Plant Physiol. Biochem., 37:559-
567, 1999.
- COELHO, A. M. **Nutrição e adubação de milho**. Circular técnica 78, Sete Lagoas – MG.
2006.
- COSTA, M, S et al. **Avaliação nutricional do milho cultivado com diferentes doses de
efluente doméstico tratado**. Irriga, Botucatu, Edição Especial, p. 12 - 26, 2012
- CUNHA, F.J.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I. **Balço de nutrientes na agricultura
brasileira no período de 1988 a 2010**. Informações agronômicas, Piracicaba, n.135,
p.1- 7, 2011.
- EBERHARDT, S. D.; SILVA, P. R. F.; RIEFFEL NETO, S. R. **Eficiência de absorção e
utilização de nitrogênio por plantas de arroz e de dois ecótipos de arroz
vermelho**. Planta Daninha, v. 17, p. 309-323, 1999.
- FOHSE D.; CLAASSEN, N. & JUNGK, A. **Phosphorus efficiency of plants: External and
internal P requirement and P uptake efficiency of different plant species**. Plant and
Soil, 110:101109. 1998
- GOURLEY, C. J. P.; ALLAN, D. L.; RUSSELE, M. P. **Plant nutrient efficiency: a
comparison of definitions and suggested improvement**. Plant and Soil, The Hague, v.
158, n. 1, p. 29-37, jan. 1994
- LOPES, A. S. & GUILHERME, L. R. G. **Fertilidade do solo e produtividade agrícola**
Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras – UFLA. Caixa
Postal 37, CEP 37200-00 Lavras (MG).2007
- MALAVOLTA, E., et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e
aplicações**. 2.ed. Piracicaba:POTAFOS, 1997. 319p.

- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Ed. London: Academic Press, 889 p., 1995.
- SÁ, M. J. C. et al. **Crescimento Radicular, Extração De Nutrientes E Produção De Grãos De Genótipos De Milho Em Diferentes Quantidades De Palha De Aveia-Preta Em Plantio Direto** Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 34, núm. 4, julho-agosto, 2010, pp. 1207-1216.
- SILVA, R. L. L. **Marcha De Absorção De Nutrientes Em Cultivares De Milho**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João Del Rei como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Agrônoma. 2016.
- RASSE, D. P., et al. **Nitrogen Management**. Impacts on Yield and Nitrate Leaching in Inbred Maize Systems. 1999.
- RESENDE, A. V. et al. **Indicadores de Demanda de Macro e Micronutrientes por Híbridos Modernos de Milho**. Circular Técnica, EMBRAPA, ISSN 1679-1150. 2016.
- SILVA, C. G. M. **Absorção E Exportação De Macronutrientes Em Milho Transgênico Sob Dois Níveis De Investimento Em Adubação**. Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal de São João del-Rei, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em produção vegetal. 2016.
- SOUSA, D.M.G.; et al. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: volume 2, nutrientes**. Piracicaba: INPI - Brasil, 2010. p.67-132.
- VALDERRAMA, M. et al. **Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto**. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, abr./jun. 2011.
- YAMADA T.; LOPES, A.S. **Balanco de nutrientes na agricultura brasileira**. **Informações agronômicas**, Piracicaba, n.84, 1998. 8p. (Encarte técnico).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho mostrou resultados importantes que poderão ser utilizados para dar continuidade ao desenvolvimento de novas linhagens de milho em Petrolina através da empresa Bayer que está sediada na região. Tendo como principais focos, a curva de extração e a eficiência de nutrientes em linhagens de milho, esse experimento deu início a um estudo pouco encontrado na literatura. Sendo assim, os resultados obtidos nesse trabalho tem como foco um manejo nutricional adequado para linhagem de milho visando a geração de novos híbridos produtivos.

É importante ressaltar que esse trabalho é apenas o início para chegarmos ao entendimento do comportamento nutricional de linhagens de milho, porém servirá de base para adequações nas recomendações já existentes utilizadas em grandes empresas de melhoramento genético.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA REVISÃO

- ALVAREZ, V. H. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 149-150
- BARBOSA, M. P. M. **Avaliação do desequilíbrio de ligação e da origem genética em duplo-haplóides de milho**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. 55p. Tese (Doutorado em Agronomia). 2009.
- BASTOS, A. L. et al. **Resposta do milho a doses de fósforo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.5, p.485–491, 2010.
- BENDER, R. R. et al. **Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids**. Agronomy Journal, v.105, p.161-170, 2013. DOI: 10.2134/agronj2012.0352.
- CAIXETA, E. T., et al. **Ressurgimento do Uso de Duplo Haplóides**. Programa de Pós Graduação em Genética e Melhoramento da Universidade Federal de Viçosa. Sem data.
- COLOMBO, G. A. et al. **Capacidade combinatória de híbridos de milho para eficiência e resposta ao uso do fósforo**. Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, v. 10, n. 2, jun. 2018.
- CONAB – Companhia nacional de abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária**. Perspec. Agropec. , Brasília, v.6, p. 1-112, Ago.2018.
- CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA – CIB. **GUIA DO MILHO: Tecnologia do Campo à Mesa**. 2006
- CORREIA. R. C.; et. al. **A Região Semiárida Brasileira**. Produção de ovinos e Caprinos no Semiárido. 2011.
- COSTA, M. C. A. & ANDRADE, I. M. **Levantamento Preliminar Das Poaceae Do Delta Do Parnaíba, Piauí, Brasil**. Pibic/UFPI. Sem data de publicação.
- FURLANI, P. R. et al. **Acúmulo de macronutrientes, de silício e de matéria seca por dois híbridos simples de milho**. Bragantia, v.36, p.223-229, 1977. DOI: 10.1590/S0006-87051977000100022.
- JONES, R.; H. OUGHAM; H. THOMAS e S. WAALAND (2013) – **“The Molecular Life of Plants”** – American Society of Plant Biologists, Wiley-Blackwell, UK
- LUDERS, R. R. **Desempenho de linhagens de milho (zea mays l.) em top crosses com testadores de base genética restrita e avaliação de híbridos triplos**.

Dissertação apresentada ao Instituto Agrônomo para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical – Área de Concentração em Melhoramento Genético Vegetal. 2003.

- OLIVEIRA, M. N. & BEZERRA, R. **Cultura Do Milho**. XIII Jornada De Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX 2013 – UFRPE: Recife, 09 a 13 de dezembro. 2013.
- PADILHA, F. A. et al. **Produtividade de híbridos de milho sob dois níveis de tecnologia na região central de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.14, p.207-218, 2015. DOI: 10.18512/1980- 6477/rbms.v14n2p207-218.
- RASSE, D.P. et al. **Nitrogen Management Impacts on Yield and Nitrate Leaching in Inbred Maize Systems**. 1999.
- SALVADOR, J. O. et al. **Sintomas Visuais de Deficiências de Micronutrientes e Composição Mineral de Folhas em Mudas de Goiabeira**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.34, n.9, p.1655-1662, set. 1999.
- SANTANA, C. T. C. **Comportamento de Milho (Zea Mays L.) e Propriedades Físicas do Solo, no Sistema Plantio Direto, em Resposta e Aplicação de Fertilizante Organomineral**. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura). 2012.
- SCHOPER, J. B. **Tendências Globais de Melhoramento de Milho**. 5º Congresso de Melhoramento de Plantas, Guarapari/ES. 2009.
- STIPP, S. R. & CASARIN, V. **A importância do enxofre na agricultura brasileira**. Informações Agronomicas. Piracicaba, n, 129. P. 14-20, mar. 2010.
- SOBEL, T. F. **Desenvolvimento Territorial nos Perímetros Irrigados do Submédio do São Francisco: O caso dos Perímetros Nilo Coelho e Bebedouro (PE)**. Dissertação de Mestrado UFU. 2010.
- PINHO, R.G.V., et al. **Marcha De Absorção De Macronutrientes E Acúmulo De Matéria Seca Em Milho**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.8, n.2, p. 157-173, 2009.
- TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Livro Fisiologia Vegetal**. Editora Artmed, 4ª Edição, 2009.
- RABÊLO, F. H. S. et al. Características agrônômicas e bromatológicas do milho submetido a adubações com potássio na produção de silagem. Rev. Ciênc. Agron., v. 44, n. 3, p. 635-643, jul-set, 2013.
- VALDERRAMA, M. et al. **Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto**. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, abr./jun. 2011.

- VASCONCELLOS, C. A. et al. **Acumulação de massa seca e de nutrientes por duas cultivares de milho com e sem irrigação suplementar.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.18, p.887-901, 1983.
- VERZEGNAZZI, A. L. **Comparação dos Métodos Genealógicos e Duplo-Haplóide para Seleção de Genótipos Elites e Estudo da Herança Genética de Altura de Planta e Espiga em Milho.** Dissertação de Mestrado na UPF, Passo Fundo, dezembro de 2011.
- VON PINHO, R. G. et al. **Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.8, p.157-173, 2009. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v8n2p157-173.