

RESPOSTAS DO MILHO BRS 2022 À CALAGEM E ADUBAÇÃO NPK EM SOLO DE LICHINGA, NIASSA, MOÇAMBIQUE

Álvaro Vilela de Resende¹; Ivan Cruz¹; Celso Américo Pedro Mutadiua²; Cesar Heraclides Behling Miranda³; Simone Palma Favaro³; Gilvan Barbosa Ferreira⁴; José Eloir Denardin⁵; Maria da Conceição Santana Carvalho⁶; Maurisrael de Moura Rocha⁷; Raul Porfirio de Almeida⁴; Pedro Moreira da Silva Filho⁸; Norman Neumaier⁸; Valério Mussa⁹; Lázaro Suede¹⁰; Neoleopordina de Lurdes Mateus¹⁰; Sara Paulo Niqueiro Caieva¹⁰.

¹ Embrapa Milho e Sorgo; ² PNUD/ABC/MRE; ³ Embrapa SRI; ⁴ Embrapa Algodão; ⁵ Embrapa Trigo; ⁶ Embrapa Arroz e Feijão; ⁷ Embrapa Meio Norte; ⁸ Embrapa Soja; ⁹ Instituto de Investigação Agrária de Moçambique; ¹⁰ Estudante de Graduação da Universidade Pedagógica de Moçambique.

Resumo

O investimento em calagem e adubação é pré-requisito para a exploração agrícola na maioria dos solos tropicais e a definição de recomendações para o uso racional de corretivos e fertilizantes requer experimentação nas diferentes regiões produtoras de Moçambique. Três experimentos foram conduzidos em solo argiloso de Lichinga, avaliando-se a resposta do híbrido duplo BRS 2022 a níveis de calagem, de adubação com fósforo e potássio na semeadura e de adubação nitrogenada em cobertura. A produtividade de grãos de milho nas parcelas dos experimentos variou de 1.837 a 6.303 kg ha⁻¹. Os ganhos mais expressivos em produtividade foram proporcionados pelo uso de calcário e, principalmente, nitrogênio. A aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura é suficiente para a obtenção de produtividades superiores a 5.000 kg ha⁻¹. Apesar da baixa resposta, as adubações com fósforo e potássio não podem ser dispensadas. O avanço na definição de critérios para a interpretação da análise de solo e a recomendação de corretivos e fertilizantes é um passo imprescindível ao desenvolvimento e sustentabilidade dos sistemas agrícolas em Moçambique.

Introdução

O cultivo de milho no corredor de Nacala, sobretudo na região de Lichinga, Niassa, é bastante promissor quanto ao potencial produtivo, conforme evidenciaram os primeiros resultados experimentais obtidos no âmbito do Projeto Pro Savana, na safra 2012/2013. Uma vez desenvolvidas e difundidas tecnologias apropriadas, desde a escolha de cultivares mais adaptadas até os cuidados na pós-colheita, passando pelas boas práticas de manejo do solo e tratos culturais, a cultura do milho poderá se destacar na produção de alimentos e geração de emprego e renda para a população. Tanto por meio da agricultura familiar quanto da agricultura comercial, o cereal deverá se tornar cada vez mais estratégico para Moçambique, no atendimento às demandas para consumo humano direto e também para produção da ração requerida nas criações de suínos e aves.

O manejo correto da fertilidade do solo pela utilização de corretivos de acidez e fertilizantes é um dos principais fatores determinantes da produção das culturas, constituindo pré-requisito indispensável para a sustentabilidade agrícola na grande maioria dos solos tropicais. O milho figura entre as culturas mais responsivas aos investimentos em calagem e adubação. A demanda nutricional aumenta com a elevação das produtividades alcançadas, sendo que a contínua obtenção de bons rendimentos só é possível mediante a reposição dos nutrientes que são exportados com as colheitas.

Nas condições de savana do Cerrado brasileiro, a prática de correção da acidez do solo por meio da utilização de calcário é uma premissa básica para o condicionamento de áreas para a produção agrícola. Na sequência, adubações corretivas com fósforo, potássio e micronutrientes são normalmente requeridas para a elevação do status inicial de fertilidade do solo. Esse conjunto de práticas refere-se à etapa de construção da fertilidade, após a qual o manejo passa a consistir de adubações de manutenção a cada cultivo (Sousa & Lobato, 2004). Os nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) são os principais alvos no manejo da adubação, por serem requeridos em maiores quantidades para produção satisfatória das culturas.

O ajuste no suprimento de nutrientes deve ser aprimorado ao longo do tempo, conforme as condições de fertilidade dos solos e os sistemas de produção explorados, sendo a amostragem e análise periódica do solo das lavouras um dos aspectos mais importantes para o uso racional de corretivos e fertilizantes. A pesquisa para o desenvolvimento de recomendações de calagem e adubação deve preferencialmente

ser feita de forma regionalizada, considerando-se as particularidades edafoclimáticas e outros condicionantes. Para indicações de manejo mais seguras, são necessários experimentos em vários locais e safras, contemplando ainda as diferentes combinações de culturas e sistemas de preparo do solo, e, quando pertinente, aferindo o efeito residual de corretivos e fertilizantes aplicados em safras anteriores.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho consistiu em avaliar a resposta do milho à calagem e adubação NPK em solo da região de Lichinga, Niassa, em três experimentos conduzidos na safra 2013-2014.

Material e Métodos

Três experimentos foram conduzidos no Centro de Investigação Zonal Noroeste, em Lichinga, numa área de solo argiloso, na safra 2013/2014. Avaliaram-se, respectivamente, as respostas do milho à calagem, a combinações de doses de fósforo e potássio na semeadura, e à adubação nitrogenada em cobertura. Resultados de uma análise de solo da área experimental do Centro de Investigação Zonal Noroeste, realizada em 2012, são mostrados na Tabela 1. Constata-se que as condições de fertilidade em relação à acidez (teor de alumínio – Al e saturação por bases – V%) seriam limitantes, enquanto os teores disponíveis de fósforo e potássio seriam adequados, segundo os padrões de interpretação desenvolvidos para as condições do Cerrado brasileiro (Sousa & Lobato, 2004).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo da área experimental do Instituto de Investigação Agrícola de Moçambique, em Lichinga – amostragem realizada em outubro de 2012.

pH _{H2O}	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	Mat. orgânica	Argila
	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	%g kg ⁻¹
5,1	24	116	11,5	4,5	6,5	54,9	73,8	26	24	440

Detalhes dos tratamentos e forma de condução dos experimentos são apresentados na Tabela 2. No experimento de calagem, foi avaliado o efeito residual de tratamentos com cinco doses de calcário dolomítico que haviam sido aplicadas a lanço em área total e incorporadas na safra anterior (2012/2013). No experimento de adubação PK, as doses desses nutrientes constituíram um fatorial 5 x 4, sendo que, por uma limitação operacional, as fontes superfosfato triplo e cloreto de potássio foram

aplicadas superficialmente após a semeadura, quando o recomendado é que essa adubação seja feita no sulco de plantio, abaixo das sementes. No experimento de adubação nitrogenada com ureia, as doses foram divididas em duas aplicações, por volta de 30 e 60 dias após o plantio. Em todos os casos, os tratamentos foram dispostos segundo o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas foram compostas de cinco fileiras, espaçadas de 0,9 m entre si, com seis metros de comprimento. Os experimentos foram instalados de modo que apenas os respectivos fatores de interesse variaram. Ou seja, o fornecimento de nutrientes não-alvos e as demais práticas de manejo cultural foram padronizados numa condição considerada adequada ao desenvolvimento normal das plantas de milho. As operações de semeadura e aplicações de calcário e fertilizantes foram realizadas manualmente.

Tabela 2. Detalhes dos experimentos de calagem, adubação de base com P e K e adubação de cobertura com N para a cultura do milho, realizados em Lichinga, na camapnha 2013/2014.

Experimento	Doses dos tratamentos	Data de plantio	Adubação de base	Adubação de cobertura
Calagem	0, 1250, 2500, 3750 e 5000 kg ha ⁻¹ de calcário	11/01/2014	400 kg ha ⁻¹ de NPK 12-24-12, em 03/12/2013	120 kg ha ⁻¹ de N, em 11/02 e 13/03/2014
Adubação PK	0, 35, 70, 140 e 280 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ 0, 50, 100 e 200 kg ha ⁻¹ de K ₂ O	11/01/2014	Aplicação dos tratamentos PK em 03/12/2013	120 kg ha ⁻¹ de N, em 11/02 e 15/03/2014
Adubação N	0, 50, 100, 150 e 200 kg ha ⁻¹ de N	08/01/2014	400 kg ha ⁻¹ de NPK 00-23-30, em 03/12/2013	Aplicação dos tratamentos N, em 06/02 e 07/03/2014

A cultivar de milho utilizada foi um híbrido duplo de endosperma amarelo, cultivar BRS 2022, de ciclo precoce nas condições brasileiras, que havia apresentado bom desempenho no ensaio de comparação de cultivares em Lichinga na safra 2012/2013. Sementes foram semeadas em excesso e, posteriormente, efetuaram-se desbastes visando uma população próxima a 60.000 plantas por hectare.

A colheita dos experimentos foi realizada entre os dias 17 e 19 de junho de 2014. Os dados de produtividade de grãos, calculados com correção da umidade para 13%, foram submetidos à análise de variância, ajustando-se modelos de regressão

quando encontrado efeito significativo dos tratamentos estudados. Utilizou-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

Resultados e discussão

Embora não se disponha dos dados meteorológicos para todo o período de condução dos experimentos em Lichinga, vale registrar que ocorreram chuvas da ordem de 145, 283 e 299 mm nos meses de dezembro/2013, janeiro/2014 e fevereiro/2014, respectivamente, o que denota condições de disponibilidade hídrica favoráveis ao bom desenvolvimento da cultura do milho.

Na Tabela 3, são indicados os valores mínimos, máximos e de média geral obtidos para as variáveis estande final e produtividade de grãos em cada experimento. Verifica-se que o estande final médio de todos os experimentos ficou próximo do desejado ($60.000 \text{ plantas ha}^{-1}$), mas ocorreram amplas variações na população de plantas entre as parcelas. Em relação à produtividade, embora as médias gerais dos experimentos estejam próximas entre si, houve menor amplitude de resposta aos tratamentos com adubação PK e maior amplitude de resposta à calagem e, principalmente, ao fornecimento de nitrogênio. Esses dois últimos também se destacaram por resultarem em parcelas com produtividades acima de 6.000 kg ha^{-1} .

Tabela 3. Valores mínimo, máximo e média geral dos dados de estande final (plantas ha^{-1}) e de produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) nos experimentos de calagem e adubação NPK realizados em Lichinga – safra 2013/2014.

Experimento	Estande			Produtividade		
	Mínimo	Máximo	Médio	Mínima	Máxima	Média
Calagem	47.407	68.148	58.518	3.290	6.303	4.679
Adubação PK	50.370	66.667	56.898	3.348	5.473	4.472
Adubação N	54.815	65.185	60.111	1.837	6.219	4.436

Pelos dados de análise de solo da Tabela 1 e, de acordo com os padrões de interpretação adotados no Brasil (Sousa & Lobato, 2004), seria de se esperar uma maior chance de resposta à calagem e efeitos menos evidentes do suprimento de P e K sobre a produtividade do milho. De fato, essas expectativas parecem ter se confirmado nos experimentos, conforme se verá pelos resultados relatados a seguir.

Experimento com calagem

Uma vista geral do experimento e apresentada na Foto 1.



Foto 1. Vista geral do experimento com calagem.

A calagem promoveu incremento linear da produtividade do milho, com ganho da ordem de 0,44 kg de grãos para cada kg de calcário aplicado (Figura 1). O experimento foi instalado em parcelas que haviam recebido os tratamentos de calagem na safra anterior, quando doses acima de 2.500 kg ha⁻¹ de calcário não resultaram em ganhos adicionais de produtividade de milho. Portanto, o maior tempo de reação do calcário no solo, provavelmente, foi o fator que condicionou maior resposta da cultura em 2013-2014, evidenciando o efeito residual dos tratamentos.

Essas diferenças de resposta entre os dois cultivos reforçam as premissas de que a experimentação em manejo da fertilidade do solo deve envolver vários locais e safras para confirmação dos resultados. De qualquer modo, considerando que o calcário é um insumo mais barato que os fertilizantes, a prática da calagem é altamente compensatória e deve ser preconizada aos produtores. Não obstante, os

experimentos conduzidos em Moçambique ainda carecem de acompanhamento, via análise de solo, das alterações induzidas pela aplicação de calcário, como meio para embasar as indicações de dosagens mais eficientes a serem utilizadas em solos com diferentes condições de acidez.

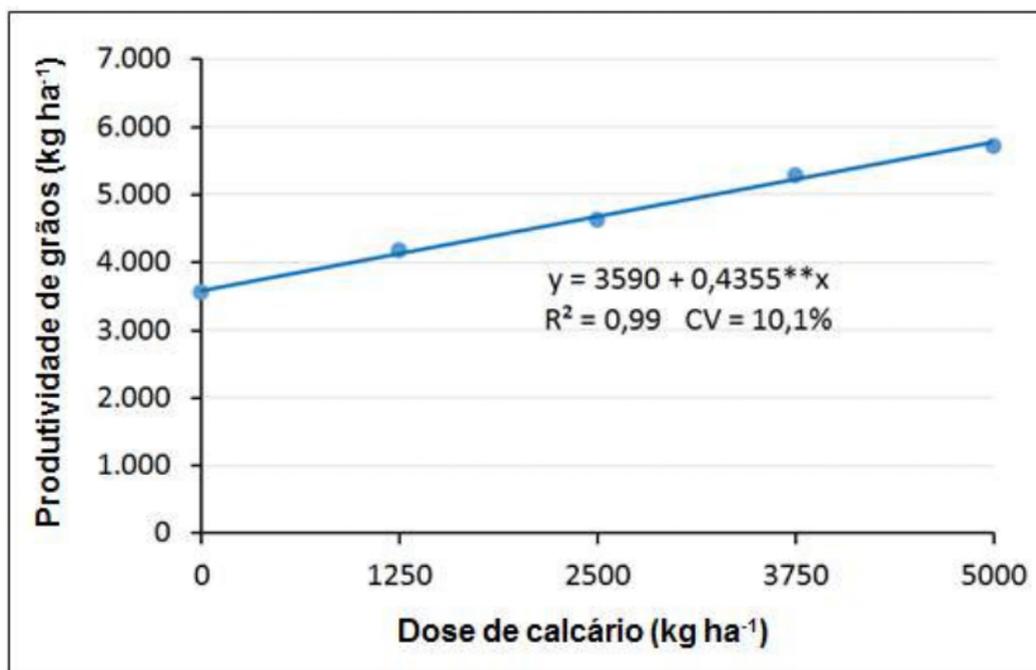


Figura 1. Produtividade de grãos de milho em função de doses de calcário em solo da região de Lichinga – safra 2013/2014.

Experimento com doses crescentes de fósforo e potássio.

Não houve efeito da interação entre as adubações fosfatada e potássica. Por outro lado, obteve-se efeitos isolados do fornecimento de P e K, porém de baixa magnitude (Figuras 2 e 3). De modo geral, os resultados reforçam as tendências observadas na safra anterior (2012/2013), quando somente houve resposta significativa ao fornecimento de fósforo, mas também com baixa intensidade. Muito provavelmente, a disponibilidade de P e K existente no solo, em decorrência de reservas naturais ou criadas pelo residual de adubações anteriores, foi suficiente para atender grande parte da demanda nutricional do milho, para a faixa de produtividade observada no experimento.

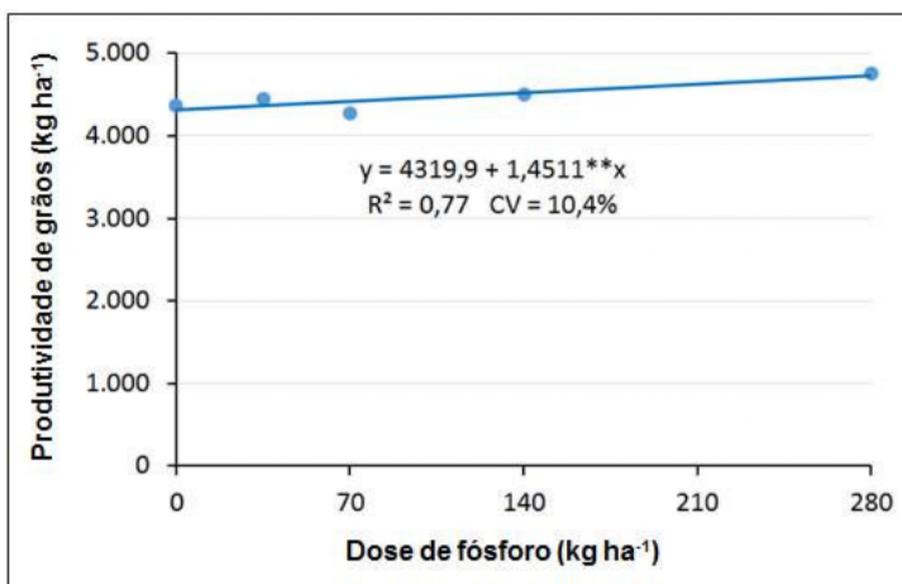


Figura 2. Produtividade de grãos de milho em função de doses de fósforo em solo da região de Lichinga, na campanha 2013/2014.

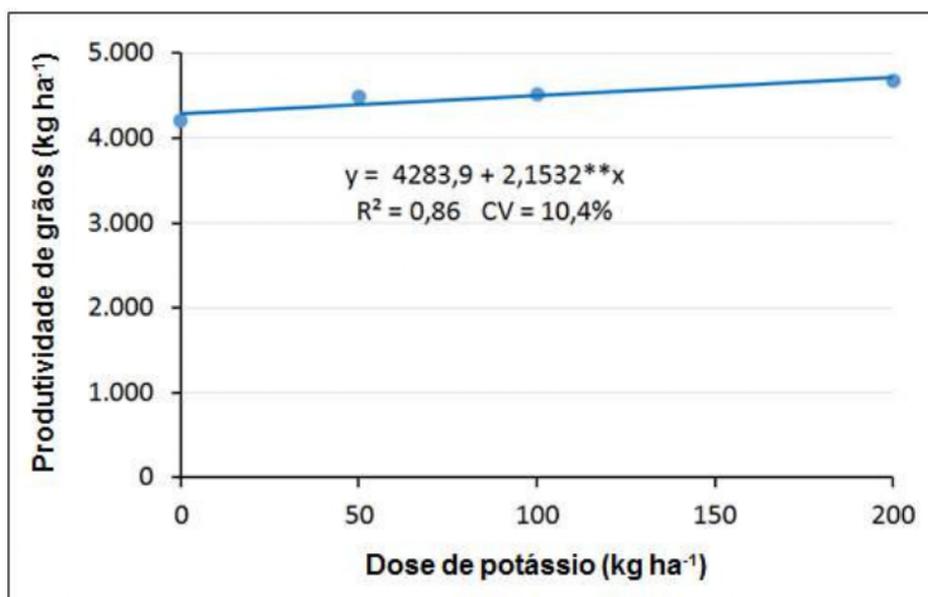


Figura 3. Produtividade de grãos de milho em função de doses de potássio em solo da região de Lichinga, na campanha 2013/2014.

Um outro fator a considerar é que a aplicação superficial de fósforo, realizada neste experimento, pode ter limitado o seu aproveitamento pelo milho, devido à característica de baixa mobilidade do P em solos argilosos. Inclusive, esse fato pode explicar os menores níveis de produtividade alcançados no experimento PK (Figuras 2

e 3), em comparação aos de calagem (Figura 1) e nitrogênio, a ser discutido na próxima seção, nos quais a adubação com P e K havia sido feita no sulco de plantio.

Não obstante, é importante notar os ganhos da ordem de 1,45 e 2,15 kg de grãos, respectivamente, para cada Kg de P_2O_5 e K_2O aplicado (Figuras 2 e 3). As respostas lineares evidenciam que esses nutrientes não podem ser suprimidos das adubações de manutenção, sob pena de, com os cultivos sucessivos, ocorrer o empobrecimento do solo e conseqüente perda da capacidade de sustentar produções satisfatórias.

Na Foto 2 apresenta-se uma vista geral do experimento no campo.



Experimento com adubação nitrogenada

O nitrogênio foi o nutriente mais limitante à cultura do milho, tendo em vista que a cultivar de utilizada expressou aumento significativo de produtividade em função da adubação nitrogenada em cobertura, segundo um modelo quadrático (Figura 4). Conforme o modelo ajustado, a máxima produtividade (5.321 kg ha^{-1}) foi alcançada com a aplicação de 178 kg ha^{-1} de N, enquanto a dose de 101 kg ha^{-1} de N foi suficiente para promover a produtividade máxima econômica (assumida como equivalente a 90% da máxima produtividade física). Na safra anterior, havia sido

verificada resposta linear às doses de N. A partir dos modelos ajustados nas duas safras, as estimativas do rendimento de grãos, na ausência de adubação nitrogenada, foram de 4.221 e 2.505 kg ha⁻¹, em 2012/2013 e 2013/2014, respectivamente. Isso demonstra a inconstância dos padrões de resposta a nitrogênio, a qual é muito influenciada por condições de solo (teor de matéria orgânica, atividade microbiana, cultura anterior) e de clima (precipitação pluviométrica, temperatura).

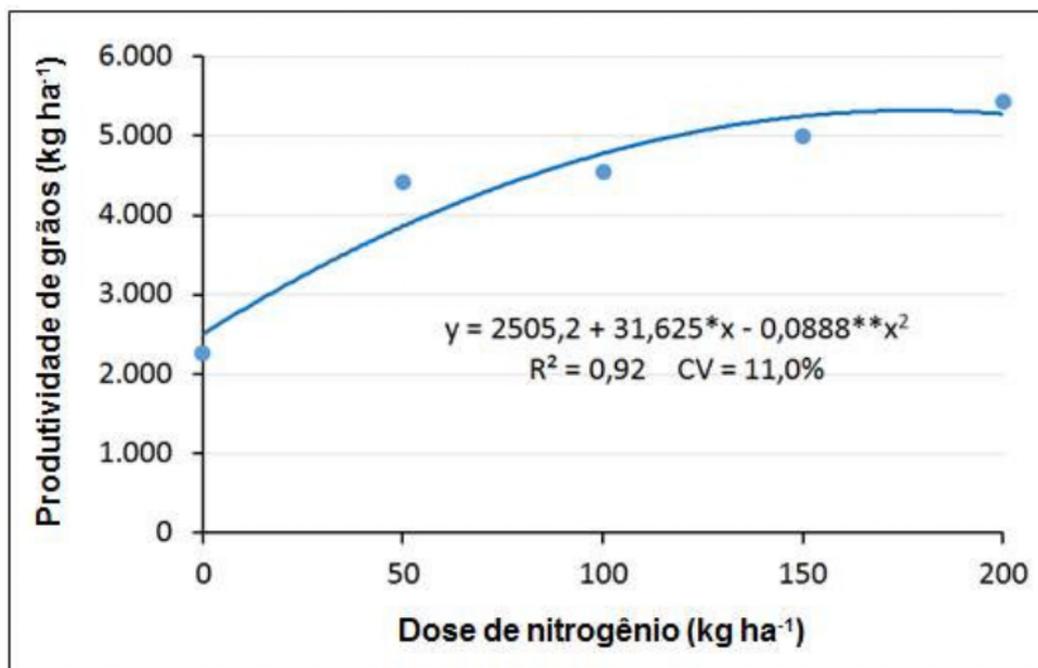


Figura 4. Produtividade de grãos de milho em função de doses de nitrogênio em solo da região de Lichinga, na campanha 2013/2014.

De qualquer modo, doses em torno de 100 kg ha⁻¹ de N parecem ser suficientes para garantir produtividades acima de 5.000 kg ha⁻¹ na região de Lichinga. Esse indicativo é condizente com a regra genérica adotada no Brasil, de que devem ser supridos cerca de 20 kg de N para cada tonelada de grãos de milho que se espera produzir. Tal regra foi estipulada a partir de ampla experimentação em vários locais e sistemas de produção em solos da região do Cerrado (Sousa & Lobato, 2004).

Em razão das diferenças entre as respostas do milho aos experimentos de calagem e adubação NPK realizados nas duas safras, seria recomendável sua continuidade por mais tempo e com a inclusão de mais locais. Especial atenção deve ser dedicada à avaliação dos efeitos residuais das aplicações de calcário e das adubações fosfatada e potássica. Avanços importantes podem ser alcançados a partir

da realização periódica de amostragem e análise do solo nos diversos tratamentos desses experimentos, subsidiando não só a discussão dos resultados fitotécnicos, mas permitindo a definição de critérios para a interpretação das condições de fertilidade do solo e a recomendação de calagem e adubação para Lichinga e outras regiões de Moçambique.

Uma vista geral do experimento no campo é apresentada na Foto 3.



Foto 3. Vista geral do experimento com adubação nitrogenada.

Conclusões

A produtividade de grãos de milho nas parcelas dos experimentos variou de 1.837 a 6.303 kg ha⁻¹, com incrementos de rendimento associados ao uso de calcário e de fertilizantes contendo N, P e K.

Os ganhos mais expressivos em produtividade foram proporcionados pelo uso de calcário e, principalmente, nitrogênio. A aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura é suficiente para a obtenção de produtividades superiores a 5.000 kg ha⁻¹. Embora tenha havido baixa resposta às adubações com fósforo e potássio, seu fornecimento

não pode ser dispensado, devendo-se garantir pelo menos a reposição das quantidades exportadas com a colheita dos grãos.

Deve-se atentar para a avaliação dos efeitos residuais das aplicações de calcário, fósforo e potássio. Dados de análise de solo nas parcelas experimentais são necessários para que se possa avançar na definição de critérios para a interpretação das condições de fertilidade e a recomendação segura de uso de calcário e fertilizantes.

Bibliografia consultada

ARAÚJO, I., FURTINI NETO, A., RESENDE, ., ALVES, V., MENDES, B.. Fontes e modos de aplicação de fosforo na produção e nutrição mineral do milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 3(2):250-254, 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

TAKASU, A., HAGA, K., RODRIGUES, R., ALVES, C.. Produtividade da cultura do milho em resposta a adubação potássica. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 13 (2): 154-161, 2014.