

1 INTRODUÇÃO

O uso de plantas medicinais tem sido uma prática consagrada em diversas épocas da história da humanidade, sendo encontrados registros sobre a sua utilização em diferentes civilizações antigas, onde os únicos recursos em medicamentos disponíveis eram, em grande parte, provenientes dos vegetais. Essa importância perdurou até o início do século XX, quando do advento da síntese química e fermentação microbiológica, que passaram a substituir paulatinamente as plantas medicinais (Bontempo, 1994). No entanto, nos últimos anos, alguns fatores têm contribuído para o aumento da utilização de medicamentos naturais, sobretudo os de origem vegetal, tais como a crise econômica, o alto custo dos medicamentos industrializados e o difícil acesso da população à assistência médica e farmacêutica (Simões, 1989). Dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) revelam que cerca de 80% da população mundial já fez uso de algum tipo de erva na busca de alívio de alguma sintomatologia dolorosa ou desagradável (Martins *et al.*, 1998). Por outro lado, essa crescente utilização das plantas medicinais é, por vezes, feita de forma indiscriminada e até mesmo abusiva (Panizza, 1997).

O Brasil é uma fonte extremamente rica de germoplasma com potencial medicinal, que pode ser utilizado na cura de várias doenças; porém, com a exploração indiscriminada da flora brasileira, as plantas medicinais estão em perigo de extinção (Gottlieb e Mors, 1980).

A calêndula é uma planta européia bastante difundida no mundo, inclusive no Brasil. As folhas e os capítulos florais da planta têm ação terapêutica como cicatrizantes, antissépticos, sudoríficos, analgésicos, anti-inflamatórios e tonificantes da pele. A planta propaga-se por sementes, tem um ciclo anual e adapta-se bem aos solos férteis. O florescimento, que ocorre em clima ameno, inicia-se após dois meses do transplante e prolonga-se por dois meses, com produção de cerca de 720 kg ha⁻¹ de capítulos florais secos (Venikar e Jandge, 1993; Della Loggia *et al.*, 1994; Akihisa *et al.*, 1996; Martins *et al.*, 1998; Silva Jr, 1999).

O número de trabalhos relacionados à área agrônômica, abordando aspectos da preservação de espécies, seleção de cultivares ou clones mais adequados e

produção de material destinado a estudo de reprodução da planta, tem aumentado nos últimos anos. No entanto, a exigência nutricional das plantas medicinais é pouco conhecida, o que gera alguma dificuldade para o cultivo dessas espécies em locais diferentes daqueles de seus habitats, visando a produção e obtenção de mais massa seca e metabólitos secundários.

Barman e Pal (1994) avaliaram o efeito do N e P na produção de frutos de calêndula e observaram incremento significativo na produção com o aumento das doses de N, sendo que a produção mais elevada foi observada com 40g m^{-2} de N. Para as doses de P, também ocorreu aumento na produção, porém a diferença entre 15g e 30g não foi significativa.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de nitrogênio e fósforo no teor e acúmulo destes nutrientes e no crescimento e desenvolvimento da calêndula (*Calendula officinalis* L.).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais

Grandes perspectivas de trabalho estão sendo propiciadas a agricultores e profissionais, graças ao uso de plantas medicinais. Por isso, é necessário estudar os fatores que influenciam no crescimento das plantas e na síntese de princípios ativos, dentre eles a nutrição mineral, uma vez que a deficiência e o excesso de nutrientes podem promover maior ou menor produção de fármacos na planta (Martins *et al.*, 1998).

Os princípios ativos das plantas medicinais podem ser influenciados por fatores internos e externos, entre esses está a adubação. Em geral, as plantas medicinais têm crescimento rápido, ciclo curto e são colhidas em grandes quantidades, necessitando, portanto, de suplementação dos nutrientes (Furlan, 1998). O estado nutricional de uma planta pode ser influenciado por fatores relativos ao solo, características químicas, físicas e morfológicas que determinam sua capacidade produtiva (Correa Jr. *et al.*, 1991). Para tanto, uma adubação equilibrada é fundamental para a obtenção de plantas, mais produtivas, mais resistentes a pragas e a doenças e também com maiores teores de fármacos (Martins *et al.*, 1998).

2.2 *Calendula officinalis*

A calêndula (*Calendula officinalis* L.), também conhecida como malmequer, maravilha, malmequer-dos-jardins, maravilha-dos-jardins e margarida-dourada, pertence à família Asteraceae e é originária da Europa. É uma planta popular, de florescimento anual e as partes usadas como terapêuticas podem ser as folhas e os capítulos florais. A planta possui ação cicatrizante e antisséptica (uso externo), é sudorífica, analgésica, colagoga, antiinflamatória, antiviral, vasodilatadora e tonificante da pele. Podem também ser usadas como ornamentais e

como corantes na indústria (Hoehne, 1978; Sigedard *et al.*, 1991; Font Quer, 1993; Bertoni *et al.*, 1998).

Os capítulos florais de *C. officinallis* contêm de 0,2 a 0,3% de essência (Silva Jr., 1999) e as sementes possuem de 30,6 a 36,9% de proteína e 40,8 a 45,8% de óleo (Duke, 1985).

O extrato dos capítulos florais tem sido utilizado em formulações fitoterápicas e cosméticas devido a sua comprovada ação antiinflamatória e cicatrizante. A planta possui óleos etéreos, corantes da família dos carotenos, substâncias amargas, saponinas, fitosterinas, ácido salicílico, mucilagens, óleo essencial, flavonóides e cumarinas (Della Loggia, 1991; Zitterl-Eglseer *et al.*, 1997; Martins *et al.*, 1998). A mucilagem tem ação cicatrizante, antiinflamatória, laxativa, expectorante e antiespasmódica; os flavonóides são antiinflamatórios, auxiliam no fortalecimento dos vasos capilares, são antiescleróticos, anti-dematosos, dilatadores de coronárias, espasmolíticos, antihepatotóxicos, coleréticos e antimicrobianos, enquanto os óleos essenciais são bactericidas, antiviróticos, cicatrizantes, analgésicos, relaxantes, expectorantes e antiespasmódicos (Venikar e Jandge, 1993; Della Loggia *et al.*, 1994).

A calêndula é uma planta anual e adapta-se bem aos solos férteis, úmidos e permeáveis, com iluminação plena (Corrêa *et al.*, 1998), bem drenados, ricos em matéria orgânica, profundos e permeáveis (Silva Jr., 1999). Não tolera umidade excessiva, nem solos arenosos e secos. Sua propagação é feita por sementes (diásporos), podendo ocorrer em viveiros ou diretamente no local definitivo, onde emergem em cerca de até 20 dias (Castro e Chemale, 1995). A planta desenvolve-se melhor em clima ameno e seco; altas temperaturas noturnas reduzem o tamanho dos capítulos florais e é resistente às baixas temperaturas de inverno (Lorenzi e Souza, 1995; Furlan, 1998; Silva Jr., 1999).

2.3 Resposta ao nitrogênio

Para produzirem satisfatoriamente, algumas plantas exigem quantidades elevadas de N, que se destaca pelo desempenho no desenvolvimento vegetativo,

proporcionando às folhas uma coloração verde intensa. O N é constituinte essencial dos aminoácidos e é fundamental para a síntese protéica (Faquin, 1994). Sob deficiência de N, plantas de calêndula mostram-se raquíticas, com amarelecimento inicial em folhas mais velhas, crescimento lento e, com a evolução dos sintomas surge uma clorose que se estende por toda a planta (Boteon e Teixeira, 1995).

O N tem ação controversa em plantas medicinais, pois sua deficiência proporcionou em papoula (*Papaver somniferum*) e beladona (*Atropa beladonna*) aumento na concentração de alcalóides, enquanto na lobélia (*Lobelia inflata*) induz a uma redução. Em camomila (*Chamomilla recutita*), o N em interação com o potássio, proporciona aumento do rendimento em óleo essencial por unidade de área. O nutriente pode ser fornecido às plantas medicinais principalmente por meio da adubação orgânica, porém sem excessos, pois pode induzir redução na produção de substâncias ativas, como ocorre na losna (*Artemisia absinthium*) (Martins *et al.*, 1998).

2.4 Resposta ao Fósforo

A importância do P para a produtividade das plantas decorre da sua participação nas membranas celulares (fosfolipídeos), nos ácidos nucléicos e em compostos que armazenam e fornecem energia metabólica como ATP, além de uma série de processos metabólicos dos vegetais, tais como fotossíntese, síntese de carboidratos, proteínas, gorduras e absorção ativa de nutrientes (Marschner, 1995).

O P requerido para o ótimo crescimento das plantas varia de 1 a 5 g kg⁻¹ na matéria seca, dependendo da espécie e do órgão analisado (Malavolta *et al.*, 1997). Sua carência reflete, de um modo geral, no menor crescimento das plantas e, por ser um nutriente móvel, redistribuí-se facilmente nelas, o que leva ao aparecimento dos sintomas de deficiências nas folhas mais velhas, que apresentam pouco brilho e cores amarelada, verde azulada e, em algumas espécies, até arroxeadas (Faquin, 1994; Malavolta *et al.*, 1997; Marshner 1995). A deficiência de P em plantas de calêndula causa clorose nas folhas mais velhas, folhas mais estreitas, raquitismo e,

com o progresso dessa deficiência, toda a planta fica amarela (Boteon e Teixeira, 1995).

A deficiência de P, segundo Novaes e Smith (1999) é o fator mais limitante ao desenvolvimento das plantas cultivadas em solos de cerrado, não só pelos baixos níveis naturais, mas também pela grande capacidade de fixação desses solos, como consequência da acidez e de elevados teores de óxidos de ferro e alumínio.

O P contribui para o aumento da concentração de alcalóides na beladona e de substâncias aromáticas no coentro (*Coriandrum sativum* L.) e no funcho (*Foeniculum vulgare* Mill). A deficiência no solo reduz a concentração de cumarinas em chambá (*Justicia pectoralis* var *stenophilla*), mas o principal efeito da deficiência é a redução da produção de biomassa e, conseqüentemente, redução da produção global do princípio ativo (Martins *et al.*, 1998).

2.5 Resultados de trabalhos com calêndula

Estudo realizado por Polatto *et al.* (1999) indicou que a extração de macronutrientes (mg planta⁻¹) pelas raízes de calêndula, durante o ciclo de 60 dias foi: N – 57,404; P – 2,842; K – 58,945; Ca – 22,177; Mg – 12,440 e S – 19,402 e de micronutrientes: B – 0,044; Cu – 0,020; Fe – 0,138; Mn – 0,067 e Zn – 0,024, enquanto a parte aérea extraiu (mg planta⁻¹): N – 170,961; P – 32,742; K – 149,586; Ca – 75,647; Mg – 37,463; S – 53,843; B – 0,463; Cu – 0,184; Fe – 1,946; Mn – 0,895 e Zn – 0,283.

A altura de plantas de calêndula, cultivadas em solução nutritiva, em casa de vegetação foi reduzida de 44,8cm, na solução completa, para 12,4; 13,6; 16,9 e 15,7, respectivamente, na ausência de N, P, K e B. O comprimento das raízes foi reduzido na ausência de cálcio. A produção de massa fresca e seca da parte aérea e de raiz também decresceram na ausência dos mesmos nutrientes (Abreu *et al.*, 1999).

Vieira *et al.* (1999) observaram que a altura média final das plantas de calêndula variou de 29,9 a 39,9cm, quando cultivadas, respectivamente, com 0t ha⁻¹

de cama-de-aviário + 50kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 7t ha⁻¹ de cama-de-aviário + 100kg ha⁻¹ de P₂O₅. As maiores produções de massa fresca (1.794,7kg ha⁻¹) e de massa seca (240,96kg ha⁻¹) de capítulos florais foram obtidas com o uso de 14t ha⁻¹ de cama-de-aviário, sem uso de fósforo. Os capítulos com maior massa (0,18g), embora em menor número (9,63 por planta), resultaram do uso de 50kg ha⁻¹ de P₂O₅, sem adubação orgânica. O maior número de capítulos (23,78 por planta) foi obtido com 100kg ha⁻¹ de P₂O₅, que foi superior em 11,75% e 175,94% em relação à testemunha e 50kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.

Nordestgaard (1988) constatou que o uso de 40kg ha⁻¹ de N, em relação à testemunha, propiciou aumento significativo na produção de sementes (diásporos) de calêndula, mas com o aumento para 60kg ha⁻¹, não houve ganhos significativos. Estudando as doses de 10, 20 e 40g m⁻² de N (uréia) e 15 e 30g m⁻² de P₂O₅ (superfosfato simples), mais 10g m⁻² de K₂O e 5kg m⁻² de esterco de curral, Barman e Pal (1994) observaram que a altura de plantas, o número e a massa de 1.000 sementes de calêndula aumentaram com o N. O maior número de folhas por planta (146,10) foi obtido com a utilização de 40g m⁻² de N e 30g m⁻² de P₂O₅ e o menor (32,37), na ausência de N e de P. Também, a maior produção de sementes (180g parcela⁻¹, comparada com 73,3g na testemunha) e a massa de 1.000 sementes (8,54 g) foram obtidos com o uso das maiores doses de N e de P.

Mouat (1983) observou que as deficiências de N e de P₂O₅ induziram redução da CTC e aumento do crescimento relativo das raízes de calêndula. Usando 25 e 50kg ha⁻¹ de P₂O₅; 50 e 100kg ha⁻¹ de N, Sigedard *et al.* (1991) obtiveram com 100kg ha⁻¹ de N o maior número de folhas, de ramos e de massa de inflorescências; com 100kg ha⁻¹ de N, na presença de 50kg ha⁻¹ de P₂O₅, houve aumento do número e massa das inflorescências. A resposta ao N e P foi linear.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação com a calêndula, no período entre março a julho de 2001, do Núcleo Experimental de Ciências Agrárias (NCA), da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), em Dourados-MS. A cidade localiza-se entre as coordenadas geográficas de 22°12' de latitude Sul e 54°56' de longitude Oeste e a uma altitude de 452m.

O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Distroférrico (Embrapa, 1999), sob vegetação natural de cerrado, coletada na área do Aeroporto de Dourados, na camada de 0-20 cm, que foi secada ao ar, destorroada, passada em peneira com malha de 2mm e analisada quanto às características químicas e físicas, no Laboratório de Solos do NCA/UFMS. A análise granulométrica realizada com dispersão total usando como dispersante o hidróxido de sódio 1 mol L⁻¹, apresentou 730g kg⁻¹ de argila, 130g kg⁻¹ de silte e 140g kg⁻¹ de areia e as características químicas, de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (1997) foram: pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) = 4,4; M.O.= 16,9g dm⁻³; de P (Mehlich 1) = 4,0mg dm⁻³ e K = 0,49; Ca = 1,83; Mg = 1,23; Al = 0,67; H+Al = 5,92; SB = 3,55; CTC = 9,47cmol_c.dm⁻³ e V% = 37,5.

O experimento foi realizado em vasos, com capacidade para 3,5kg de terra, passada em peneira 4mm, sendo que cada um constituiu uma parcela. Os fatores estudados foram: cinco doses de N (0, 73, 146, 219 e 292 mg vaso⁻¹ de N), fornecido a partir da uréia e cinco doses de P (0, 73, 146, 219 e 292 mg vaso⁻¹ de P₂O₅), tendo como fonte o superfosfato triplo. As doses de N e P por vaso foram calculadas de maneira a fornecer 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N e P₂O₅. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com os tratamentos arranjos num esquema fatorial 5 x 5, com quatro repetições.

Com base nos resultados da análise do solo, foi realizada a calagem, aplicando-se 4,5 g vaso⁻¹ de calcário dolomítico finamente moído, quantidade necessária para elevar a saturação por bases a 70%, sendo que os vasos foram incubados por 45 dias.

A produção de mudas de calêndula foi efetuada em bandejas de polietileno, utilizando-se “sementes” (diásporos) obtidas de plantas cultivadas no ano anterior, no Horto de Plantas Medicinais do NCA.

Após o período de incubação, quando as plântulas tinham cerca de 20 dias de ciclo e altura aproximada de 10cm, foi realizado o transplante de quatro plântulas para cada vaso. Após o pegamento das plântulas, foram aplicados o N e o P, nas doses indicadas nos tratamentos, sendo que para o N foi aplicado 1/3 da dose e o restante 25 dias após, em cobertura. Além da adubação nitrogenada e fosfatada, foi aplicado, no dia da primeira aplicação do N, 87,5mg vaso⁻¹ de K₂O, utilizando-se o cloreto de potássio. Os micronutrientes foram fornecidos em uma solução nutritiva contendo, em mg L⁻¹: B - 0,5; Mn - 0,5; Zn - 0,05; Cu - 0,02; Mo - 0,01 e Fe - 5,0, aplicando 25mL vaso⁻¹. Por ocasião da adubação, foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso.

A umidade dos vasos foi mantida ao redor de 70% da capacidade de campo, aferida semanalmente, através de pesagens dos vasos. Utilizou-se água destilada, por meio de gotejamento

No transcorrer do experimento foi necessária a aplicação de fungicida (Benomyl - 0,7g L⁻¹ de água), para o controle de fungos apodrecedores do colo da planta, além do inseticida Calipso 480 SC (1mL L⁻¹ de água), em decorrência do aparecimento de mosca branca.

3.1 Características avaliadas

- Altura de plantas

As alturas das plantas foram medidas com régua, graduada em cm, no momento das colheitas dos capítulos, entre 60 e 94 dias após o transplante, colocada desde o nível da terra até o ápice dos capítulos, posteriormente, fez-se a média das alturas das plantas por vaso.

- Massa fresca e massa seca das plantas e dos capítulos florais

Foram feitas coletas diárias dos capítulos florais, cujas flores liguladas encontravam-se na posição horizontal, no período de 60 até 94 dias após o transplante. Por ocasião da última colheita de capítulos, cortaram-se as plantas inteiras rente ao solo. Foi feita a pesagem, para a determinação da produção de massa fresca e, em seguida, os capítulos e as plantas foram lavados com água destilada, colocados em estufa com circulação de ar forçado a 65°C, até massa constante, pesados, obtendo-se assim a produção de massa seca. O material seco foi triturado em moinho tipo Willey, acondicionado em sacos plásticos e identificados, para posterior análise química.

- Determinação dos teores de N e P na parte aérea e nos capítulos

Foram analisados os teores de N e de P na da parte aérea (folhas+escapos florais) e capítulos, em extratos obtidos através da digestão sulfúrica para o N e nítrico-perclórica para o P. Após a digestão, foi realizada a determinação do N pelo método microKjeldhal e colorimétrico por vanadato molibdato para o P (Malavolta *et al.*,1997).

- Determinação do acúmulo de N e P na parte aérea e nos capítulos

A quantidade de N e P acumulada na parte aérea e nos capítulos foi calculada multiplicando-se a quantidade de massa seca produzida pelos respectivos teores dos nutrientes.

Os dados de todas as características avaliadas foram submetidos à análise de variância, até 10% de probabilidade. Com as médias dos dados foram ajustadas equações de regressão, para se estudar os efeitos dos tratamentos, cujas características mostraram-se significativas pela análise de variância. Empregaram-se polinômios ortogonais e a significância dos modelos e seu efeito foi testado pelo teste F, até 10% de probabilidade (Banzatto e Kronka, 1989).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Altura de plantas

O N e o P influenciaram significativamente a altura das plantas (Quadro 1). A altura das plantas na fase reprodutiva cresceu linearmente com as doses de N, de 28,82 até 39,24cm (Figura 1). Barman e Pal (1994) verificaram que o aumento de N proporcionou aumento na altura de plantas de calêndula.

Por outro lado, verificou-se que houve queda na altura das plantas, com um mínimo de 31,95cm, quando a dose de P_2O_5 foi de $95,19mg\ vaso^{-1}$, provavelmente, devido a um menor crescimento de raízes sob pequenas doses de P; depois, a altura foi crescente com adição de até de $292mg\ vaso^{-1}$ de P_2O_5 (Figura 2), confirmando as citações de Margonari *et al.* (1999), que verificaram que a omissão de N foi mais limitante ao crescimento de calêndula, seguidas pelo P e K.

Quadro 1. Resumo da análise de variância referente a altura de plantas de calêndula em função de doses de N e P.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio
		Altura de plantas
N	4	379,1926**
P	4	136,6492 ^o
N x P	,16	57,0114 ^{ns}
Resíduo	75	56,7744
Média Geral		34,0267
C.V.(%)		22,14

^o; **: significativo a 10 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns: não significativo

Embora o crescimento das plantas seja padrão característico de cada espécie, em plantas deficientes em P, o crescimento é retardado (Marschner, 1995) e segundo Cromer *et al.* (1993), tal deficiência provoca redução na área foliar,

limitando a capacidade fotossintética, o tamanho das folhas e/ou a alongação celular e a síntese de ATP.

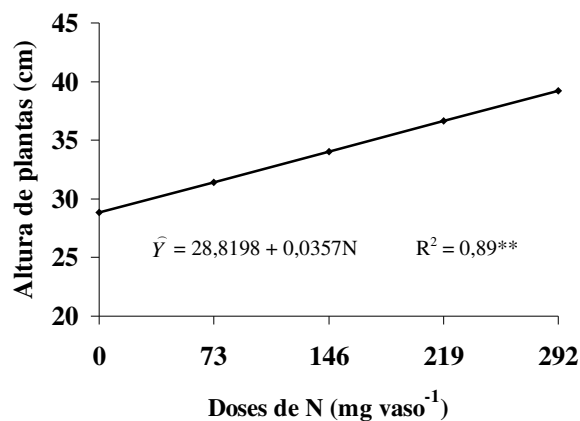


Figura 1. Altura média de plantas de calêndula na fase reprodutiva, em função de doses de N, na média de doses de P.

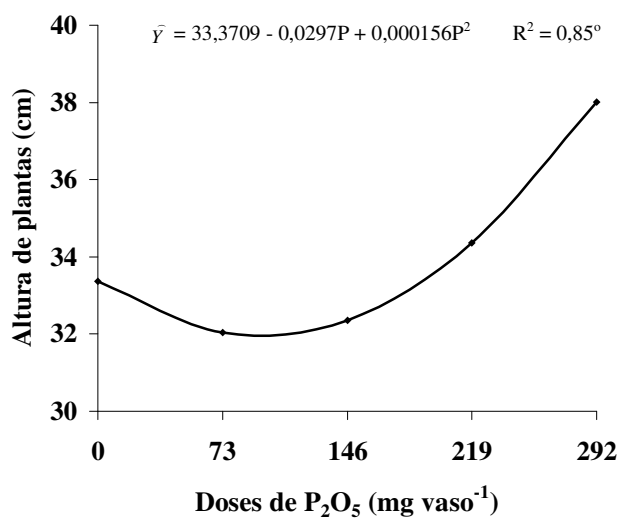


Figura 2. Altura média de plantas de calêndula na fase reprodutiva, em função de doses de P₂O₅, na média de doses de N.

Em experimento realizado em condições de campo, Vieira *et al.* (1999) obtiveram altura de 39,9cm para plantas de calêndula com a adição de 50kg ha⁻¹ de P₂O₅, na presença de 7t ha⁻¹ de cama-de-aviário. Esses dados concordam com os

obtidos nesse experimento, pois verificou-se que com a adição de 292mg vaso⁻¹ de P₂O₅, a altura de plantas foi de 39,9cm.

4.2 Produção de massa fresca e massa seca da parte aérea

Observou-se efeito do N e P na produção de massa fresca e massa seca da calêndula (Quadro 2).

Quadro 2. Resumos das análises de variância referentes à produção de massas frescas e secas da parte aérea de calêndula (g vaso⁻¹), em função de doses de N e P.

Causas de variação	G.L.	Quadrados médios	
		Massa fresca	Massa seca
N	4	141,2773**	11,2868**
P	4	136,8755**	38,8031**
N x P	16	28,7614*	4,4753**
Resíduo	75	10,5804	1,5425
Média Geral		15,8069	6,9315
C.V.%		20,578	17,918

* ;** : significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Para as doses de 0 e 73 mg vaso⁻¹ de P₂O₅, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático. Para a dose de 146 mg vaso⁻¹, o modelo linear foi o que apresentou melhor ajuste. Já, para a dose de 292mg vaso⁻¹ de P₂O₅, a máxima produção de massa fresca (23,20g vaso⁻¹) foi obtida na presença de 216,33mg vaso⁻¹ de N (Figura 3).

A análise dos dados de produção de massa seca da parte aérea revelou significância estatística (p<0,01) para a interação (Quadro 2). Com a dose de 292mg vaso⁻¹ de P₂O₅, na presença de 223,90mg vaso⁻¹ de N, atingiu-se a produção máxima de 10,17g vaso⁻¹ de massa seca de parte aérea de calêndula. Com a adição de 87,89mg vaso⁻¹ de N obteve-se a produção mínima de 7,93g vaso⁻¹ (Figura 4).

Conforme se aumentaram as doses de N aplicadas, a produção de massa seca foi aumentando até atingir o ponto de máximo; a partir daí, houve decréscimo na produção, o que pode ser devido a um antagonismo entre N e P.

Verificou-se, na ausência de N, para todas as doses de P, baixa produção de massa fresca e massa seca. O N favorece o crescimento vegetativo proporcionando aumento da área foliar e, conseqüentemente, aumento na produção de massas frescas e secas (Scheffer, 1992). Mattos (1996) afirmou que a adubação nitrogenada é importante para incrementar o desenvolvimento da planta, sendo a sua deficiência caracterizada por redução no crescimento e no tamanho das folhas, diminuindo, portanto, a produção de massas frescas e secas (Marschner, 1995).

Os resultados obtidos nesse experimento demonstram a importância do N e P para a calêndula, devido à função dos elementos na fotossíntese, pois folhas bem supridas em N e P são mais eficientes na captação da energia solar, têm maior capacidade de assimilar CO₂ e sintetizar proteínas e carboidratos, influenciando o crescimento e desenvolvimento da planta e resultando, conseqüentemente, em maior acúmulo de biomassa (Faquin, 1994; Marschner, 1995)

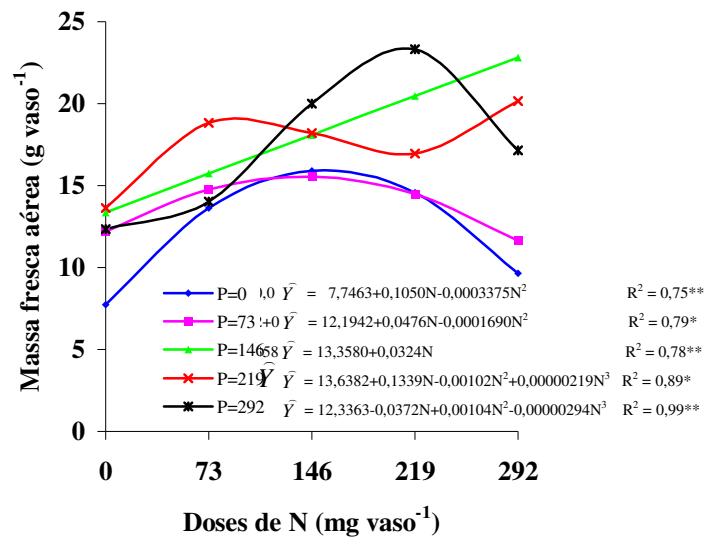


Figura 3. Produção de massa fresca da parte aérea da calêndula em função de doses de N, após 94 dias do transplante, dentro de cada dose de P aplicada.

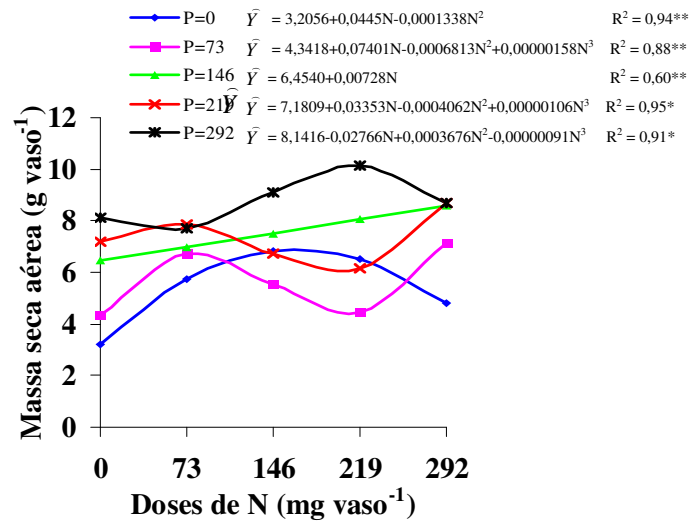


Figura 4. Produção de massa seca da parte aérea da calêndula em função de doses de N, após 94 dias do transplante, dentro de cada dose de P aplicada.

4.3 Produção de massa fresca e massa seca de capítulos

Para a produção de massa fresca e massa seca de capítulos, observou-se efeito da interação de N e P (Quadro 3). Para todas as doses de N, exceto a 292mg vaso⁻¹, não se alcançou a dose de P que induzisse a produção máxima das massas frescas dos capítulos florais (Figura 5). Com a adição de 292mg vaso⁻¹ de N, a produção máxima de massa fresca foi de 4,01g vaso⁻¹, na presença de 185,13mg vaso⁻¹ de P₂O₅.

Resultados semelhantes foram obtidos por Mapeli *et al.* (2001) que verificaram que a maior produção de massa fresca de capítulos de calêndula cultivada em solução nutritiva (4,33g vaso⁻¹) foi obtida com os níveis de 420mg L⁻¹ de N, na presença de 62mg vaso⁻¹ de P₂O₅.

Quadro 3. Resumo das análises de variância referentes à produção de massas fresca e seca de capítulos de calêndula (g vaso⁻¹), em função de doses de N e P.

Causas de variação	G.L.	Quadrados médios	
		Massa fresca	Massa seca
N	4	141,2773**	11,2868**
P	4	136,8755**	38,8031**
N x P	16	28,7614*	4,4753**
Resíduo	75	10,5804	1,5425
Média Geral		15,8069	6,9315
C.V.%		20,578	17,918

* ,** : significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A produção de massa seca dos capítulos foi menor com o aumento das doses de N, para as doses mais baixas de P. Provavelmente devido a um antagonismo do N em relação ao P. Por outro lado, na dose máxima de P (292mg vaso⁻¹ de P₂O₅), a aplicação das doses maiores de N promoveu queda acentuada no

rendimento (Figura 6). Ocorreu produção máxima de massa seca de capítulos (1,48g vaso⁻¹) com a adição de 206,94mg vaso⁻¹ de N.

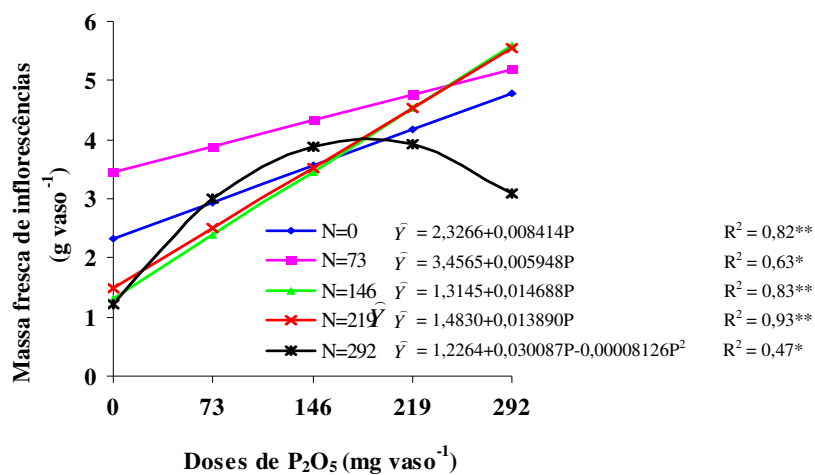


Figura 5. Produção de massa fresca de capítulos florais de calêndula em função de doses de N, dentro de cada dose de P aplicada.

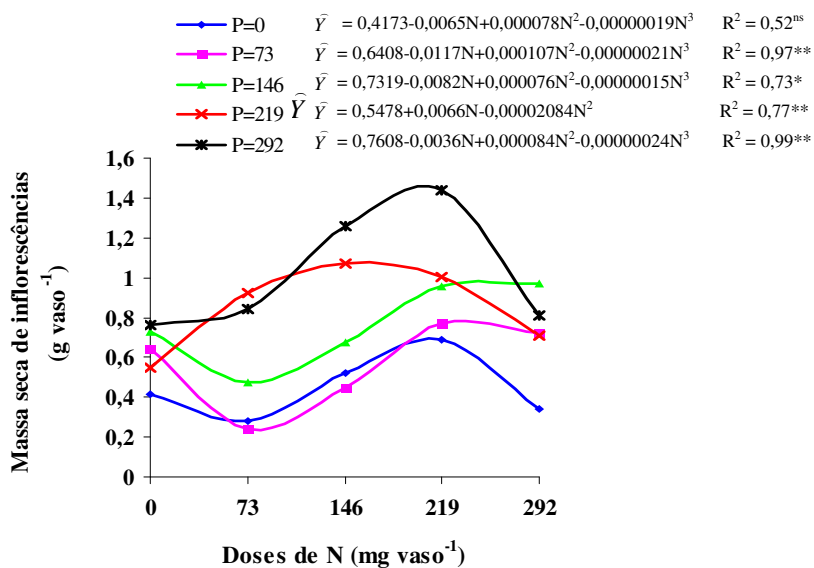


Figura 6. Produção de massa seca de capítulos florais de calêndula em função de doses de N, dentro de cada dose de P aplicada.

4.4 Teor de nitrogênio e fósforo na parte aérea de calêndula

Para o teor de N na parte aérea, houve significância estatística para a interação N x P (Quadro 4). De acordo com as Figuras 3 e 4, observou-se maior crescimento da calêndula nas doses de P 146, 219 e 292 mg vaso⁻¹ de P₂O₅, com o aumento das doses de N. Por isso, as concentrações de N na parte aérea foram mais baixas para as mesmas doses de P, provavelmente devido a um efeito de diluição.

Quadro 4. Resumo das análises de variância referentes aos teores (g kg⁻¹) de N e de P na parte aérea de calêndula, em função de doses de N e P.

Causas de variação	G.L.	Quadrados médios	
		Teor de N	Teor de P
N	4	115,62522**	0,33626**
P	4	55,31388**	0,88245**
N x P	16	19,16789 ^o	0,06759ns
Resíduo	75	11,40470	0,06055
Média Geral		16,77330	0,91960
C.V.%		20,134	26,759

^o; **: significativo a 10% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F. ns: não significativo

Em relação ao teor de P, como não houve efeito da interação estudaram-se os fatores separadamente (Figuras 8 e 9). Verificou-se que a adição de N até a dose de 97,07mg vaso⁻¹ proporcionou decréscimo no teor foliar de P, para em seguida induzir ao aumento sem, contudo, atingir um ponto de máximo, indicando que com a adição de doses maiores de N, possivelmente, o teor de P será maior. O decréscimo no teor foliar de P pode ser explicado pelo efeito de diluição, pois, o acréscimo no teor do elemento na planta proporcionou aumento na produção de massa fresca e massa seca, acarretando, conseqüentemente, diminuição no teor foliar (Malavolta *et al.*, 1997). Por outro lado, com a adição de P, houve aumento no

teor deste na parte aérea da planta, atingindo o ponto de máximo teor ($1,10\text{g kg}^{-1}$) na presença de $266,64\text{mg vaso}^{-1}$ de P_2O_5 (Figura 9).

Mapeli *et al.* (2001) obtiveram maiores teores de N e P na parte aérea de calêndula, à medida que se aumentaram as doses de N e P.

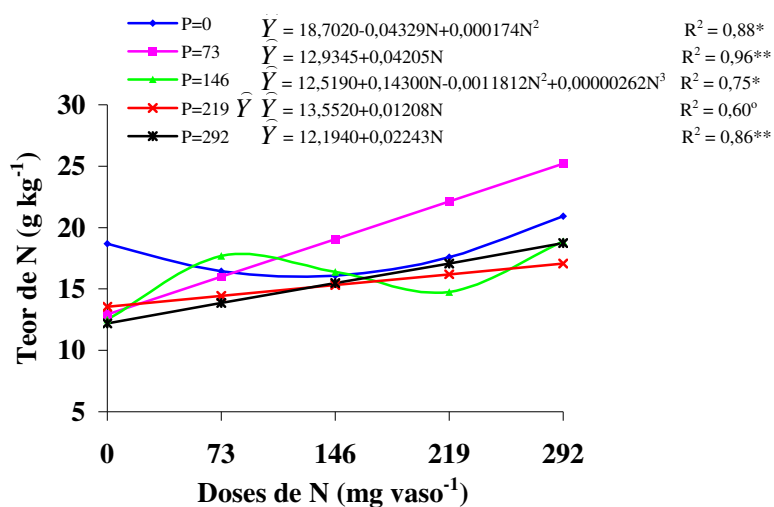


Figura 7. Teor de N na parte aérea de calêndula em função de doses de N, dentro de cada dose de P aplicada.

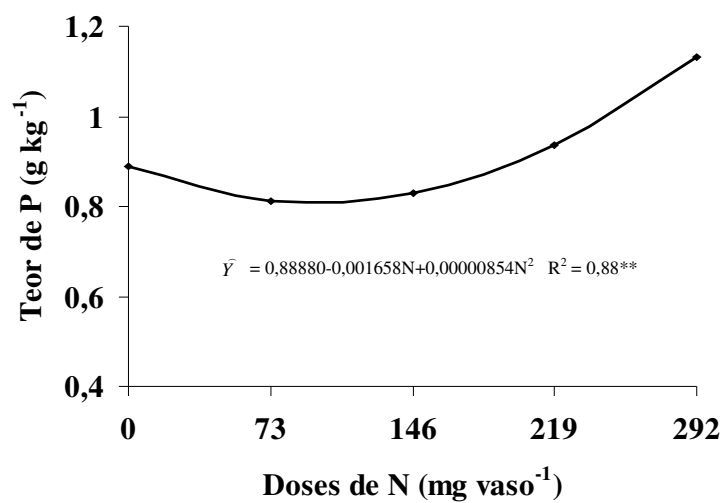


Figura 8. Teor de P na parte aérea de calêndula em função de doses de N, na média de doses de P.

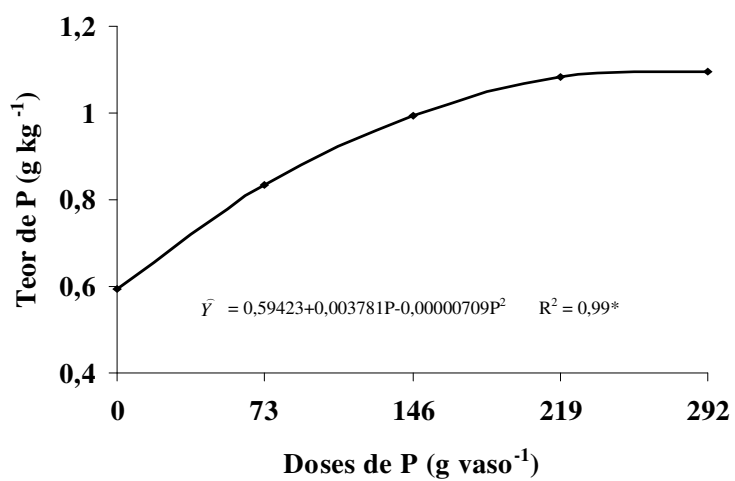


Figura 9. Teor de P na parte aérea de calêndula em função das doses de P, na média de doses de N.

4.5 Acúmulo de nitrogênio e fósforo na parte aérea de calêndula

A interação N x P influenciou significativamente os acúmulos de N e P na parte aérea da calêndula (Quadro 5).

Exceto na testemunha, o aumento do N no solo proporcionou maior acúmulo de N e P na calêndula. Isso ocorreu, possivelmente, devido ao maior crescimento da planta e maior absorção dos nutrientes. Na ausência de N, o acúmulo de P foi baixo, e à medida que se aumentou N, aumentou-se também o acúmulo de P.

Quadro 5. Resumo das análises de variância referentes ao acúmulo (mg vaso⁻¹) de N e de P na parte aérea de calêndula, em função de doses de N e P.

Causas de variação	G.L.	Quadrados médios	
		Acúmulo de N	Acúmulo de P
N	4	16.978,0494**	40,0581**
P	4	4.586,4379**	134,5678**
N x P	16	1.702,8818**	7,6521*
Resíduo	75	577,3923	3,8769
Média Geral		113,5781	6,6039
C.V.%		21,156	29,816

*; **: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns: não significativo

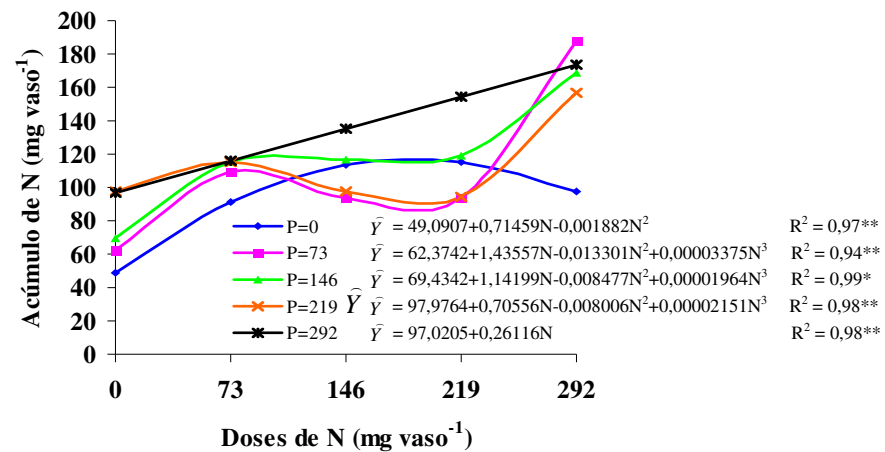


Figura 10. Acúmulo de N na parte aérea de calêndula, em função de doses de N, dentro de cada dose de P aplicada.

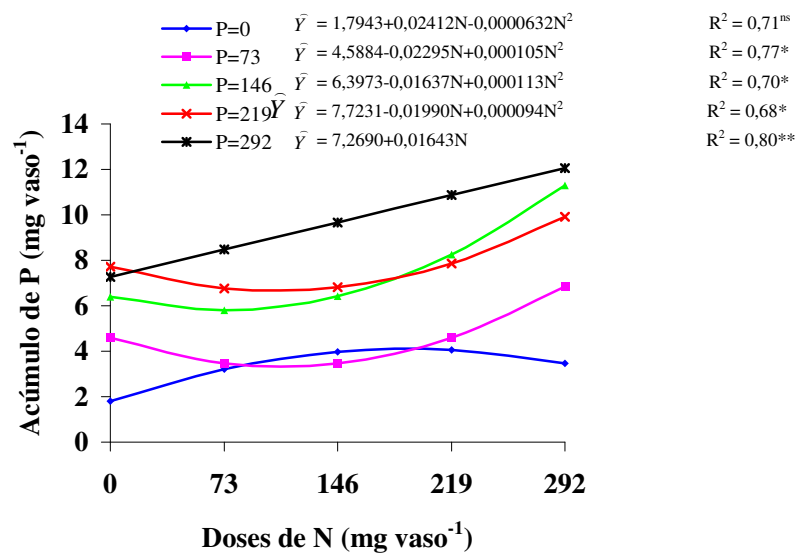


Figura 11. Acúmulo de P na parte aérea de calêndula, em função de doses de N, dentro de cada dose de P aplicada.

4.6 Teor de nitrogênio e fósforo nos capítulos de calêndula

Para o teor de N nos capítulos, a análise de variância indicou significância para a interação N x P (Quadro 6).

Os teores de N, de forma geral aumentaram com as doses de N no solo. Na dose de N de 292mg vaso⁻¹, os teores mais baixos corresponderam às maiores doses de P, possivelmente devido ao maior crescimento da calêndula e a um efeito de diluição, sendo que o teor máximo foi 27,54g kg⁻¹ na presença de 251,20mg vaso⁻¹ de N (Figura 12). Observou-se que com a adição de 73mg vaso⁻¹ de P₂O₅, o teor de N nos capítulos foi aumentando sem, contudo, atingir o ponto de máximo, indicando que a adição de maiores doses de N implicariam em maior absorção de N, na presença daquela dose de P.

Quadro 6. Resumo das análises de variância referentes ao teor (g kg⁻¹) de N e P nos capítulos de calêndula, em função de doses de N e P.

Causas de variação	G.L.	Quadrados médios	
		Teor de N	Teor de P
N	4	90,6115**	6,1805**
P	4	11,6782 ^{ns}	1,2640**
N x P	16	31,7113**	0,7969**
Resíduo	75	12,8047	0,1414
Média Geral		25,7590	3,1714
C.V.%		13,892	11,856

** : significativo a 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F. ns: não significativo

Da mesma forma que o nitrogênio, no geral, os teores de P aumentaram com as doses de N no solo. Verificou-se, que nas doses 0 e 146mg vaso⁻¹ de P₂O₅, o teor de P nas folhas incrementou com o aumento na dose de N até atingir ponto de máximo (3,34 e 3,76g kg⁻¹), na presença de 200,61 e 187,71mg vaso⁻¹ de N, respectivamente, para, em seguida, decrescer com o aumento na dose de N. Na dose

de 219mg vaso⁻¹ de P₂O₅, houve um ponto de mínimo para o teor de N (2,86g kg⁻¹), na presença de 102,14 mg vaso⁻¹ de N; em seguida ocorreu incremento com o aumento da dose de N, sem contudo atingir ponto de máximo, indicando que, possivelmente, aumentando-se a dose de N haveria aumento no teor de P nos capítulos florais. Com a aplicação de 292 mg vaso⁻¹ de P₂O₅, observou-se que, com o aumento na dose de N, provavelmente, ter-se-ia aumento no teor de P (Figura13). Verificou-se que os maiores teores de P foram obtidos nas maiores doses de N, indicando translocação do nutriente para o capítulo.

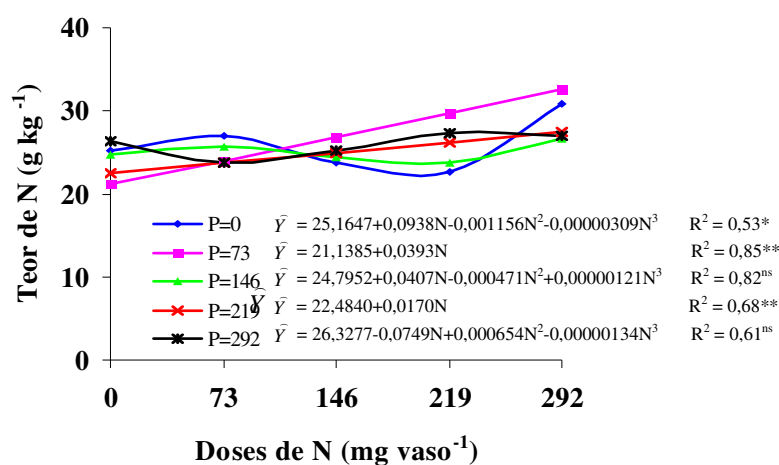


Figura 12. Teor de N nos capítulos florais de calêndula em função de doses de N, dentro de cada dose de P aplicada.

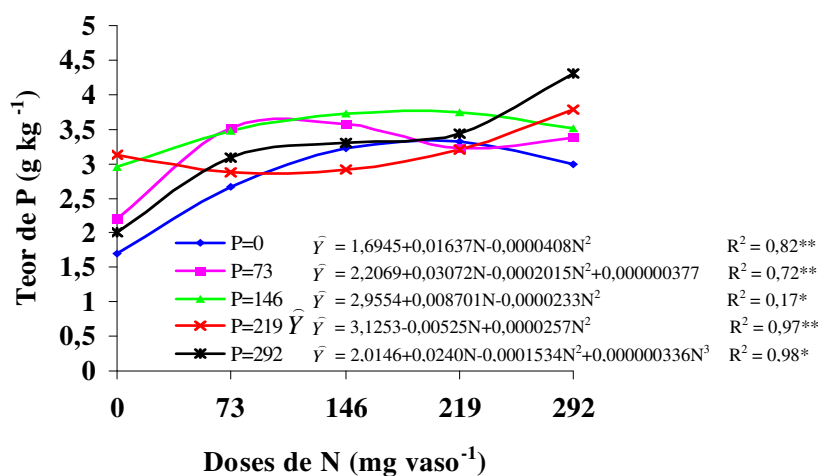


Figura 13. Teor de P nos capítulos florais de calêndula em função de doses de N, dentro de cada dose de P aplicada.

4.7 Acúmulo de nitrogênio e fósforo nos capítulos de calêndula

Observou-se efeito significativo ($p < 0,01$) da interação N x P, para o acúmulo de N e P nos capítulos florais da calêndula (Quadro 7). O acúmulo de N atingiu o máximo de $39,26 \text{ mg vaso}^{-1}$ com a adição de $212,515 \text{ mg vaso}^{-1}$ de N, na presença de 292 mg vaso^{-1} de P_2O_5 . Este maior acúmulo de N e P nos capítulos se deve ao fato da planta ter crescido mais na presença dessas doses, acompanhando, assim, o crescimento das plantas. Com a adição das demais doses de P, os modelos que se ajustaram foram o linear e o cúbico, contudo todos apresentaram acúmulo de N inferior ao alcançado com a adição de 292 mg vaso^{-1} de P_2O_5 (Figura 14). Para P, o máximo acúmulo ($4,45 \text{ mg vaso}^{-1}$) foi obtido com a adição de $204,19 \text{ mg vaso}^{-1}$ de N, na presença de 292 mg vaso^{-1} de P_2O_5 . Por outro lado, com a adição de 0 e 219 mg vaso^{-1} de P_2O_5 , o modelo de ajuste foi o quadrático, porém com menores acúmulos de P. Já, com a adição de 73 e 146 mg vaso^{-1} de P_2O_5 , o ajuste foi linear, indicando que o ponto de máximo acúmulo não foi alcançado, podendo, portanto, com a adição de maiores doses de N, atingir maior acúmulo de P, talvez maior do que aquele alcançado com a adição de 292 mg vaso^{-1} de P_2O_5 (Figura 15).

Quadro 7. Resumo das análises de variância referentes ao acúmulo (mg vaso^{-1}) de N e P nos capítulos de calêndula em função de doses de N e P.

Causas de variação	G.L.	Quadrados médios	
		Acúmulo de N	Acúmulo de P
N	4	452,0212**	10,0888**
P	4	659,9849**	14,5459**
N x P	16	149,8624**	2,0180**
Resíduo	75	43,6239	0,5776
Média Geral		18,9209	2,3378
C.V.%		34,908	32,510

** : significativo a 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

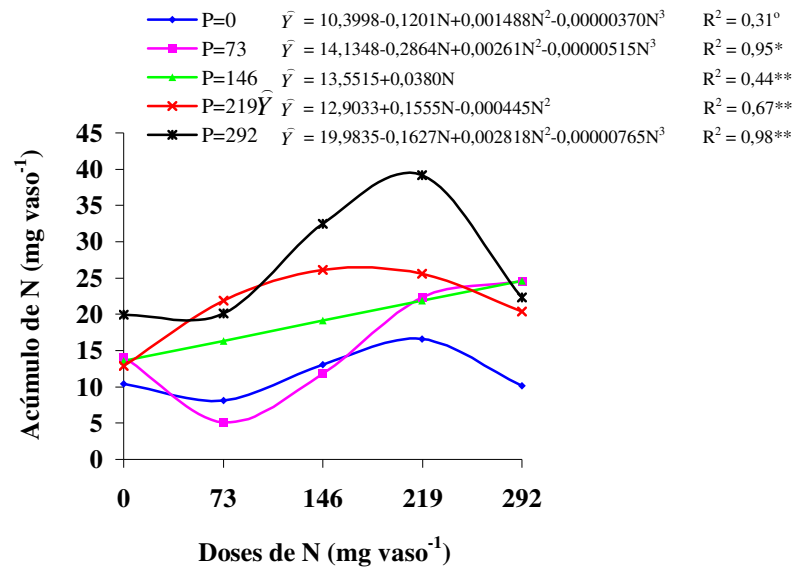


Figura 14. Acúmulo de N nos capítulos florais de calêndula, em função de doses de N, dentro de cada dose de P aplicada.

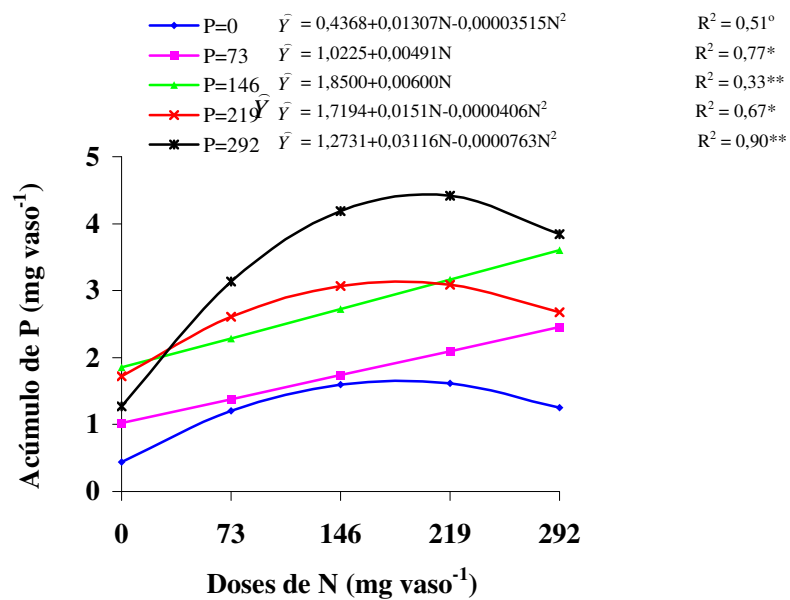


Figura 15. Acúmulo de P (mg vaso⁻¹) nos capítulos florais de calêndula, em função de N, dentro de cada dose de P aplicada.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvida a pesquisa, os resultados obtidos permitem concluir que:

A adição de N e P aumentou a altura das plantas, as produções de massa fresca e massa seca da parte aérea e de capítulos florais da calêndula, bem como induziu o aumento dos teores de N e P na parte aérea e nos capítulos, com o conseqüente aumento no acúmulo desses nutrientes na planta.

Os maiores aumentos nos rendimentos de massa seca da parte aérea e dos capítulos, ocorreram, no geral, na dose de 292mg vaso^{-1} de P_2O_5 , na presença das doses mais elevadas de N.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R.M. de; GLINSKI, F.; TEIXEIRA, N.T. Deficiência nutricional avaliada pela análise química de tecidos e sintomas visuais em calêncula (*Calendula officinalis* L.) cultivada em solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. Ciência do solo e qualidade de vida. **Anais...**Brasília:SBCS, 1999. 9 par. CD-ROM. Seção trabalhos.

AKIHISA, T.; YASUKAWA, K.; OINUMA, H.; KASAHARA, Y.; YAMANOUCI, M.T.; KUMAKI, K.; TAMURA, T. Triterpene alcohols from the flowers of compositae and their anti-inflammatory effects. **Phytochemistry**, v.43, n.6, p.1255-1260, 1996.

BANZATTO, D. A .; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: FUNEPE, 1989. 247p.

BARMAN, D.; PAL, P. Effect of nitrogen and phosphorus on seed yield in calendula (*Calendula officinalis* L.). **Orissa Journal of Agricultural Research**, v.7, p.17-21, 1994.

BERTONI, B.W.;DAMIÃO FILHO, C.F.; MORO, J. R.; PEREIRA, A .M.S.; FRANÇA, S.C. Estudo da viabilidade dos diásporos de *Calendula officinalis*. In: SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO BRASIL, 15, 1998, Águas de Lindóia. **Programas e Resumos..** Águas de Lindóia: SBPM, 1998. p.181.

BONTEMPO, M. **Medicina natural**. São Paulo: Nova Cultural, 1994. 584p.

BOTEON, R.G.; TEIXEIRA, N.T. Sintomas de deficiência de macronutrientes, B e Zn em calêndula (*Calendula officinalis* L.). **Ecossistema**, v.20, p.170-72, 1995.

CAPELLARI Jr., L. **Plantas medicinais e aromáticas**: história, botânica, propagação e cultivo. Piracicaba: 1997. 72p.

CASTRO, L.O.; CHEMALE, V.M. **Plantas medicinais, condimentares e aromáticas** : descrição e cultivo. Guaíba: Agropecuária, 1995. 196p.

CORRÊA JUNIOR, C.; MING, L.C.; SCHEFFER, M.C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. Curitiba: EMATER-PR, 1991. 162p.

CORREA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1984. v.5.

CROMER, J.; KRIEDEMANN, P.E., SANDS, P.J.; STEWART, L.G. Leaf growth and photosynthetic response to nitrogen and phosphorus in seedling trees of *gmelina arborea*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.20, n.1, p.83-98, 1993.

DELLA LOGGIA, R.; TUBARO, A .; SOSA, S.; BECKER, H.; SAAR, S.; ISAAC, O . The role of triterpenoides in the topical inflammatory activity of *Calendula officinalis* flowers. **Planta Medica**, v.60, n.6, p.516-520, 1994.

DUKE, J.A. **Handbook of medicinal herbs**. Flórida: CRC, 1985. 677p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro), RJ). **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS, Documentos, 1).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL – Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 1994. 227p.

FONT QUER, P. **Plantas medicinales: el dioscórides renovado**. Espanha: Editorial Labor, 1993. 3v. il.

FURLAN, M.R. **Cultivo de plantas medicinais**. Cuiabá: SEBRAE, 1998. 137p.

GOTTLIEB, O .R.; MORS, N. N. Potential utilization of Brazilian wood extratives. **Journal of Agricultural and food Chemistry**, v.28, p.196, 1980.

HERTWIG, I.F. von. **Plantas aromáticas e medicinais: plantio, colheita, secagem, comercialização**. São Paulo: Ícone. 1986. 441p.

HOEHNE, F.C. **Plantas e substâncias vegetais tóxicas e medicinais**. 2.ed. São Paulo: Novo Horizonte, 1978. 355p.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas ornamentais do Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. Nova Odessa-SP: Plantarum, 1995. 720p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, C.G.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MAPELI, N. C.; TOLENTINO JR., C. F.; GARCIA, A . H.; MARCHETTI, M.E. Marcha de absorção de nitrogênio e fósforo pela calêndula. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina. **Anais...Ciência do solo: fator de produtividade competitiva com sustentabilidade**. Londrina: SBCS, 2001. p.185.

MARGONARI, R. A.; MIGLINSKI, F. D.; TEIXEIRA, N. T. Deficiência nutricional avaliada pela análise química de tecidos e sintomas visuais em calêndula (*Calendula officinalis* L.) cultivada em solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Anais...Ciência do solo, qualidade de vida.** Brasília: SBCS/EMBRAPA-Cerrados, 1999. CD-ROM.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic Press, 1995. 902 p.

MARTINS, E.R.; CASTRO, D.M.; CASTELLANI, D.C.; DIAS, J. E. **Plantas medicinais.** 2.ed. Viçosa: UFV – Imprensa Universitária. 1998, 220p.

MATTOS, J. K. A. **Plantas medicinais: aspectos agronômicos.** Brasília: Gráfica Gutenberg, 1996. 51p.

MOUAT, M.C.H. Competitive adaptation by plants to nutrient shortage through modification of root growth and surface change. **New Zealand Journal of Agriculture Research**, v.26, n.3, p.327-332, 1983.

NORDESTGAARD, A. Trials with calendulas for seed production. **Tidsskrift for Planteavl**, v.92, n.3, p.1719-1721, 1988.

NOVAES, R.F.; SMITH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa: UFV DPS, 1999. 399p.

PANIZZA, S. **Plantas que curam: cheiro de mato.** São Paulo:IBRASA, 1997. 279p.

POLATTO, A.M.; TAVARES, M.A.G.; TEIXEIRA, N.T. Extração de nutrientes pela cultura da calêndula (*Calendula officinalis* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Anais... Ciência do solo, qualidade de vida.** Brasília: SBCS/EMBRAPA-Cerrados, 1999. CD-ROM.

SCHEFFER, M.C. Roteiro para estudo de aspectos agronômicos das plantas medicinais selecionadas pela fitoterapia do SUS-PR/CEMPAR. **SOBInforma**, Curitiba, v.10, n.2, p.29-31, 1992.

SIGEDAR, P.D.; ANSERWADEKAR, K.W. e RODGE, B. M. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on growth and yield of *Calendula officinalis* L. **South Indian Horticulture**, v.39, n.4, p.308-11, 1991.

SILVA Jr, A. A. **Plantas medicinais.** Itajaí-SC. 1999. CD-ROM.

SIMÕES, C.M.O. **Plantas da medicina popular no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1989. 174p.

VENIKAR, A .D.; JANDGE, C. R. Antimicrobial activity of *Calendula officinalis*. **Indian Journal of Indigenous Medicines**, v.9, n.1-2, p.41-44, 1993.

VIEIRA, M.C.; HEREDIA Z., N. A .; RAMOS, M.B.M. Crescimento e produção de capítulos de *Calendula officinalis* L., em função de cama-de-aviário semi-decomposta e de fósforo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.1, n.2, p.45-51, 1999.

ZITTERL- EGLSEER, K.; SOSA,S.; JURENITSCH, J.; SCHUBERTZSILAVECZ, M.; DELLA LOGGIA, R.; TUBARO, A.; BERTOLDI, M.; FRANZ, C. Anti-oedematous activities of the main triterpendiol esters of marigold (*Calendula officinalis*). **Journal of Ethnopharmacology**, v.57, n.2, p.139-144, 1997.