

ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES EM CULTIVARES DE MILHO ORIGINÁRIAS DE CLIMA TROPICAL E INTRODUZIDAS DE CLIMA TEMPERADO

AILDSON PEREIRA DUARTE¹, JORGE DE CASTRO KIEHL², MARCOS ANTÔNIO FABIANO DE CAMARGO³, PAULO CÉSAR RECO⁴

¹*Pesquisador Científico, Instituto Agrônomo (IAC) APTA Médio Paranapanema, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Caixa Postal 263, CEP.19800-000 Assis, SP. E-mail: aildson@femanet.com.br (autor para correspondência).*

²*Professor Titular do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP). Piracicaba, SP.*

³*Engº Agrônomo, Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP). Piracicaba, SP.*

⁴*Engº Agrônomo, Instituto Agrônomo - APTA Médio Paranapanema. Assis, SP.*

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.2, n.3, p.1-20, 2003

RESUMO - Objetivou-se estudar o acúmulo de matéria seca (MS) e nutrientes em cinco cultivares de milho empregadas pelos produtores e contrastantes quanto à origem do germoplasma e à duração do ciclo fenológico dentro de cada grupo. Estudou-se, ainda, a distribuição da MS e dos nutrientes nas folhas, colmos e espigas. Conduziu-se o experimento em Palmital (SP), no ano agrícola 2000/01, nos sistemas de plantio direto e sequeiro. Empregaram-se três cultivares de milho originadas de clima tropical (AG 1051, BR 3123 e BRS 4157) e duas com germoplasma de clima temperado e adaptadas às condições brasileiras (DKB 212 e P32R21). Para se obter curvas de acúmulo na parte aérea, procedeu-se a amostragem de plantas de 15 em 15 dias até os 105 dias após a emergência, enquanto, para se estudar a distribuição da MS e dos nutrientes na planta, amostras foram coletadas nos estádios final do florescimento masculino e maturidade fisiológica dos grãos, em períodos específicos para cada cultivar. Estimou-se o acúmulo máximo de MS e nutrientes por meio de equações de regressão polinomial. Os teores de nutrientes decresceram com o desenvolvimento das plantas após 30 dias da emergência. Em todas as cultivares o acúmulo de nutrientes e de MS na planta atingiu valores máximos antes do estágio de maturidade fisiológica dos grãos, exceto para Fe, cujo acúmulo continuou após esse estágio. A maior parte dos nutrientes na planta foi acumulada antes do florescimento, com exceção do P, Fe e do Zn. Apenas 13% do K da planta foram acumulados após o florescimento. As cultivares introduzidas de clima temperado, em comparação com as tropicais, acumularam mais Cu em todo o ciclo e apresentaram maior acúmulo de N, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn após o florescimento, expresso como porcentagem do total acumulado. As cultivares de maior ciclo até a maturidade de grãos, AG 1051 e DKB 212, apresentaram os maiores acúmulos máximos de Mg, e estes ocorreram mais tardiamente do que nas demais. As cultivares tropicais adaptaram-se melhor às condições climáticas locais do que as temperadas e apresentaram maiores acúmulos de MS, K, Ca, Mg, B, Mn e Zn. O Ca foi o nutriente acumulado em menor quantidade na espiga, em relação às outras partes da planta, enquanto N, P, S e Zn foram os que mais se acumularam nesse órgão.

Palavras-chave: matéria seca, partição de nutrientes, teores de nutrientes, curvas de acúmulo.

ACCUMULATION OF DRY MATTER AND NUTRIENTS IN TROPICAL AND TEMPERATE MAIZE CULTIVARS INTRODUCED IN BRAZIL

ABSTRACT - The objective of this work was to obtain the accumulation curves of dry matter and nutrients of five maize cultivars grown by farmers in the state of São Paulo, Brazil, differing in respect to the origin of the germoplasm and to the maturation date within each group. The distribution of dry matter and nutrients in leaves, stalk and ears was also studied. The experiment was carried out in Palmital County during the cropping year of 2000/01 under no-till system. Three tropical maize cultivars (AG 1051, BR 3123 and BRS 4157) and two temperate cultivars adapted to the Brazilian climate (DKB 212 and P32R21) were selected. To determine the accumulation curves, plants were sampled at 15-day intervals up to the 105th day after emergence, whereas to study the distribution of dry matter and nutrients in the plant, samples were collected at the end of the male silking and at grain physiological maturity, according to each cultivar. Maximum accumulation of dry matter and nutrients was estimated by means of polynomial regression equations. Nutrient content decreased with plant growth after the 30th day from emergence. For all cultivars, nutrient and dry matter accumulation reached maximum values before the grain physiological maturity, except for Fe whose accumulation continued beyond this stage. Most of the nutrients in the plant were accumulated before silking, except P, Fe and Zn. Only 13% of K in the plant was accumulated after silking. The introduced temperate climate cultivars accumulated more Cu in the whole plant cycle and showed higher proportion of N, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn and Zn accumulating after silking, expressed as a percentage of the total amount accumulated, in comparison to the tropical cultivars. The late maturing cultivars, AG 1051 and DKB 212, showed the highest values of maximum accumulation of Mg; also, these maximum values occurred at a later period for these cultivars than for the others. The tropical cultivars were better adapted to the local warm condition than the temperate ones, and also showed higher accumulation of dry matter, K, Ca, Mg, B, Mn and Zn. Only a small proportion of Ca in the plant was accumulated in the ears, while N, P, S and Zn were mostly concentrated in this plant organ.

Key words: dry matter, nutrient fractionation, nutrient concentration, accumulation curves.

Os agricultores brasileiros têm atualmente à sua disposição elevado número de cultivares de milho com ampla diversidade genética. Muitas das cultivares modernas de milho apresentam maior introgressão de germoplasma de clima temperado e têm características diferentes daquelas tipicamente tropicais e empregadas no passado, no país. Além de apresentarem maior potencial produtivo, essas cultivares são mais precoces, de porte menor e mais uniformes (híbridos simples e triplos) em relação aos híbridos duplos que predominavam anteriormente.

A recomendação das adubações, por sua vez, é embasada nos estudos de resposta à fertilização

e na exigência nutricional da cultura. Devido principalmente aos picos de máxima absorção pela planta, a exigência das culturas por nutrientes não pode ser inferida somente a partir da extração total. Faz-se necessário o estudo da marcha de absorção dos nutrientes em função do tempo, para prever como, quando e quanto de adubo deve ser aplicado.

Questiona-se se todos esses genótipos de milho apresentam o mesmo padrão de acúmulo de nutrientes na planta. Tem sido mostrado que alguns híbridos modernos apresentam padrão de acúmulo de matéria seca (MS) e nutrientes diferente das cultivares tradicionais (Karlen *et al.*, 1988; Osaki,

1995), sendo necessário conhecer essas particularidades para se recomendar corretamente a adubação da cultura.

O acúmulo de MS do milho processa-se de forma contínua até o estágio de maturação dos grãos, existindo período de acumulação mais intensa próximo ao florescimento; depois do florescimento, ocorre também a translocação dos compostos acumulados da parte vegetativa para os grãos em formação (Hay *et al.*, 1953; Odelama & Milbourn, 1972; Furlani *et al.*, 1977).

Comparando-se o acúmulo de MS de cultivar de milho precoce em experimento realizado no Brasil (Ulloa, 1982) com o de cultivares desenvolvidas sob condições de altas populações de plantas e altas produtividades, nos Estados Unidos da América (EUA) (Karlen *et al.*, 1988), verifica-se que o padrão de partição de MS foi semelhante, mas ocorreu maior acúmulo depois do florescimento nas condições norte-americanas.

Para a maioria dos genótipos, a absorção do N é mais acentuada em período anterior ao florescimento (Sayre, 1948; Hay *et al.*, 1953) e, para alguns genótipos modernos, podem ocorrer dois picos de absorção, um antes do florescimento e outro durante o enchimento dos grãos (Karlen *et al.*, 1988). Sayre (1948) e Hay *et al.* (1953) verificaram que o acúmulo de N na planta seguiu tendência similar ao da MS, mas não idêntica, com a taxa máxima ocorrendo cerca de uma semana mais tarde que a de MS, que coincidiu com o florescimento feminino. Os valores de acúmulo de nitrogênio obtidos no Brasil por Andrade *et al.* (1975a) e Ulloa (1982) são semelhantes e inferiores, respectivamente, aos dos trabalhos norte-americanos de Sayre (1948) e Hay *et al.* (1953).

Já o acúmulo total máximo de K na planta ocorre mais cedo, em comparação aos de N e P (Sayre, 1948; Hanway, 1962; Karlen *et al.*, 1988; Andrade *et al.*, 1975a; Loué, 1963). Segundo

Karlen *et al.* (1988), o acúmulo de cálcio ocorre principalmente durante a fase vegetativa (85% do total), apesar de continuar por todo o ciclo de desenvolvimento. O acúmulo de Mg, por sua vez, foi distribuído por todo o ciclo de desenvolvimento, verificando-se grande translocação para o enchimento da espiga. De maneira semelhante, Andrade *et al.* (1975a) verificaram que a absorção de Ca foi antecipada em relação à de Mg e de S, e Vasconcellos *et al.* (1983), que o acúmulo máximo de Mg na parte aérea foi linear até a última amostragem, quando na presença de irrigação, enquanto o Ca atingiu pico máximo em período anterior à maturação. No trabalho de Karlen *et al.* (1988), o acúmulo de enxofre ocorreu durante todo o ciclo da cultura. Mais da metade do zinco foi absorvida até o estágio de florescimento, continuando a absorção até a maturação.

O acúmulo de nutrientes nos estádios iniciais de desenvolvimento, expresso em porcentagem do total acumulado em todo o ciclo, foi maior no trabalho de Karlen *et al.* (1987), em comparação aos de Sayre (1948) e Hanway (1962), considerando acúmulos de MS similares, expressos em porcentagem do total. Os autores sugeriram que o primeiro período de acúmulo de nutrientes ocorreu mais rapidamente que nos estudos anteriores, provavelmente, devido à melhoria no vigor dos híbridos nos primeiros estádios, mas também reflete o efeito de populações muito altas.

Hiroce *et al.* (1989) verificaram que a cultivar IAC Maya, representativa das primeiras variedades melhoradas de milho do Brasil (mais tardia e de maior porte), foi a que apresentou o maior acúmulo de MS, N e K na parte aérea, em virtude do maior crescimento vegetativo. Porém, não houve diferença entre o IAC 7974, um dos híbridos com maior área cultivada nos anos setentas (intermediário em ciclo e porte) e o Cargill 601 (híbrido moderno, de porte baixo e ciclo precoce), os quais

apresentaram potenciais de produção semelhantes e não demonstraram alteração no acúmulo de nutrientes.

No Brasil, a quantidade de nutrientes acumulada na planta para produzir uma tonelada de grãos é maior do que nas condições norte-americanas, devido aos menores rendimentos de grãos na planta. Nos trabalhos brasileiros de Andrade *et al.* (1975a), Furlani *et al.* (1977), Vasconcellos *et al.* (1983) e Hiroce *et al.* (1989), a estimativa da produção média de MS na parte aérea é igual a 14,2 t ha⁻¹, e a de grãos, 6,0 t ha⁻¹ (2,5 t de MS corresponderem a 1,0 t de grãos), sendo os valores médios de extração de nutrientes pela parte aérea do milho, em estágio de máximo acúmulo ou no final do ciclo da cultura, iguais a 139; 23 e 120 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente. Já nos EUA, Karlen *et al.* (1987) obtiveram produtividade média de 12 t ha⁻¹ de grãos e 24 t ha⁻¹ de MS na parte aérea (2,0 t de MS da parte aérea por 1,0 t de grãos) e extração de 239; 44 e 232 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente.

Feil *et al.* (1992) verificaram, durante período seco com irrigação suplementar, na Tailândia, que cultivares representativas de germoplasma tropical tinham menor teor de nutrientes na parte aérea do que materiais temperados europeus, porém, maior produção de MS; logo, apresentavam maior acúmulo de nutrientes. Devido ao maior índice de colheita dos materiais europeus e aos teores similares de nutrientes nos grãos, a extração dos nutrientes na colheita foi semelhante entre os genótipos.

Em experimento conduzido por Osaki (1995), no México e no Japão, para identificar diferenças na produtividade do milho em regiões temperadas e tropicais, verificou-se que a quantidade de MS e de nitrogênio acumulada pelo milho de região tropical praticamente não aumentou durante a maturação. Entretanto, no milho de clima temperado, os valores continuaram a aumentar depois do florescimento das plantas.

Ressalte-se que os valores relatados por Osaki (1995) são diferentes daqueles obtidos por Ulloa (1981), em Piracicaba (SP). Este autor verificou, para dois híbridos com características tropicais, que cerca de 55% do ¹⁵N proveniente do fertilizante foram absorvidos do solo após o florescimento. Uma possível explicação para a contradição desses resultados com o de Osaki (1995) é a variabilidade genética existente entre os genótipos tropicais.

O objetivo do presente trabalho foi estudar a curva de acúmulo de MS e nutrientes em cultivares de milho empregadas pelos agricultores e contrastantes quanto à origem do germoplasma de clima tropical e temperado e à duração do ciclo fenológico dentro de cada grupo. Outro objetivo foi avaliar o fracionamento médio desse acúmulo nas frações folhas, colmos e espigas nos estádios final do florescimento masculino e maturidade fisiológica dos grãos.

Material e Métodos

Foi desenvolvido um experimento em área sob o sistema de plantio direto, no município de Palmital, SP (S22°48'29" W50°16'00", 450 m de altitude), em Latossolo Vermelho distroférrico, textura muito argilosa (647, 220 e 133 g kg⁻¹ de argila, silte e areia respectivamente), cujas características químicas são apresentadas na Tabela 1.

Empregou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições, no esquema fatorial 4 x 5, com quatro doses de N e cinco cultivares. Empregaram-se três cultivares tipicamente originadas de clima tropical (AG 1051, BR 3123 e BRS 4157), denominadas tropicais, e duas com germoplasma de clima temperado e submetidas a programa de adaptação às condições brasileiras (XL 212 e P32R21), denominadas temperadas, com diferentes padrões de resposta ao nitrogênio (Duarte *et al.*, 1988).

TABELA 1. Características químicas do solo utilizado no experimento.

Profundidade cm	N-NH ₄ ⁺ mg Kg ⁻¹ solo	N-NO ⁻³ (¹) g dm ⁻³	M.O. pH	KCl mg dm ⁻³	P resina mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB mmol _c dm ⁻³	CTC %	V %	B %	Cu mg dm ⁻³	Fe mg dm ⁻³	Mn mg dm ⁻³	Zn mg dm ⁻³
0-20	4,11	6,46	32	5,0	36	1,7	24	10	42	36	78	46	0,23	11,1	20	55,3	1,3
20-40	2,94	9,10	20	5,0	5	0,6	15	5	38	21	59	36	0,18	8,9	12	15	0,5
40-60			17	4,8	2	0,2	13	4	38	17	55	31	0,14	5,3	8	4,7	0,3

(¹) Analisado pelo método descrito por Bremner & Keeney (1965).

A cultivar AG 1051, cujas características são semelhantes às cultivares mais empregadas no passado, ou seja, ciclo mais longo e plantas mais altas em relação às demais, foi comparada com a BR 3123 e a BRS 4157. Essas últimas apresentam características modernas, destacando-se a variedade BRS 4157, também denominada Sol da Manhã Nitroflint, pela eficiência de uso de N, traduzido por elevado acúmulo de N nos grãos em relação à planta toda (Machado & Magalhães, 1995; EMBRAPA, sd). Os materiais temperados tinham os grãos dentados, enquanto os tipicamente tropicais apresentavam diversidade de tipo de grãos.

As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 10,0 metros de comprimento, empregando-se as duas linhas centrais para as avaliações. O espaçamento foi de 90 cm, e a população, de 55.000 plantas por hectare. Empregaram-se na semeadura 300 kg ha⁻¹ da fórmula 8-20-20 + Zn e realizaram-se duas adubações nitrogenadas de cobertura, metade da dose no estágio de seis folhas totalmente desdobradas (6 de dezembro) e o restante no estágio de oito a dez folhas (21 de dezembro), correspondendo às doses 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N. Na primeira cobertura, também foram adicionados 40 kg ha⁻¹ de K₂O. A fonte de N foi o nitrato de amônio, que não apresenta perdas de N por volatilização, e a de K foi o KCl.

A semeadura foi realizada no dia 15 de novembro de 2000, e a germinação ocorreu no dia 22. Foram semeadas duas sementes a cada 20 cm, deixando-se uma planta após o desbaste. As sementes foram tratadas com o inseticida Futur (thiodicarb + micronutrientes) para o controle das pragas iniciais e, quando necessário, realizadas pulverizações para controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Devido ao emprego de alguns germoplasmas de clima temperado, suscetíveis às doenças foliares que podem ocorrer na região, foram realizadas pulverizações com fungicidas

para evitar possíveis danos. Realizaram-se três pulverizações sequenciais com os produtos e períodos descritos a seguir: Folicur PM (tebuconazole), aos 30 dias após a semeadura; Alto 100 (cyproconazole), aos 45 dias após a semeadura; Amistar 500 WG (azoxystrobin), aos 60 dias após a semeadura.

Realizaram-se amostragens de plantas nos estádios final do florescimento masculino (todas as plantas com pendão) e maturidade fisiológica dos grãos (presença de camada preta na base do grãos), em 3,0 m nas duas linhas centrais, separando-se e determinando-se a massa verde das diferentes partes da planta: folhas, colmos + pendão e espigas. Na maturidade, as folhas foram separadas em verdes e secas, e as espigas, em grãos, sabugos e brácteas. Com exceção dos grãos, as frações foram picadas para a coleta de subamostras, as quais foram secadas em estufa a 60°C e pesadas, determinando-se o teor de MS de cada uma das partes. Para o estudo de fracionamento da planta, as folhas secas e verdes foram consideradas como fração folha, e as brácteas, sabugos e grãos, como fração espiga. A partir dos valores totais acumulados no final do florescimento masculino e na maturidade dos grãos, calculou-se o acúmulo relativo nesse subperíodo. Ressalte-se que as datas das colheitas foram diferentes para a maioria das cultivares, em função das suas diferenças de ciclo.

Com a finalidade de se obter curvas de acúmulo de MS e nutrientes, coletaram-se 10 plantas por tratamento, independentemente da repetição, de 15 em 15 dias, a partir da emergência, até os 105 dias. Calculou-se a somatória térmica desses períodos, considerando-se a temperatura base igual a 10°C e o valor da máxima em que ocorre assimilação líquida de massa na planta igual a 32°C (Brunini *et al.* 1976). As avaliações em dias corresponderam aos seguintes graus-dias: 15=209, 30=429, 45=668, 60=904, 75=1150, 90=1384 e

105=1625. As plantas foram picadas inteiras, retirando-se subamostras para análises e determinação da produção de MS. O teor de nutrientes nos tecidos foi determinado de acordo com os métodos descritos por Bataglia *et al.* (1978), sendo que o N total foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl de destilação a vapor do extrato obtido pela digestão sulfúrica de 100 mg de MS.

Como não houve efeito das doses de N, assim como da interação N x genótipos na produção de MS da parte aérea e dos grãos, desconsiderou-se o efeito da adubação nitrogenada. As doses de nitrogênio foram consideradas como repetições e o delineamento foi em blocos ao acaso (doses = blocos) no esquema de parcelas subdivididas no tempo (épocas de amostragem). As cultivares foram estudadas por meio dos seguintes contrastes ortogonais: tropicais (AG 1051, BR 3123 e BRS 4157) x temperadas (DKB 212 e P 32R21), AG 1051 x (BR 3123 e BRS 4157), BR 3123 x BRS 4157 e DKB 212 x P 32R21, utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS, 1989). Devido ao fato de a produção de MS da parte aérea ter sido muito pequena aos 15 dias após a semeadura, desconsiderou-se essa época nas análises de variância quanto aos teores de nutrientes e ao acúmulo de MS e nutrientes. Desde que algumas cultivares apresentaram valores de acúmulo de nutrientes menores aos 105 dias do que aos 90 dias, na análise de variância desse parâmetro desconsiderou-se também a época 105 dias. O efeito de épocas foi avaliado por meio de regressão polinomial. Além dessas, procedeu-se à análise de variância do acúmulo de MS e nutrientes, considerando-se todas as épocas, para construir curvas de acúmulo para cada cultivar.

Resultados e Discussão

A colheita no estágio de florescimento das cultivares P 32R21, DKB 212 e BRS 4157 ocorreu

próximo de cinco dias após a amostragem dos 45 dias da curva de acúmulo, enquanto, para as cultivares AG 1051 e BR 3123, a colheita deu-se no dia anterior da amostragem dos 60 dias (Tabela 2). Na maturidade, os materiais de ciclo mais longo, DKB 212 e AG 1051, foram os únicos colhidos com praticamente todas as folhas secas (dados não apresentados) e, após o término das amostragens da curva de acúmulo, aos 109 e 115 dias respectivamente.

O ciclo até o final do florescimento masculino e maturidade fisiológica dos grãos apresenta imperfeições, pois a colheita não ocorreu sempre no momento exato desses estádios, devido às limitações operacionais. A maior diferença ocorreu com a AG 1051, que foi colhida no florescimento, com menor quantidade de MS na fração espiga, expressa como porcentagem do total acumulado na planta, em comparação às demais cultivares, conforme será discutido adiante.

As curvas de acúmulo de MS e nutrientes indicam que, em quase todos os casos, houve um ponto de máximo a partir do qual ocorreu perda de MS e nutrientes (Figuras 1 a 3 e Tabela 3). As exceções são para o Fe, em todas as cultivares, o Mg na AG 1051 e DKB 212 e o Cu, especificamente na AG 1051. A redução de MS e/ou nutrientes no final do ciclo de desenvolvimento das plantas foi relatada tanto nos trabalhos clássicos (Sayre, 1948; Hay *et al.*, 1953) como nos mais recentes (Andrade *et al.*, 1975a; Bassoi & Reichardt, 1995; Vasconcellos *et al.*, 1983). Essas perdas foram atribuídas por Sayre (1948) à perda de pedaços de folhas e à lixiviação do K das folhas e por Hay *et al.* (1953), a erros inevitáveis de amostragem do material no campo. Os decréscimos mais acentuados do teor de alguns nutrientes em relação à MS, a exemplo do N, S, Ca e K, sugerem que ocorreu perda líquida dos nutrientes pela planta.

TABELA 2. Caracterização das cultivares e ciclo até as colheitas de plantas para fracionamentos no florescimento e maturidade fisiológica dos grãos.

Cultivares	Empresa	Germoplasma	Tipo ⁽¹⁾	Grãos		Rendimento kg ha ⁻¹	Altura plantas cm	Ciclo até colheita	
				Aparência	Proteínag kg ⁻¹			Florescimento	Maturidadedias (graus dia).....
BR 3123	Embrapa	Tropical	HT	Semi-duro	52	88	229	59 (886)	102 (1625)
AG 1051	Agroceres	Tropical	HD	Dentado	58	88	253	59 (886)	115 (1830)
BRS 4157	Embrapa	Tropical	V	Duro	47	106	217	51 (763)	97 (1546)
DKB 212	Dekalb	Temperado	HS	Dentado	47	88	228	51 (763)	109 (1730)
P 32R21	Pioneer	Temperado	HS	Dentado	38	93	232	50 (748)	87 (1268)

⁽¹⁾HS = híbrido simples; HT = híbrido triplo; HD = híbrido duplo; V = variedade.

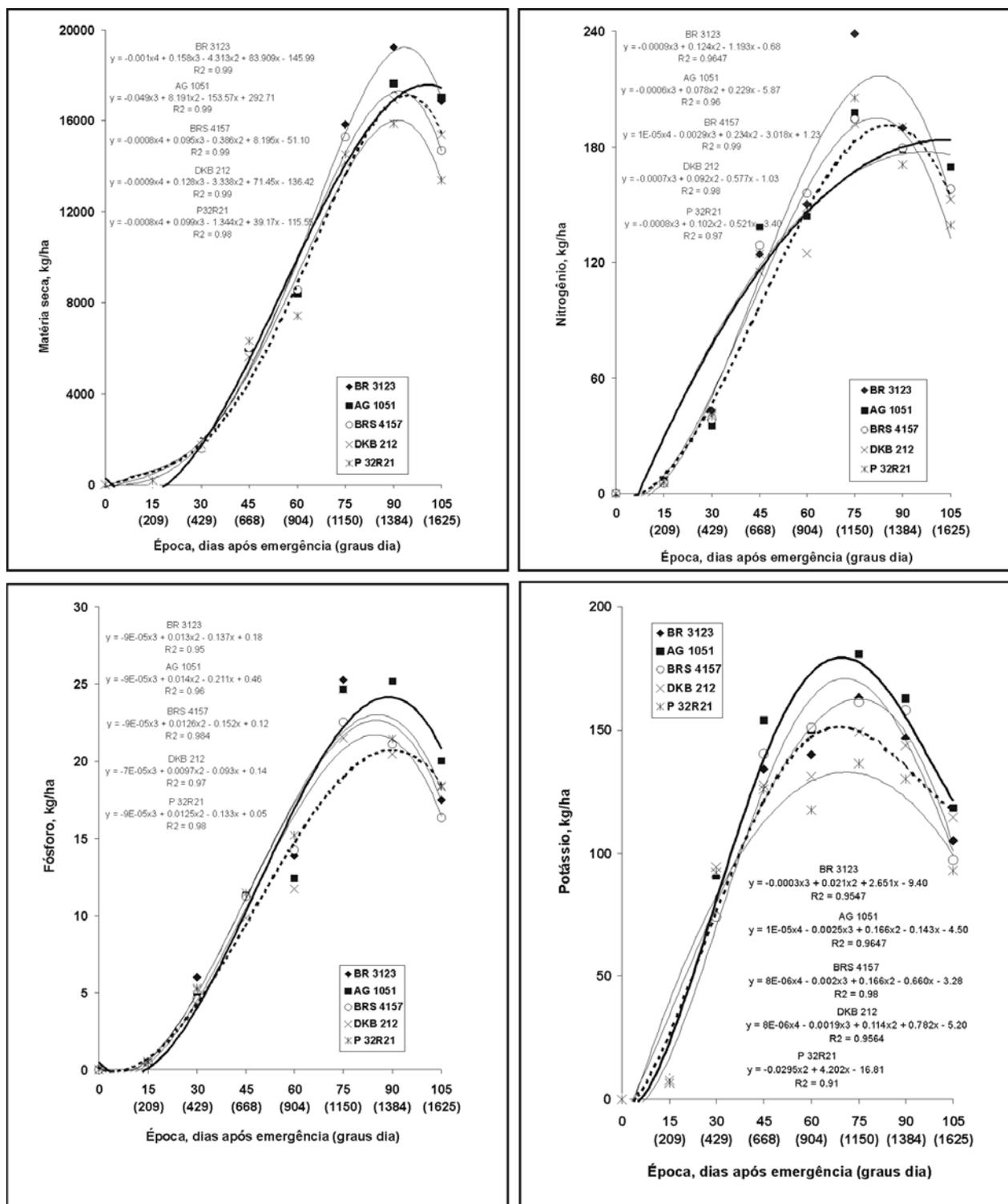


FIGURA 1. Curvas de acúmulo de matéria seca, nitrogênio, fósforo e potássio em cultivares de milho.

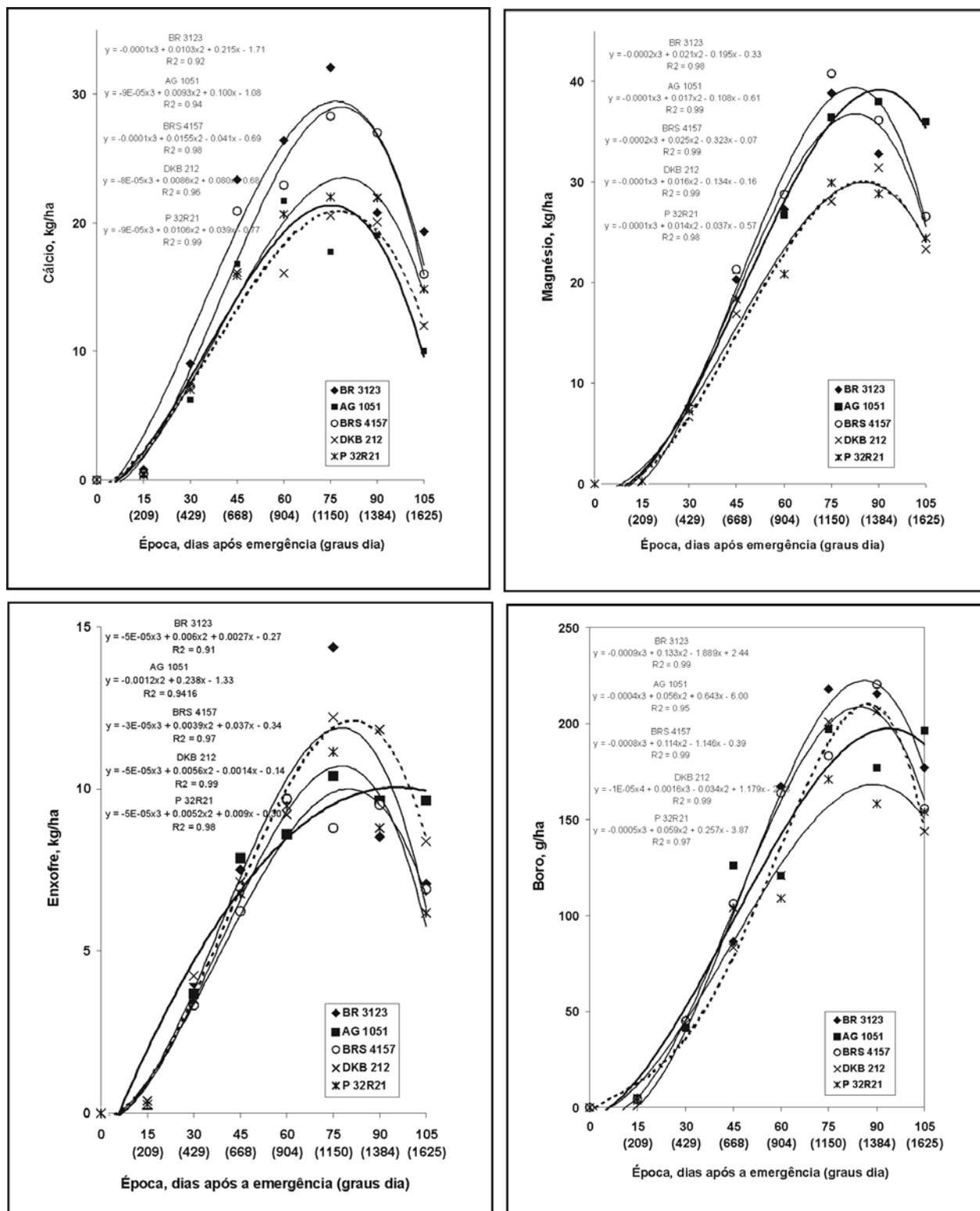


FIGURA 2. Curvas de acúmulo de cálcio, magnésio, enxofre e boro em cultivares de milho.

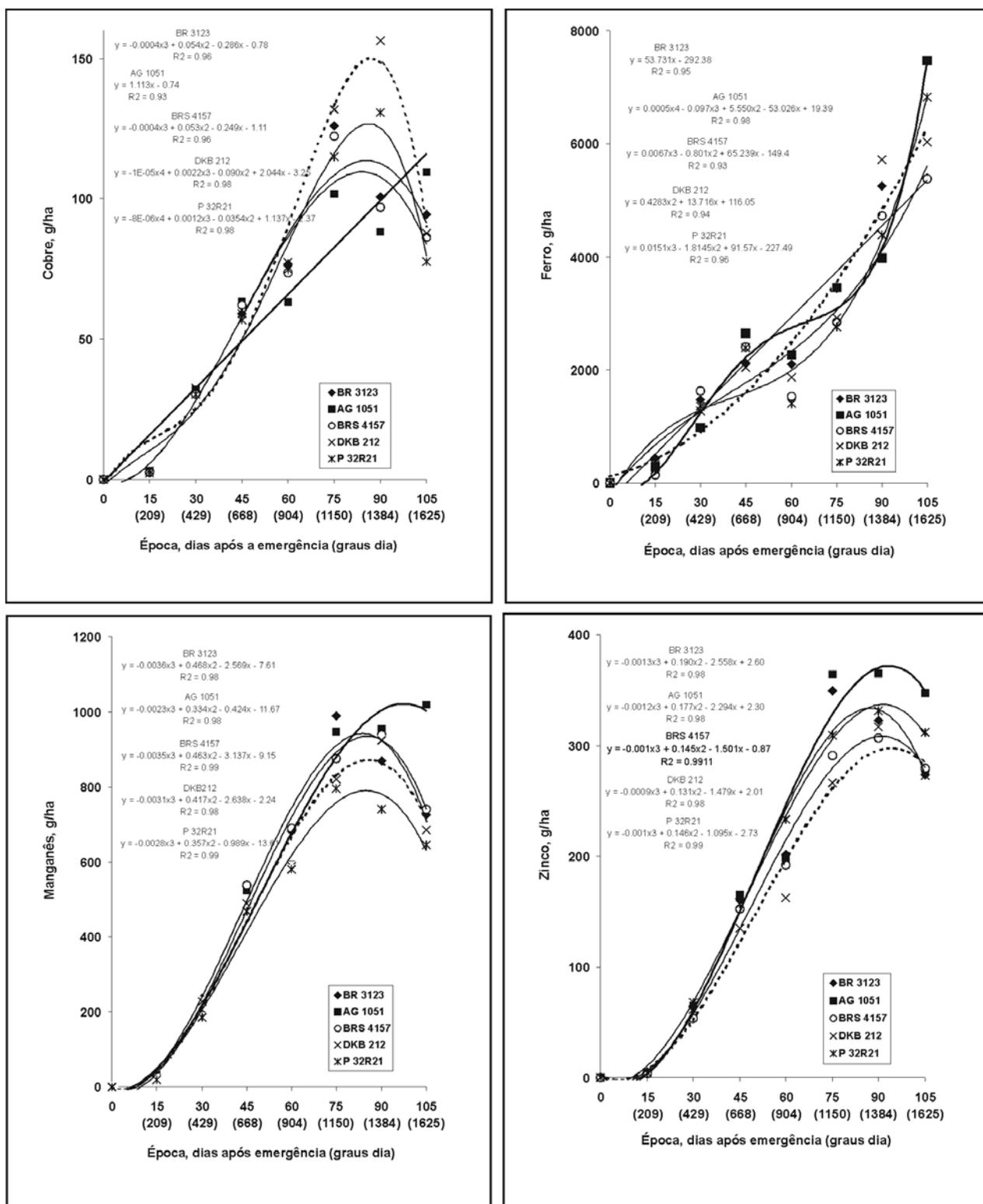


FIGURA 3. Curvas de acúmulo de cobre, ferro, manganês e zinco em cultivares de milho.

TABELA 3. Acúmulo máximo de matéria seca e nutrientes e ciclo, estimados a partir dos modelos matemáticos, em função das épocas de amostragens.

Cultivar	MS	Nutrientes										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Acúmulo máximo												
		kg ha ⁻¹						g ha ⁻¹				
BR 3123	22850	241	28	184	30	32	13	254	120	5349	945	364
AG 1051	16735	209	30	182	21	60	11	218	105	4126	1390	355
BRS 4157	14534	184	23	165	24	32	13	237	115	5626	920	310
DKB 212	13836	185	19	149	20	47	10	202	121	6278	883	274
P 32R21	13095	199	24	133	24	37	9	138	164	6863	763	354
Média	16210	204	25	162	24	41	11	210	125	5648	980	331
Ciclo até o máximo acúmulo, em dias após a emergência												
BR 3123	99	87	91	83	78	95	80	91	88	105	84	90
AG 1051	99	88	86	71	74	105	99	99	105	105	90	92
BRS 4157	87	75	87	68	78	77	91	90	86	105	85	91
DKB 212	89	85	88	68	76	103	75	87	81	105	87	91
P 32R21	86	83	87	71	81	92	70	81	93	105	84	94
Média	92	83	88	72	77	94	83	89	91	105	86	91

Segundo Wetselaar & Farquhar (1980), é possível ocorrerem perdas de nitrogênio da parte aérea continuamente durante todos os estádios de crescimento da planta, resultantes de perdas de tecidos das raízes e da parte aérea, e de perdas de compostos nitrogenados solúveis por lavagem pela chuva, orvalho ou água de irrigação, e por volatilização. Contudo, essas perdas tornam-se aparentes somente quando maiores do que a taxa de absorção de nitrogênio pelas raízes. Como as curvas foram construídas com resultados obtidos em intervalos relativamente longos, de 15 em 15 dias, sua precisão não é suficiente para diferenciar possíveis períodos de paralisação temporária do acúmulo de nutrientes, como observado por Karlen *et al.* (1988) para o nitrogênio no florescimento.

O valor médio estimado do acúmulo de MS, 16,2 t ha⁻¹, é compatível com lavouras de alto potencial produtivo e coerente com as produtividades de grãos entre 9 e 10 t ha⁻¹ das cultivares AG

1051 e BR 3123, que são adaptadas às semeaduras tardias (Duarte & Paterniani, 2000). Os nutrientes com maior acúmulo na parte aérea da planta foram N e K, entre os macronutrientes, e Fe e Mn, entre os micronutrientes. Comparado aos resultados de Andrade *et al.* (1975a,b), Vasconcellos *et al.* (1983), Hiroce *et al.* (1989) e Karlen *et al.* (1987), as razões entre o acúmulo de N e S e o acúmulo de MS foram, respectivamente, alta e baixa (dados não apresentados). A alta disponibilidade de nitrogênio no solo, talvez devido à adoção do sistema plantio direto por mais de cinco anos, e à adição do N como fertilizante, contribuiu para a elevada extração desse nutriente pela planta. Já os valores médios do acúmulo de nutrientes na planta inteira por tonelada de grãos (dados não apresentados), indicaram que as quantidades extraídas de P, Ca e S foram relativamente baixas, e as de B elevadas, em comparação com as verificadas por Andrade *et al.* (1975a,b), Furlani *et al.* (1977), Vasconcellos *et al.* (1983) e Hiroce *et al.* (1989).

O período decorrido da emergência até o máximo acúmulo de MS foi similar ao decorrido para o máximo acúmulo de P, B, Cu, Zn e ligeiramente tardio em relação ao decorrido para N e S. Em termos gerais, os padrões de acúmulo desses nutrientes foram similares aos obtidos por Sayre (1948) e Hay *et al.* (1953). A duração do período entre a emergência e o máximo acúmulo de nutrientes foi maior para o Fe, seguido do Mg. Esse acúmulo tardio de Mg tem sido relatado amplamente na literatura (Andrade *et al.*, 1975a; Karlen *et al.*, 1988; Vasconcelos *et al.*, 1988). O Fe foi o único nutriente que apresentou período médio para acúmulo máximo superior à época da maturidade dos grãos. É possível ter ocorrido absorção de nutrientes após a maturidade fisiológica dos grãos, porque, nessa época, a planta ainda continua viva e com muitas folhas verdes, em algumas cultivares.

Para o potássio e o cálcio, o máximo de acúmulo ocorreu mais cedo, corroborando Sayre (1948), Hanway (1962), Karlen *et al.* (1988), Andrade *et al.* (1975a) e Loué (1963). Esse fato sugere que o balanço entre absorção e perdas estabilizou-se nesse período e que, a partir daí, as perdas foram superiores à absorção, não se podendo inferir que, depois do máximo de acúmulo, a intensidade da absorção foi insignificante. É provável que as perdas de potássio na planta sejam superiores às de cálcio, visto que é um elemento livre, enquanto o cálcio é constituinte de tecidos. Considerando-se que o cálcio é absorvido na zona de crescimento das raízes, cuja atividade é menos intensa no final do ciclo da planta, é provável que a absorção do cálcio decresça mais intensamente do que a de potássio, com o desenvolvimento do milho.

Quanto às estimativas dos valores máximos acumulados (Tabela 3), destacam-se as cultivares BR 3123 e AG 1051 para MS, P, K e Mn. Como citado anteriormente, esses híbridos apresentaram as maiores produtividades de grãos (Tabela 2). As

duas cultivares mais tardias, AG 1051 e DKB 212, sobressaíram-se quanto ao acúmulo de Mg. As cultivares temperadas, por sua vez, mostraram os menores acúmulos de P, Zn (DKB 212), K, S, B e Mn (P 32R21). No entanto, a P 32R21 revelou os maiores acúmulos de cobre.

Não houve diferenças acentuadas entre as cultivares quanto ao número de dias para atingir o máximo acúmulo de Fe e Zn na planta (Tabela 3). As cultivares AG1051 e DKB 212, de ciclo mais longo, até a maturidade dos grãos, destacaram-se quanto ao período tardio, para atingir o acúmulo máximo de Mg. Já a BR 3123, intermediária quanto ao ciclo, esteve entre as cultivares de acúmulo máximo de MS e N em período tardio e foi a mais atrasada quanto ao acúmulo máximo de P e K. A BRS 4157, de ciclo pouco inferior à BR 3123, foi a mais precoce de todas para atingir o acúmulo máximo de N e Mg. A cultivar P 32R21, de ciclo mais curto, foi a única em que o acúmulo máximo de MS e nutrientes, exceto K e S, ocorreu em período muito próximo ou depois da maturidade fisiológica dos grãos. Ressalte-se que a DKB 212, outra cultivar temperada, também apresentou o máximo de acúmulo de S antes da maturidade fisiológica dos grãos. No caso do S, o menor número de dias verificado para ocorrer o máximo acúmulo nas cultivares temperadas, em comparação com as tropicais, não resultou diferença entre as cultivares quanto ao valor acumulado.

Os teores dos nutrientes decresceram com o desenvolvimento das plantas após os 30 dias da emergência. Os contrastes indicados na Tabela 4 mostram que as observações de Feil *et al.* (1992), de que as cultivares temperadas apresentam maiores teores de nutrientes do que as tropicais, de maneira geral não se verificaram. Na análise conjunta dos teores de nutrientes, houve diferença entre as tropicais e as temperadas apenas para alguns nutrientes: as tropicais apresentaram maiores teores de Ca, Mg e B, e as temperadas, de S e Cu.

TABELA 4. Valores médios e resultados da ANOVA dos teores de nutrientes em plantas inteiras, em função de épocas de amostragem (30 a 105 dias após a semeadura) e cultivares.

	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Épocas											
15 ⁽¹⁾	34.2	2.9	42.1	1.9	3.0	2.2	25.0	16	1558	139	26
30	23.2	2.9	51.0	2.1	4.2	4.0	25.3	18	888	117	37
45	21.0	1.8	22.6	1.2	3.1	3.3	16.7	10	407	85	26
60	17.9	1.7	17.1	1.1	2.7	3.1	16.8	9	197	77	25
75	13.8	1.6	10.6	0.8	1.6	2.3	13.1	8	210	59	21
90	10.8	1.3	8.6	0.6	1.3	1.9	11.3	7	285	48	19
105	10.0	1.2	6.8	0.5	0.9	1.8	10.7	6	430	49	20
Cultivares											
Temperado											
DKB 212	16.0	1.7	19.9	1.2	2.1	2.5	15.2	11	369	74	23
P32R21	16.2	1.9	18.6	1.0	2.2	2.6	14.7	10	400	67	27
Media	16.1	1.8	19.3	1.1	2.2	2.6	15.0	11	385	71	25
Tropical											
AG 1051	16.2	1.8	21.3	1.1	2.0	2.9	16.0	9	373	73	27
BR 3123	15.8	1.7	18.6	1.0	2.6	2.7	15.6	9	410	73	24
BRS 4157	16.4	1.7	18.9	1.0	2.5	3.0	16.7	10	461	75	23
Média	16.1	1.7	19.6	1.0	2.4	2.9	16.1	9	415	74	25
Pr > F ⁽²⁾											
Épocas	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Linear	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Quadrática	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Cubica	**	**	**	**	Ns	Ns	*	**	*	Ns	**
4º grau	Ns	**	**	**	**	**	**	**	Ns	**	**
Cultivares	Ns	*	**	**	**	**	Ns	**	Ns	Ns	**
Temperado x tropical	Ns	Ns	Ns	*	**	**	*	**	Ns	Ns	Ns
DKB212 x P32R21	Ns	**	**	**	Ns	Ns	Ns	*	Ns	*	**
AG 1051 x BRs	Ns	Ns	**	Ns	**	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	**
BR3123 x BRS4157	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	**	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Épocas x Cultivares	Ns	Ns	**	*	Ns	Ns	Ns	**	*	Ns	Ns
Blocos	*	**	**	Ns	*	Ns	*	**	Ns	Ns	Ns
C. V. (%)	10.4	11.7	8.2	13.9	17.6	9.7	19.5	15.3	18.2 (3)	14.1	13.4

⁽¹⁾ Não incluída na ANOVA; ⁽²⁾ Teste F * e ** = significativo a 5% e 1% respectivamente, e ns = não significativo; ⁽³⁾ Analisado em x^{1/2}.

A partir dos valores acumulados no final do florescimento masculino e na maturidade, calculou-se o acúmulo relativo nesse subperíodo, expresso como porcentagem do acumulado na maturidade (Figura 4a). Calcularam-se também os acúmulos relativos no subperíodo entre o início do florescimento masculino e o máximo da planta inteira, empregando-se as equações da curva de acúmulo e supondo-se que o início do florescimento ocorreu 1,5 dia antes do corte para a AG 1051, e 2,5 dias para as demais (Tabela 3 e Figura 4b).

Ao comparar os acúmulos relativos entre o subperíodo compreendido entre o final do florescimento masculino e a maturidade fisiológica dos grãos (estudo de fracionamento), e o subperíodo entre o início do florescimento masculino e o máximo de acúmulo de MS na planta inteira, esperava-se que os valores fossem sempre maiores neste último. Isso porque os picos de máximo acúmulo de MS e nutrientes ocorreram antes da maturidade fisiológica dos grãos, com as exceções do Fe, Mg e Cu já relatadas. No entanto, inexplicavelmente, o acúmulo relativo de P, S e Zn após o florescimento foi maior no estudo de fracionamento em comparação aos valores estimados através da curva de acúmulo. Provavelmente, no estudo de fracionamento, o erro experimental tenha sido maior, porque o acúmulo na planta foi obtido da somatória das frações, mas também pode ter havido imprecisão na estimativa do momento de acúmulo máximo dos nutrientes, devido ao reduzido número de épocas de amostragem.

Os acúmulos relativos de MS do florescimento até a maturidade fisiológica dos grãos ou até o acúmulo máximo na planta foram de 60% e 57%, respectivamente. Na média dos dois métodos, destacaram-se Fe, P e Zn como os maiores valores de acúmulo tardio (acima de 50%), e K, seguido de Ca e Mn, como os menores. O acúmulo relativo do K foi inexpressivo (cerca de 13%).

Os valores de acúmulo relativo após o florescimento, expressos como porcentagem do total,

foram próximos entre as cultivares tropicais e temperadas para MS, P, K, S e B, e maiores nas temperadas do que nas tropicais para Ca, Mg (diferenças maiores que 80%), N, Cu, Fe (diferenças em torno de 40%) e Mn e Zn (diferenças em torno de 30%). Esses resultados corroboram as observações de Feil *et al.* (1992), que verificaram maior acúmulo de N, P e K após o florescimento nas cultivares temperadas em relação às tropicais, e a de Osaki (1995), que observou maior acúmulo de nitrogênio nas temperadas. Por outro lado, a semelhança entre as cultivares quanto ao acúmulo de MS após o florescimento não confirma as observações de Osaki (1995) e contradiz as inferências sobre a superioridade das temperadas feitas no início deste artigo. Provavelmente, o baixo potencial produtivo das cultivares temperadas, por não estarem adequadamente adaptadas às condições ambientais regionais, contribuiu para que tivessem padrão de acúmulo de MS semelhante às tropicais.

No fracionamento das plantas no final do florescimento masculino, parte da MS e nutrientes já se encontrava nas espigas em início de formação (Figura 5), o que se deve à sincronia do final do florescimento masculino com o início da formação das espigas. De maneira geral, com o desenvolvimento das espigas, houve redução da proporção de nutrientes acumulados nas folhas e nos colmos, expressa como porcentagem do total acumulado na planta, com destaque para N, P, S e Zn. O Ca foi o nutriente acumulado em menor proporção nas espigas, tanto no florescimento como na maturidade fisiológica dos grãos, e o que manteve maior proporção do acúmulo nas folhas no estágio de maturidade fisiológica dos grãos. O colmo constituiu-se no principal compartimento de acúmulo de K, Mg, Fe e Mn no estágio de maturidade. Comparando-se esses resultados com os de exportação de nutrientes nos grãos, calculados a partir dos trabalhos de Andrade *et al.* (1975a,b) e Hiroce *et al.* (1989), verifica-se que os valores obtidos no presente estudo

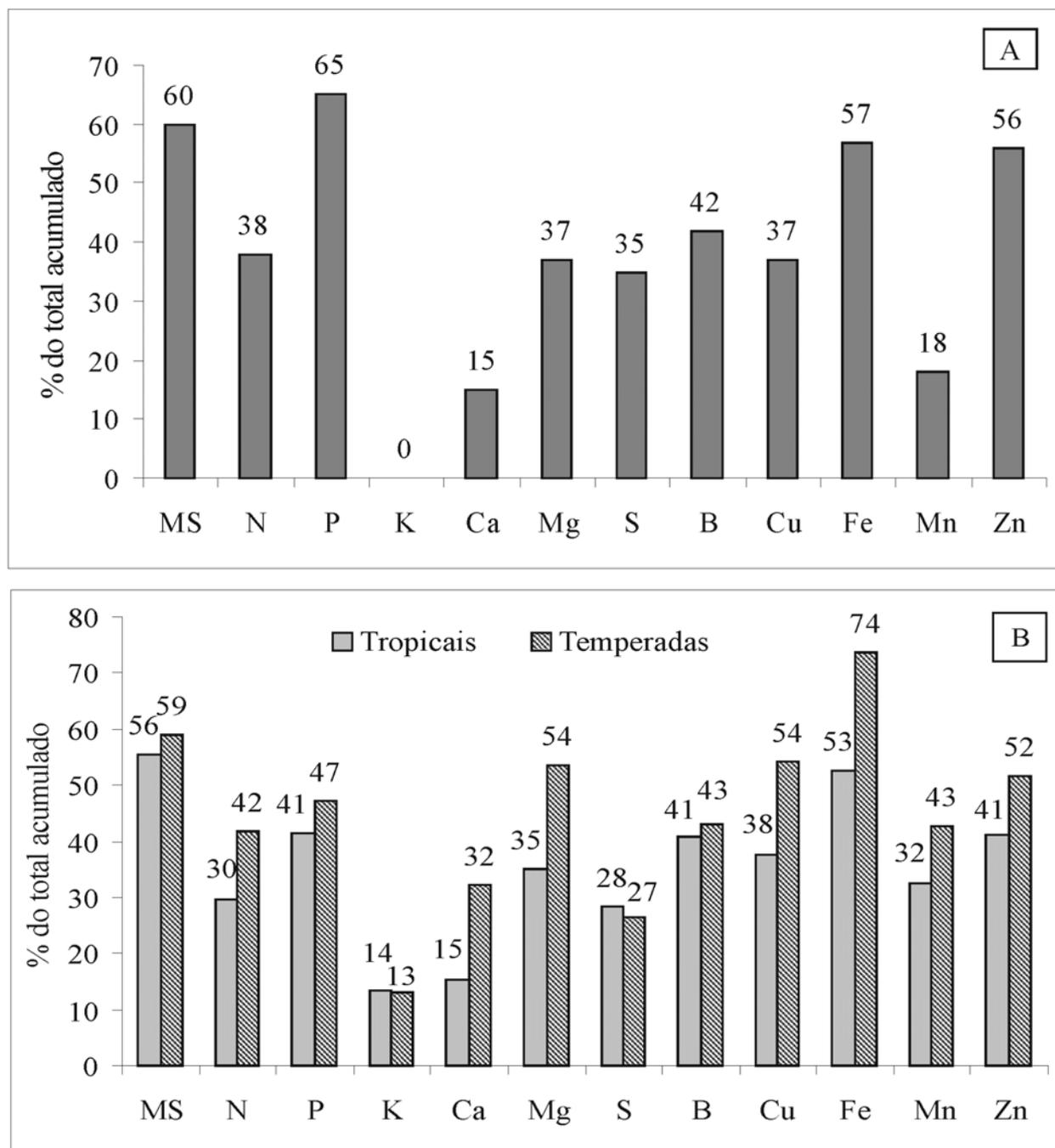


FIGURA 4. Acúmulo relativo de matéria seca (ms) e nutrientes na planta inteira nos subperíodos florescimento-maturidade fisiológica dos grãos (média de cinco cultivares) (A) e florescimento-acúmulo máximo de matéria seca e nutrientes nas cultivares originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado (B).

são superiores, exceto os de Ca. Isso era esperado porque o sabugo e as brácteas foram incluídos na

fração espigas. No entanto, a magnitude da diferença entre os resultados do presente trabalho e os

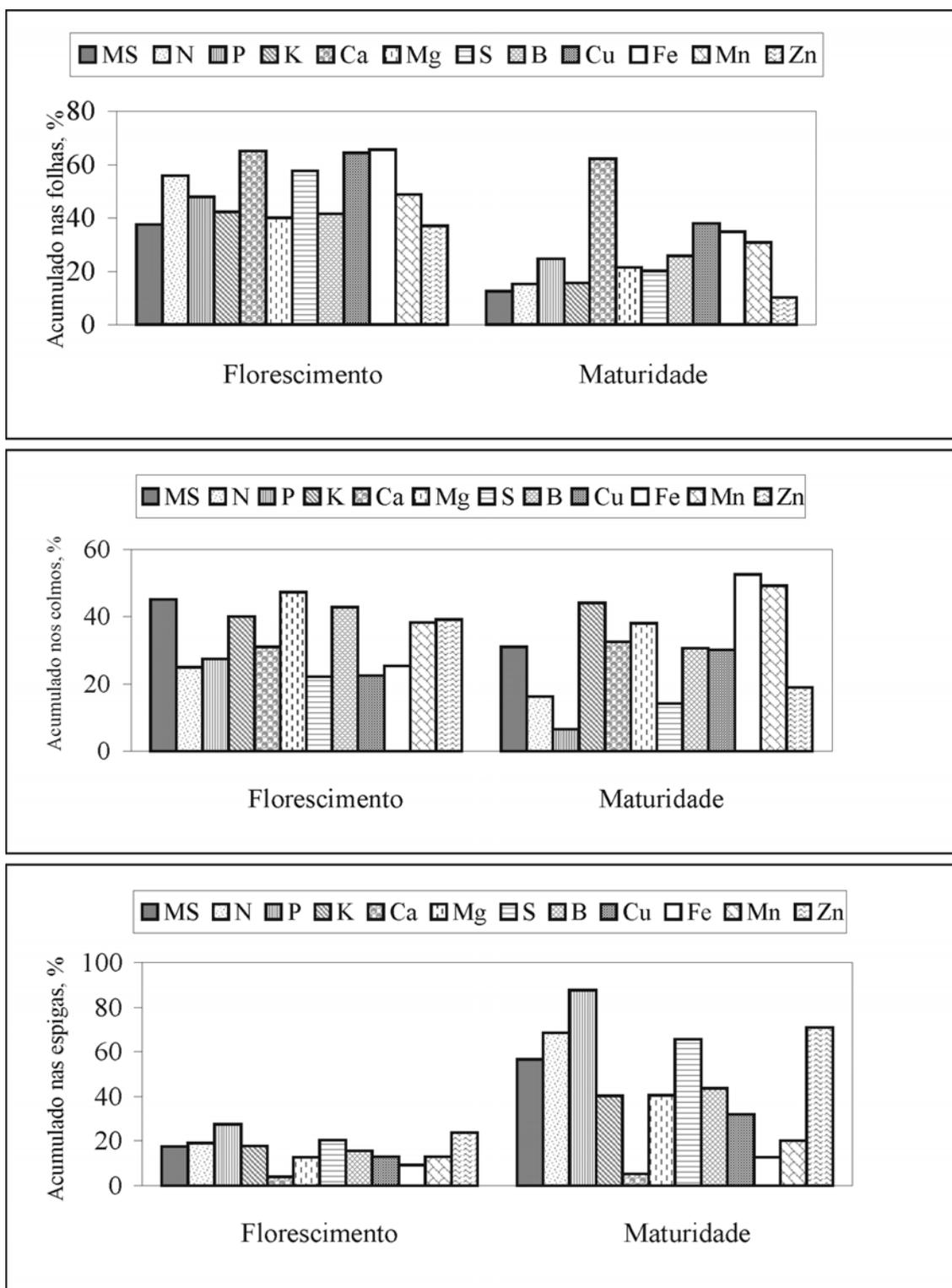


FIGURA 5. Matéria seca e nutrientes da planta inteira acumulados nas frações folhas, colmos e espigas no final do florescimento masculino e na maturidade fisiológica dos grãos (média de cinco cultivares).

obtidos pelos citados autores foi muito elevada para K, S, B e Cu.

De maneira geral, os resultados indicam que as cultivares introduzidas de clima temperado, em comparação com as tropicais, acumularam mais Cu e apresentaram maiores valores de acúmulo relativo de N, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn após o florescimento, expresso como porcentagem do total. Como o N pode ser perdido facilmente do solo, sugerem-se pesquisas sobre o aumento da sua disponibilidade após o florescimento das plantas, para verificar a necessidade de readequar o programa de fertilização ao período de acúmulo de N em cultivares com grande introgressão de germoplasma temperado. Comprovou-se que quase todo o potássio é acumulado antes do florescimento, independentemente da cultivar, e que a maior parte do N, P, S e Zn acumuladas na planta é exportada nas espigas.

Conclusões

O acúmulo de MS e de nutrientes, especialmente K e Ca, atingiu valores máximos antes do período de maturidade fisiológica dos grãos, exceto para Fe cujos acúmulos continuaram ocorrendo após esse estágio em todas as cultivares.

A maior parte da MS foi acumulada após o florescimento, enquanto a de nutrientes foi mais expressiva antes desse estágio, com exceção do P, Fe e Zn. Apenas 13% do K da planta foram acumulados após o florescimento.

As cultivares tropicais foram as que apresentaram maior acúmulo de MS e dos nutrientes K, Ca, Mg, B, Mn e Zn.

As cultivares introduzidas de clima temperado acumularam mais Cu em todo o ciclo e apresentaram os maiores valores de acúmulo de N, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn após o florescimento, expressos como porcentagem do total.

As cultivares de maior ciclo até a maturidade dos grãos, AG 1051 e DKB 212, tiveram os

maiores valores de acúmulo máximo de Mg, e estes ocorreram mais tardiamente do que nas demais.

O Ca foi o nutriente acumulado em menor proporção na espiga, enquanto N, P, S e Zn foram os que mais se acumularam nas espigas em relação à planta inteira.

Agradecimentos

À FAPESP, pelo financiamento parcial do projeto, e aos técnicos de apoio à pesquisa Erasmo Oliveira e Santos e Silvio Roberto do Nascimento, do IAC/APTA, e Claudinei Lara, da ESALQ/USP, pelo auxílio nas atividades operacionais.

Literatura Citada

ANDRADE, A.G.de; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.de & SARRUGE, J.R. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.) I. Acumulação de macronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 32, p. 115 - 149, 1975a.

ANDRADE, A.G.de; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.de & SARRUGE, J.R. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.) II. Acumulação de micronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 32, p. 151 - 171, 1975b.

BASSOI, L. H. & REICHARDT, K. Acúmulo de matéria seca e de nitrogênio em milho cultivado no período de inverno com aplicação de nitrogênio no solo e via água de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 12, p. 1361 - 1373, 1995.

BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, A. M. C.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1978. 31p. (IAC. Circular, 87).

BREMNER, J. M. Total nitrogen. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L.; ENSMINGER,

- L.E.; CLARCK, F.E. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. v.2, p. 1256 - 1286 (Agronomy, 9).
- BRUNINI, O.; LISBÃO, R. S.; BERNARDI, J. B.; Temperatura Base para Alface “Witthe Boston”, em um Sistema de Unidades Térmicas. **Bragantia**, Campinas, v. 35, p. 214 - 219, 1976.
- DUARTE, A. P.; FREITAS, J. G.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; CANTARELLA, H. Eficiência e resposta de genótipos de milho ao nitrogênio em cobertura. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. **Globalização e segurança alimentar**: resumos. Recife: IPA, 1998. p. 184.
- DUARTE, A. P.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Reflexos da estratificação de ambientes na adaptação e estabilidade da produção de grãos em cultivares de milho. In: DUARTE, A. P.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. (coord.) **Fatores bióticos e abióticos em cultivares de milho e estratificação ambiental**: Avaliação de cultivares de milho IAC/CATI/Empresas - 1999/2000. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. p. 139 - 150. (Série Pesquisa APTA. Boletim Científico, 05)
- EMPRESA AGROPECUARIA BRASILEIRA. **Sol-da-manha**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, folder.
- FEIL, B.; THIRAPORN, R.; GEISLER, G.; STAMP, P. Yield, development and nutrient efficiency of temperate and tropical maize germoplasm in the tropical lowlands. II. Uptake and redistribution of nitrogen, phosphorus and potassium. **Maydica**, Bergamo, v. 37, p. 199 - 207, 1992.
- FURLANI, P. R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O. C.; SILVA, W. J. Acúmulo de macronutrientes, de silício e de matéria seca por dois híbridos simples de milho. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 22, p. 223 - 229, 1977.
- HANWAY, J. J. Corn growth and composition in relation to soil fertility. II Uptake of N, P, and K and their distribution in different plant parts during the growing season. **Agronomy Journal**, Madison, v. 54, p. 217 - 222, 1962.
- HAY, R. E.; EATLEY, E. B.; DeTURK, E. E. Concentration and translocation of nitrogen compounds in the corn plant (*Zea mays*) during grain development. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 28, p. 606 - 621, 1953.
- HIROCE, R.; FURLANI, A. MC.; LIMA, M. **Extração de nutrientes na colheita por populações e híbridos de milho**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1989. 24 p. (Boletim Científico, 17).
- KARLEN, D. L.; SADLER, E. J.; CAMP, C. R. Dry matter, nitrogen, phosphorus, and potassium accumulation rates by corn on Norfolk Loamy Sand. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, p. 649 - 656, 1987.
- KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 232 - 242, 1988.
- LOUÉ, A. Estudo comparativo das exigências minerais de algumas variedades de milho híbrido. **Fertilité**, v. 20, p. 22 - 32, 1963.
- MACHADO, A. T.; MAGALHÃES, J. R. Melhoramento de milho para uso eficiente de nitrogênio sob condições de estresse. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL, 1992, Sete Lagoas. **O milho em perspectiva**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, México: CIMMYT/UNDP, 1995. p. 321 - 343.
- O DELANA, B. O.; MILBOURN, G. M. The growth of maize. II. Dry-matter partition in three maize hybrids. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 78, p. 73 - 78, 1972.

OSAKI, M. Comparison of productivity in relation to nitrogen nutrition; II. Parameters determining between tropical and temperate maize. **Soil Science Plant Nutrition**, Tokyo, v. 41, n. 3, p. 451 - 459, 1995.

SAS INSTITUTE. **SAS Property Software**: version 6.03. Cary, 1989.

SAYRE, J.D. Mineral accumulation in corn. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 23, n. 3, p. 267 - 281, 1948.

ULLOA, A. M. C. **Utilização do nitrogênio fertilizante por dois híbridos de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 66 p.

ULLOA, A. M. C. **Absorção, translocação e efi-**

ciência de utilização do nitrogênio fertilizante $CO(^{15}NH_2)_2$ por dois híbridos de milho (*Zea mays* L.). 1981. 78 f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VASCONCELLOS, C. A.; BARBOSA, J. V. A.; SANTOS, H. L. dos.; FRANÇA, G. E. de. Acumulação de massa seca e de nutrientes por duas cultivares de milho com e sem irrigação suplementar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 8, p. 887 - 901, 1983.

WETSELAAR, R.; FARQUHAR, G. D. Nitrogen losses from tops of plants. **Advances in Agronomy**, New York, v. 33, p. 263 - 302, 1980.