

ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES EM MILHO CULTIVADO NO PERÍODO INVERNO-PRIMAVERA¹

CARLOS ALBERTO VASCONCELLOS², MARIA CELUTA MELO VIANA³ E JOSÉ JOAQUIM FERREIRA⁴

RESUMO - O trabalho procurou avaliar o acúmulo de matéria seca e de N, P, K, Ca, Mg e Zn e a eficiência de conversão em grão de três cultivares de milho (BR 201, BR 106 e AG 519) no período inverno-primavera, em solo LVA de Prudente de Morais, MG. Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso com três repetições. As plantas de milho foram coletadas em cinco estádios de desenvolvimento e divididas em folhas, colmo + bainha, brácteas, sabugo e grãos. A exportação de nutrientes, tanto pelos grãos como pela planta, foi dependente da cultivar. Pelos grãos, a exportação do nitrogênio variou de 66% a 72%; o fósforo de 80% a 88%; o magnésio de 44% a 59%; o cálcio de 3% a 5% e o zinco de 48% a 59%. A cultivar BR 201 apresentou maior eficiência na conversão do N assimilado em grãos e a maior taxa de exportação. Não houve diferenças entre as cultivares quanto à produção de grãos por unidade de fósforo absorvido; contudo, a exportação foi maior na BR 201. Este híbrido apresentou, ainda, maior produção de grãos por unidade de cálcio acumulado e a menor exigência do elemento. A relação Ca/Mg dependeu da extração diferencial de Mg.

Termos para indexação: forragem, eficiência nutricional, extração de nutriente, exportação de nutriente.

DRY MATTER AND NUTRIENT ACCUMULATION IN MAIZE CULTIVATED DURING THE WINTER-SPRING SEASON

ABSTRACT - The aim of this work was to verify the dry matter accumulation, the total N, P, K, Ca, Mg and Zn extraction and the nutrient grain conversion by three maize genotypes (BR 201, BR 106, AG 519) grown during autumn and spring, in a red yellow latosol from Prudente de Morais, Minas Gerais. The treatments were arranged in a randomized complete block design with three replications. The maize plants were harvested in five development stages. The plants were separated into leaves, stalks plus leaf sheath, husks, cobs, and grains. The nutrient exportation by grains and total dry matter yields varied with the genotype. The nitrogen was exported by grain in a range which varies from 66 to 72%, the phosphorus, from 80 to 88%; magnesium, from 44 to 59%; calcium, from 3 to 5% and zinc from 48 to 59%. The nitrogen efficiency is maize genotype dependent as well. The BR 201 showed higher N conversion to grain production and higher percentage of grain exportation. There were no statistical differences for grain production per unity of phosphorus absorbed among the genotypes; however, the BR 201 showed the highest phosphorus exportation. The BR 201 also showed the highest grain production per unity of calcium absorbed in spite of having shown the lowest assimilation. The Ca/Mg ratio was magnesium extraction dependent.

Index terms: forage, nutritional efficiency, nutrient extraction, nutrient exportation.

¹ Aceito para publicação em 11 de maio de 1998.

² Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG. e-mail: carlos@cnpms.embrapa.br

³ Eng^a Agr^a, M.Sc., EPAMIG, Centro de Pesquisa Regional Centro Oeste, Fazenda Santa Rita, Caixa Postal 295, CEP 35715-000 Prudente de Morais, MG.

⁴ Eng. Agr., Dr., EPAMIG.

INTRODUÇÃO

O milho, por apresentar bom desenvolvimento durante o período inverno-primavera, vem sendo utilizado pelos agricultores, no Brasil central, com a finalidade de suprir os animais com volumosos de boa qualidade nesta época do ano, ou mesmo como opção de milho verde. Nesta prática, normalmente a espiga é exportada, e a planta, utilizada como forrageira.

Considerando que há um acúmulo diferencial de nutrientes variável com a cultivar, estágio de maturação, fertilidade do solo e condições climáticas, pode-se supor que as práticas de manejo cultural que alterem a

produtividade possam também alterar a remobilização de nutrientes das diferentes partes da planta para os grãos. Furlani et al. (1977) e Hiroce et al. (1989) demonstraram haver diferenças genéticas na absorção de nutrientes e na eficiência de conversão dos elementos assimilados em produção de grãos de milho. Exigências e eficiências diferenciais entre genótipos também foram mencionadas por Beauchamp et al. (1976), Pollmer et al. (1979) e Vasconcellos et al. (1983). Estas diferenças têm importância tanto para o melhoramento genético como para indicativos de manejos que objetivem a sustentabilidade de determinado sistema agrícola.

Rodrigues (1977) e Pollmer et al. (1979), por outro lado, verificaram que a interação genótipo ambiente apresenta efeitos diferenciais na eficiência de translocação de nutrientes para os grãos.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a acumulação diferencial de matéria seca e de nutrientes em três cultivares de milho, em cinco estádios de desenvolvimento, no período inverno-primavera.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental de Santa Rita/EPAMIG, situada no município de Prudente de Morais, MG, em Latossol Vermelho-Amarelo, textura argilosa, com as seguintes características químicas: pH = 5,5; Al = 0,10 cmol/kg; Ca = 3,38 cmol/kg; Mg = 0,51 cmol/kg; K = 0,09 cmol/kg; P = 26 mg/kg; M.O. = 2,98 dag/kg. A área do ensaio, localizada a uma altitude de 732 m, latitude de 19° 28'S e longitude de 45° 15'W, registra temperatura média anual de 21,9°C e precipitação média anual de 1.200 mm (Avelar, 1982). Durante a realização do ensaio, a temperatura média (ponderada) foi de 20,7°C, com a média das mínimas de 18,3°C, e a média das máximas, de 23,2°C.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com os tratamentos em arranjo fatorial entre as cultivares e as épocas de amostragem, com três repetições. Foram avaliadas três cultivares de milho: BR 106 (variedade), AG 519 (híbrido duplo) e o BR 201 (híbrido duplo). As plantas foram coletadas em cinco estádios de desenvolvimento: 6 a 8 folhas bem desenvolvidas (20 dias após a emergência - DAE); início do florescimento (51 DAE); início do enchimento de grãos (99 DAE); grão farináceo (129 DAE) e formação da camada preta (168 DAE), quando, teoricamente, todo o processo de acúmulo e transferência de nutrientes foi processado (Daynard & Duncan, 1969). Como não se observaram diferenças de desenvolvimento vegetativo entre as cultivares estudadas, as épocas de colheita foram as mesmas para todas as cultivares.

O experimento foi iniciado em 21.05.93, com o espaçamento de 0,80 m entre sulcos, e cinco plantas por metro linear. O preparo do solo foi feito de modo convencional, e os tratamentos culturais foram os preconizados com relação à cultura. A irrigação foi feita por aspersão, com turno de rega semanal. No plantio foram usados 20 kg de N; 100 kg de P₂O₅, 100 kg de K₂O e 2 kg de Zn/ha. A adubação de cobertura foi efetuada quando a cultura apresentava seis e doze folhas expandidas, aplicando-se o equivalente a 80 e 40 kg de N/ha, respectivamente. Na primeira cobertura, foram acrescentados 70 kg de K₂O/ha.

Nos estádios de desenvolvimento estabelecidos, foram coletadas três plantas por parcela, procedendo-se à separação em colmo + bainha, folha, palha de espiga (brácteas), sabugo e grãos. Determinou-se o peso seco a 75°C e os teores de P, K, Ca e Mg após digestão nitro-perclórica, seguindo-se a metodologia descrita por Sarruge & Haag (1974).

A taxa de conversão (kg de grãos/100 kg de MS total) e a eficiência nutricional (kg de grãos/kg de nutriente), por serem uma relação entre duas variáveis, podem não apresentar distribuição normal, e portanto, foram qualificadas em comparação com os resultados obtidos por diferentes autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Acúmulo de matéria seca

A análise estatística dos resultados obtidos para a matéria seca (MS) indicou não haver diferenças significativas tanto com relação à produção de espigas como em relação à produção de grãos entre cultivares. Deve ser salientado, contudo, que produção de grãos, por envolver apenas uma época de colheita, não favorece uma análise estatística adequada.

A taxa de conversão, kg de grão/kg de MS, contudo, foi diferente, sendo maior no híbrido AG 519, e menor na variedade BR 106 (Tabela 1). A matéria seca total variou entre cultivares, sendo maior no AG 519 (423 g/planta), e menor, no BR 106 (374 g/planta).

Lopes (1973) obteve a produção de 397,3 g de matéria seca total/planta; Mehla & Singh (1980) encontraram variações de 166,5 a 183,1 g de matéria seca total/planta, e portanto, a variação de matéria seca está dentro de uma variabilidade média mencionada em outros trabalhos.

As cultivares estudadas apresentaram uma conversão da matéria seca total em grãos de 35 a 50%, o que indica uma variabilidade de até 15%. Arnon (1975), por exemplo, indicou o percentual médio de 45% para a conversão da matéria seca total em grãos.

TABELA 1. Distribuição de massa seca de diferentes partes da planta de três cultivares de milho, dependendo do seu estágio de desenvolvimento. Sete Lagoas, MG. 1994¹.

Parte da planta	Estádio ²	Cultivar		
		BR 106	AG 519	BR 201
		----- (g/planta) -----		
Folhas (C.V. 13,6%; dms 8 g/planta)	1	20a	10b	6b
	2	34a	27a	29a
	3	47a	52a	47a
	4	49a	51a	37b
	5	36ab	39a	31b
Colmos (C.V. 21%; dms 27 g/planta)	1	11a	4a	4a
	2	31a	26a	27a
	3	95a	94a	84a
	4	140a	125ab	100b
	5	118a	118a	106a
Pendão (C.V. 20,7%; dms 8 g/planta)	3	13a	14a	11a
	4	5a	5a	3a
	5	4a	3a	3a
Espigas (C.V. 20%; dms 148 g/planta)	3	15a	16a	19a
	4	140a	144a	151a
	5	216a	303a	263a
Grãos (C.V.21%; dms 83 g/planta)	5	131a	213a	183a
Eficiência (kg de grão/100 kg de matéria seca total)	5	35	50	45

¹ Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P > 0,05$).

² 1: 6 a 8 folhas bem desenvolvidas; 2: início do florescimento; 3: início do enchimento de grãos; 4: grão farináceo; 5: camada preta.

Por outro lado, Andrade et al. (1975) demonstraram não haver diferenças significativas em relação às extrações de nutrientes, e que a acumulação diferencial de matéria seca na parte vegetativa não se traduziu necessariamente em aumento de produção de grãos.

Houve interação significativa com relação à matéria seca dos colmos. Desta forma, o híbrido BR 201 não apresentou decréscimo na matéria seca de colmos quando da formação de espigas e enchimento de grãos. O BR 106 apresentou decréscimo de 16% (118/140), e o AG 519, de 6% (118/125). Estes dados justificam, portanto, a movimentação diferencial dos produtos sintetizados (e armazenados nas diversas partes da planta) para os grãos, como demonstrado por Duncan et al. (1965). Genter et al. (1970) mencionaram que, além do colmo, também as folhas e a palha das espigas perdem nutrientes após a fase leitosa dos grãos, e que os maiores decréscimos ocorrem nas partes da planta situadas acima da inserção da espiga. Daynard et al. (1969) também encontraram uma remobilização de nutrientes para o colmo, por ocasião do florescimento.

Extração de nutrientes

Na Tabela 2 podem ser observados decréscimos nos teores de N nas folhas e nos colmos a partir da terceira amostragem, ou seja, no estágio inicial de enchimento de grãos, o que caracteriza a remobilização do nutriente para os grãos. É possível, portanto, que haja diferenças entre cultivares quanto à translocação para os grãos. O híbrido BR 201, por exemplo, apresentou uma conversão do N assimilado em grãos de 50 kg de grãos/ kg de N, e exportação de 72% do total de N acumulado. O BR 106 apresentou uma conversão de 39 kg de grãos/kg de N e exportação de 66%.

O AG 519 apresentou maior absorção total de N, aproximadamente 150 kg de N/ha a mais do que a quantidade aplicada (140 kg/ha). As demais cultivares BR 106 e BR 201 apresentaram menor absorção de N, aproximadamente 70 a 90 kg de N/ha a mais do que a quantidade aplicada. Estas diferenças entre cultivares tanto podem estar associadas às diferenças inerentes à absorção como às associações biológicas com organismos fixadores de N, tanto de vida livre como de simbiótica. Hiroce (1979) e Hiroce et al. (1989)

também verificaram extrações de N em quantidades maiores do que a média aplicada na forma de fertilizantes, levando-o a inferir problemas futuros quanto à manutenção de uma biomassa microbiológica e manutenção de uma mineralização adequada, ou mesmo, na necessidade de estudos de manejo de solo e de cultura que viabilizem a melhor eficiência na absorção de nutrientes.

TABELA 2. Distribuição de N em diferentes partes da planta de três cultivares de milho, de acordo com seu estágio de desenvolvimento. Sete Lagoas, MG. 1994¹.

Parte da planta	Estádio ²	Cultivar		
		BR 106	AG 519	BR 201
		----- (kg/ha) -----		
Folhas (C.V. 14%; dms 13 kg/ha)	1	42a	21b	19b
	2	68a	53b	61ab
	3	89a	100a	89a
	4	60b	86a	57b
	5	20a	32a	21a
Colmos (C.V. 22%; dms 12,4 kg/ha)	1	17a	6a	7a
	2	33a	32a	37a
	3	59a	67a	63a
	4	42a	40a	31a
	5	30a	26a	25a
Pendão (C.V. 26,5%; dms 4,6 kg/ha)	3	23a	28a	21a
	4	3a	3a	2a
	5	2a	1a	1a
Espigas (C.V. 22%; dms 40 kg/ha)	3	18a	22a	27a
	4	91b	117a	85b
	5	159b	235a	182b
Grãos (C.V. 22%; dms 83 kg/ha)	5	138a	208a	164a
Eficiência (kg de grão/kg de N)	5	39	46	50
Exportação de N pelos grãos (%)	5	66	71	72

¹ Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P > 0,05$).

² 1: 6 a 8 folhas bem desenvolvidas; 2: início do florescimento; 3: início do enchimento de grãos; 4: grão farináceo; 5: camada preta.

A análise dos resultados apresentados na Tabela 3 demonstrou que houve decréscimo de P nas folhas e no pendão, após o florescimento. Nos colmos, as diferenças entre cultivares, apesar de não significativas estatisticamente, decresceram 12% (0,7 kg/ha), 31% (2 kg/ha) e 31% (1,8 kg/ha), respectivamente na BR 106, AG 519 e BR 201. Estes decréscimos não justificam a mobilização para os grãos, de 41 a 72 kg de P/ha. Houve indicação, portanto, de que o P, nesta época de menor temperatura e luminosidade, apresenta absorção contínua durante a fase de enchimento de grãos.

TABELA 3. Distribuição de P em diferentes partes da planta de três cultivares de milho, de acordo com seu estágio de desenvolvimento. Sete Lagoas, MG. 1994¹.

Parte da planta	Estádio ²	Cultivar		
		BR 106	AG 519	BR 201
		----- (kg/ha) -----		
Folhas (C.V. 13%; dms 1 kg/ha)	1	3a	1b	1b
	2	5a	4b	4b
	3	7b	8a	7b
	4	7b	8a	6c
	5	2b	3a	2b

Colmos (C.V. 20%; dms 1,4 kg/ha)	1	1,2a	0,5a	0,5a
	2	3,3a	2,8a	2,8a
	3	5,9a	6,4a	5,8a
	4	5,3a	5,4a	4,4a
	5	5,2a	4,4a	4,0a
Pendão (C.V. 26%; dms 0,5 kg/ha)	3	2,4b	3,0a	2,2b
	4	0,3a	0,4a	0,2a
	5	0,2a	0,1a	0,2a
Espigas (C.V. 26%; dms 12 kg/ha)	3	3a	3a	3a
	4	18a	19a	14a
	5	44b	77a	65a
Grãos (C.V. 20%; dms 27 kg/ha)	5	41b	72a	63ab
Eficiência (kg de grão/kg de P)	5	159	157	161
Exportação de P pelos grãos (%)	5	80	85	88

¹ Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P > 0,05$).

² 1: 6 a 8 folhas bem desenvolvidas; 2: início do florescimento; 3: início do enchimento de grãos; 4: grão farináceo; 5: camada preta.

Não se observaram diferenças entre as cultivares quanto à produção de grãos por unidade de P absorvido. Todavia, a exportação foi maior no BR 201, principalmente em comparação com o BR 106. Olsen et al. (1961) reportaram que a absorção de P pelas plantas de milho é inversamente proporcional à umidade do solo, porém, durante todo o desenvolvimento do ensaio não houve falta de umidade, o que enfatiza a possibilidade da absorção contínua de P.

A aplicação de 100 kg de P_2O_5 /ha (44 kg de P/ha), para o caso de forragem, é insuficiente para repor a quantidade de P exportada pela planta como um todo, 44 a 77 kg de P/ha. Para a sustentabilidade econômica do sistema, portanto, é necessário que haja o retorno dos resíduos dos animais alimentados com esta forragem ou reposições através de fertilização química.

A quantidade e a distribuição de K nas plantas estão na Tabela 4. Ocorreram perdas deste nutriente nas folhas e nos colmos logo após o florescimento. Esta movimentação de K pode ser explicada pela remobilização do nutriente para os grãos, ou mesmo pela perda por lixiviação para o solo com a água de irrigação ou de chuva. As perdas de K dos tecidos vegetais para o solo também foram mencionadas por Tukey Júnior (1970) e Andrade et al. (1975).

TABELA 4. Distribuição de K em diferentes partes da planta de três cultivares de milho de acordo com seu estágio de desenvolvimento. Sete Lagoas, MG. 1994¹.

Parte da planta	Estádio ²	Cultivar		
		BR 106	AG 519	BR 201
		(kg/ha) -----		
Folhas (C.V. 14%; dms 9 kg/ha)	1	31a	13b	15b
	2	54a	42c	46bc
	3	60a	61a	61a
	4	53ab	55a	45b
	5	5b	14a	7ab
Colmos (C.V. 24%; dms 26 kg/ha)	1	28a	13a	13a
	2	59a	79a	75a
	3	89b	115a	105ab
	4	67a	72a	73a
	5	25a	32a	42a
Pendão (C.V. 26%; dms 2 kg/ha)	3	10b	13a	9b
	4	2a	2a	2a
	5	0,05a	0,03a	0,03a
Espigas (C.V. 16%; dms 10 kg/ha)	3	14a	18a	23a
	4	51b	69a	59ab

	5	25c	44a	38b
Grãos (C.V. 20%; dms 13 kg/ha)	5	18b	33a	31a
Brácteas (C.V. 24%; dms 2,5 kg/ha)	5	4a	6a	4a
Sabugos (C.V. 19%; dms 1,5 kg/ha)	5	2b	5a	3b
Eficiência (kg de grão/kg de K)	5	149	148	131
Exportação de K pelos grãos (%)	5	33	37	36

¹ Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P > 0,05$).

² 1: 6 a 8 folhas bem desenvolvidas; 2: início do florescimento; 3: início do enchimento de grãos; 4: grão farináceo; 5: camada preta.

A quantificação dos teores de nutrientes das espigas nos estádios 3, 4 e 5 representam a espiga como um todo, dada a dificuldade de separar as suas diferentes partes. No quinto estádio, com a formação e maturação fisiológica dos grãos, foi possível separá-las em brácteas, sabugos e grãos. Desta forma, entre a quarta e quinta amostragem, o decréscimo da quantidade total de K nas espigas deve-se, de modo análogo às folhas, à sua provável perda pelas brácteas.

Não foram observadas diferenças entre as cultivares quanto à eficiência e à exportação; todavia, o BR 106 extraiu menores quantidades do nutriente, o equivalente a 0,07 cmol/kg de solo, com maior incorporação inicial e maiores perdas para o solo. O AG 519 extraiu a maior quantidade, 0,12 cmol / kg de solo.

A aplicação, através de fertilizantes, de 170 kg/ha de K_2O (141 kg de K/ha) indica haver um aporte máximo de 86 kg ($141-55 = 86$), e mínimo de 51 kg de K/ha ($141-90=55$), ou o equivalente a 0,11 e 0,065 cmol K/kg de solo. Portanto, para a sustentabilidade do sistema em nutrição potássica é fundamental conhecer a capacidade extrativa da cultivar usada.

As quantidades e a distribuição de Ca nas diferentes partes das plantas encontram-se na Tabela 5. A mobilidade do Ca na planta é baixa, o que justifica não haver translocação dos colmos e das folhas para os grãos, ou seja, as quantidades deste nutriente foram crescentes com o período de amostragem, principalmente para o colmo. A quantidade de Ca nas espigas decresceu entre a fase 4 e a fase 5, provavelmente por influência das brácteas, pólen e tubos poliníferos.

TABELA 5. Distribuição de cálcio em diferentes partes da planta de três cultivares de milho de acordo com seu estágio de desenvolvimento. Sete Lagoas, MG. 1994¹.

Parte da planta	Estádio ²	Cultivar		
		BR 106	AG 519	BR 201
		----- (kg/ha) -----		
Folhas (C.V. 14%; dms 4 kg/ha)	1	6a	4ab	2b
	2	11a	10a	10a
	3	23a	25a	23a
	4	25ab	29a	22b
	5	20b	25a	18b
Colmos (C.V. 20,4%; dms 4,7 kg/ha)	1	3,1a	1,3a	1,1a
	2	7,5a	7,9a	6,2a
	3	18,4a	18,7a	13,1b
	4	16,6a	17,8a	15,0a
	5	27,3a	19,9b	18,5b
Pendão (C.V. 18%; dms 0,4 kg/ha)	3	1,8a	1,8a	1,4b
	4	1,5a	1,7a	1,0b
	5	1,0a	0,7a	0,8a
Espigas (C.V. 17%; dms 1,2 kg/ha)	3	1,0a	1,4a	1,6a
	4	5,2a	5,2a	5,7a
	5	5,6b	7,2a	4,8b
Grãos (C.V. 24%; dms 1 kg/ha)	5	1,6a	2,7a	1,1a
Eficiência (kg de grão/kg de Ca)	5	152	252	272
Exportação de Ca pelos grãos (%)	5	3	5	3

¹ Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P > 0,05$).

² 1: 6 a 8 folhas bem desenvolvidas; 2: início do florescimento; 3: início do enchimento de grãos; 4: grão farináceo; 5: camada preta.

O BR 201 apresentou maior produção de grãos por unidade de Ca acumulado, sendo o híbrido de menor exigência do elemento. A extração de 50 kg de Ca/ha pelas plantas é equivalente a 0,125 cmol de Ca/kg de solo.

A distribuição do Mg (Tabela 6) apresentou padrão semelhante ao do P, ou seja, uma provável mobilização para os grãos seguindo o processo de absorção. A cultivar BR 106 apresentou menor teor de Mg, sendo exportado pelos grãos (o equivalente a 0,165 cmol/kg de solo), e menor eficiência do que o BR 201 e AG 519. A maior extração de Mg foi observada no híbrido AG 519, ou seja, o equivalente a 0,23 cmol/kg. Portanto, no tocante à silagem houve decréscimo variável da relação Ca/Mg em função da extração diferencial de Mg pelas cultivares. Conforme Key et al. (1962), a relação Ca/Mg limita o crescimento do milho quando é inferior a 1,0, independentemente da magnitude da capacidade de troca de cátions que o solo apresenta. Em relação ao Ca, havendo maior extração de Mg, a produtividade do milho será necessariamente limitada pelo teor de Mg e dependente da capacidade extrativa de cada cultivar.

TABELA 6. Distribuição de Mg em diferentes partes da planta de três cultivares de milho de acordo com seu estágio de desenvolvimento. Sete Lagoas, MG. 1994¹.

Parte da planta	Estádio ²	Cultivar		
		BR 106	AG 519	BR 201
		----- (kg/ha) -----		
Folhas (C.V. 13%; dms 1,2 kg/ha)	1	2,1a	1,3a	0,8b
	2	4,7a	3,7b	3,4b
	3	8,2a	8,1a	6,2b
	4	8,3a	9,0a	5,2b
	5	4,7b	7,7a	4,2b

Colmos	1	1,6	0,7	0,6
(C.V. 21%; dms 2,6 kg/ha)	2	5,6	5,1	4,0
	3	14,8	15,2	9,5
	4	11,4	12,4	8,8
	5	12,6	11,0	9,9
Pendão	3	1,9a	1,9a	1,4b
(C.V. 21%; dms 0,3 kg/ha)	4	0,7a	0,7a	0,4b
	5	0,3a	0,2a	0,2b
Espigas	3	1,3	1,8	2,1
(C.V. 17%; dms 5,8 kg/ha)	4	10,4	10,8	9,4
	5	22,3b	36,2a	32,1a
Grãos				
(C.V. 21%; dms 12 kg/ha)	5	17,1b	30,5a	27,4ab
Eficiência (kg de grão/kg de Mg)	5	209	243	242
Exportação de Mg pelos grãos (%)	5	44	56	59

¹ Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P > 0,05$).

² 1: 6 a 8 folhas bem desenvolvidas; 2: início do florescimento; 3: início do enchimento de grãos; 4: grão farináceo; 5: camada preta.

O trabalho de Malavolta & Dantas (1978), mencionado como termo de comparação, indicou os seguintes valores de exportação: 67% de N, 80% de P, 20% de K, 3,6% de Ca e 26% de Mg, quando a produtividade do milho foi de 9 t de grãos e 6,5 t de palha residual.

Exceto no tocante ao Mg (exportação de 44 a 59% do absorvido) e o K (exportação de 33 a 36%), os valores obtidos para a exportação dos demais nutrientes estiveram dentro das médias indicadas por Malavolta & Dantas (1978). A exportação de N variou de 66 a 72%; a de P, de 80 a 88%; a de Ca, de 3 a 5%, e a de Zn, de 48 a 59%.

É conveniente observar que as quantidades de nutrientes que permaneceram nas folhas, colmos + bainhas e nas brácteas, principalmente no tocante ao K, Ca e Mg, não apresentaram variabilidades significativas entre cultivares.

Arnon (1975) mencionou que as diferentes partes da planta apresentam um percentual específico para o enchimento de grãos: o colmo contribui, em média, com 26%, as folhas com 60% e as brácteas, com 12% do total do N mobilizado para os grãos. Entretanto, principalmente no caso do P e Mg, não foi possível observar a contribuição específica destas diferentes partes da planta. Os dados indicam mobilização contínua do assimilado para os grãos. É provável que a temperatura tenha contribuído para este comportamento. O crescimento mais lento, limitado pelas temperaturas mais baixas, estabeleceu o fluxo contínuo do P para os drenos meristemáticos de maior exigência.

As diferenças entre cultivares quanto à taxa de conversão sugerem haver, entre cultivares, um melhor aproveitamento dos nutrientes assimilados em produção de matéria seca.

Os teores de Zn (Tabela 7) indicaram que as diferenças entre cultivares referem-se ao residual de Zn nos colmos e folhas. O BR 106 e BR 201 apresentaram menores teores do que o AG 519. A relação de eficiência, kg de grãos produzidos por unidade de Zn, indicou que o AG 519 é mais efetivo nesta conversão. O BR 201, apesar de não apresentar a maior relação de eficiência, possui a maior exportação de Zn pelos grãos. Para a sustentabilidade do sistema, portanto, é válido indicar a necessidade do balanço entre a quantidade de nutriente aplicada e a extraída pelas culturas, não apenas pela produtividade, mas também pela cultivar explorada.

TABELA 7. Distribuição de Zn em diferentes partes da planta de três cultivares de milho de acordo com seu estágio de desenvolvimento. Sete Lagoas, MG. 1994¹.

Parte da planta	Estádio ²	Cultivar		
		BR 106	AG 519	BR 201
		----- (g/ha) -----		
Folhas	1	0,6a	0,3b	0,3b
(C.V. 12,4%; dms 0,3 g/ha)	2	1,0ab	0,8b	1,1a

	3	1,6b	2,2a	2,1a
	4	1,5b	2,3a	1,4b
	5	0,8b	1,8a	0,9b
Colmos (C.V. 20%; dms 0,5 g/ha)	1	0,4a	0,1a	0,2a
	2	1,2a	0,9a	0,9a
	3	1,8a	0,3c	1,0b
	4	2,0a	2,2a	1,2b
	5	3,0ab	3,3a	2,8b
Pendão (C.V. 21%; dms 0,16 g/ha)	3	0,8a	0,9a	0,8a
	4	0,4a	0,3a	0,2a
	5	0,4a	0,2a	0,3a
Espigas (C.V. 23%; dms 2,1 g/ha)	3	0,4a	0,6a	0,7a
	4	3,9a	3,8a	4,2a
	5	9,2a	12,3a	13,4a
Grãos (C.V. 20%; dms 4 g/ha)	5	6,4a	9,8a	10,2a
Eficiência (kg de grãos/kg de Zn)	5	611	756	657
Exportação de Zn pelos grãos (%)	5	48	56	59

¹ Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P > 0,05$).

² 1: 6 a 8 folhas bem desenvolvidas; 2: início do florescimento; 3: início do enchimento de grãos; 4: grão farináceo; 5: camada preta.

CONCLUSÕES

1. A exportação de nutrientes é dependente da cultivar: a variação do N é de 66 a 72%; a do P, de 80 a 88%; a do Ca, de 3 a 5%, e a do Zn, de 48 a 59%.

2. A eficiência nutricional do N varia com a cultivar: o híbrido BR 201 apresenta maior relação de eficiência na conversão do N assimilado em grãos, e maior taxa de exportação deste nutriente pelos grãos.

3. Não há diferenças entre as cultivares quanto à produção de grãos por unidade de P absorvido.

4. Há mobilização contínua do P e do Mg assimilado para os grãos.

5. O híbrido BR 201 apresenta maior produção de grãos por unidade de Ca acumulado, e menor exigência deste elemento.

6. Há extração diferencial de Mg pelas cultivares.

7. As diferenças entre cultivares quanto à taxa de conversão de matéria seca em grãos sugerem haver variabilidade genética para melhor aproveitamento dos nutrientes assimilados.

REFERÊNCIAS

- AVELAR, B.C. **Cinqüenta anos de observação meteorológica de Sete Lagoas, MG**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1982. 33p. (Boletim Agrometeorológico, 4).
- 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. Acúmulo de macronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.32, p.115-149, 1975.
- ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. p.100-112.
- BEAUCHAMP, E.G.; KANNEMBERG, L.W.; HENTER, P.B. Nitrogen accumulation and translocation in corn genotypes following silking. **Agronomy Journal**, v.68, p.418-422, 1976.
- DAYNARD, T.B.; DUNCAN, W.G. The black layer and grain maturity in corn. **Crop Science**, v.9, n.4, p.473-476, 1969.
- DAYNARD, T.B.; TANNER, J.W.; HUME, D.J. Contribution of stalk soluble carbohydrates to grain yield in corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.9, n.6, p.831-834, 1969.
- DUNCAN, W.G.; HATFIELD, A.L.; RAGLAND, J.L. The growth and yield of corn. II. Daily growth of corn kernels. **Agronomy Journal**, v.57, p.221-223, 1965.

- 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**, v.36, n.22, p.223-229, 1977.
- GENTER, C.F.; JONES, G.D.; CARTER, M.T. Dry matter accumulation and depletion in leaves, stems and ears of maturing maize. **Agronomy Journal**, v.62, n.4, p.535-537, 1970.
- HIROCE, R. Extração de nutrientes pelo milho aos 65 dias após o plantio e pelas sementes na colheita. **Bragantia**, v.38, p.1-4, 1979.
- HIROCE, R.; FURLANI, A.M.C.; LIMA, M. **Extração de nutrientes na colheita por populações e híbridos de milho**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1989. 24p. (Boletim científico, n.17).
- KEY, J.L.; KURTZ, L.T.; TUCKER, B.B. Influence of ratio of exchangeable calcium-magnesium on yield and composition of soybeans and corn. **Soil Science**, v.93, n.4, p.265-270, 1962.
- LOPES, N.F. **Análise de crescimento e conversão da energia solar em população de milho (*Zea mays L.*) em Viçosa, Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1973. 61p. Tese de Mestrado.
- MALAVOLTA, E.; DANTAS, J.P. Nutrição e adubação do milho. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. p.429- 479.
- MEHLA, R.S.; SINGH, T.A. Comparison of dry matter nutrient accumulation in hybrid and composite maize. **Indian Journal of Agronomy**, v.25, n.3, p.370-377, 1980.
- OLSEN, S.R.; WATANABE, F.S.; DANIELSON, R.E. Phosphorus absorption by corn roots as affected by moisture and phosphorus concentration. **Soil Science Society of America. Proceedings**. v.25, p.289-294, 1961.
- POLLMER, W.G.; EBERHARD, D.; KLEIN, D.; DHILLON, B.S. Genetic control of nitrogen uptake and translocation in maize. **Crop Science**, v.19, p.82-86, 1979.
- RODRIGUES, M.S.P. **Varietal differences in maize in the uptake of nitrogen and its translocation of the grain**. Cornell: Cornell University, 1977. 167p. Ph.D. Thesis.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- TUKEY JUNIOR, H.B. The leaching of substances from plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.21, p.305-324, 1970.
- 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**, v.18, n.8, p.887-901, 1983.