

COMUNICAÇÃO

ABSORÇÃO, ACÚMULO E EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES NO MILHO DOCE CULTIVADO EM CONDIÇÕES DE CAMPO¹

Absorption, accumulation and export of macronutrients in sweet corn cultivated under field conditions¹

Ana Luiza Dias Coelho Borin², Regina Maria Quintão Lana³, Hamilton Seron Pereira⁴

RESUMO

O milho doce é uma hortaliça voltada para o processamento industrial, é ainda pouco difundido para o consumo *in natura* no Brasil, talvez pelo restrito número de cultivares adaptadas ao clima tropical. Os estudos sobre as práticas de manejo mais adequadas, incluindo a dinâmica de absorção de nutrientes pela cultura, ainda são inexistentes. Portanto, neste trabalho, objetivou-se determinar a absorção, o acúmulo e a exportação de nutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. Utilizou-se o híbrido simples Tropical, em delineamento inteiramente casualizado, sendo o experimento constituído por nove épocas de coleta (9, 18, 27, 36, 45, 54, 63, 72 e 81 dias após a emergência) com quatro repetições. As plantas amostradas em cada época (tratamento) foram cortadas no nível do solo para avaliação da parte aérea e divididas em planta e espigas, que foram utilizadas para a determinação da absorção de nutrientes pela parte vegetativa e sua redistribuição para a espiga. Foram calculadas as taxas de absorção diária dos macronutrientes, bem como as porcentagens de acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. O padrão de acúmulo de macronutrientes seguiu o acúmulo de matéria seca pelas plantas. A ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes na parte aérea foi: K > N > Mg > P > Ca > S. Para a maioria dos nutrientes, o intervalo de máxima absorção foi de 18 a 27 dias após a emergência.

Termos de indexação: *Zea mays*, marcha de absorção de nutrientes, nutrição mineral.

ABSTRACT

Sweet Corn is a vegetable addressed to industrial processing not widely consumed *in natura* in Brazil, possibly due to the restricted number of varieties adapted to the Brazilian tropical climate. Studies on the most appropriate management practices, which include the dynamics of nutrient absorption by the culture, are still nonexistent. Thus, the objective of this work was to determine the absorption, accumulation and export of nutrients in sweet corn under field conditions. Simple tropical hybrid was used, on an entirely randomized design comprised of nine treatments (9, 18, 27, 36, 45, 54, 63, 72 and 81 days after emergence) with four replicates. The plants were sampled in every treatment and cut to the soil surface for shoot (plant and ear) evaluation. Both parts were used to determine the absorption of nutrients by the plant and their transmigration to the ear. Daily nutrient absorption rates, as well as the accumulation percentages of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur were evaluated. The pattern of macronutrient accumulation followed the dry matter accumulation of the plants. The decreasing order of macronutrient accumulation at the shoot was: K > N > Mg > P > Ca > S. Most nutrients had a maximum absorption interval around 18 to 27 days after emergence.

Index terms: *Zea mays*, march of absorption of nutrients, mineral nutrition.

(Recebido em 30 de março de 2007 e aprovado em 11 de maio de 2009)

O milho doce é uma das mais populares hortaliças nos Estados Unidos, Canadá e Europa (Tracy, 2001). No Brasil, praticamente 100% da produção é voltada para o processamento industrial. A principal diferença entre o milho convencional e o milho doce é a presença de alelos mutantes que bloqueiam a conversão de açúcares em amido no endosperma, conferindo caráter doce (Barbieri, 2004). O milho doce apresenta pericarpo delgado e características

texturais particulares do endosperma que o fazem superior ao milho comum, quando no estado leitoso (Silva, 1994). Um dos fatores que não permitiu difundi-lo mais rapidamente entre o consumidor brasileiro foi a falta de cultivares adaptadas às condições tropicais, no entanto, hoje já existe cultivares adaptadas (Scapim, 1994). O Brasil, como um dos maiores produtores de milho do mundo, possui, também, um grande potencial para a produção de

¹Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora apresentada ao Departamento de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU

²Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento Ciências do Solo – Lavras, MG

³Universidade Federal de Uberlândia/UFU – Instituto de Ciências Agrárias – 38400-734 – Uberlândia, MG – rmlana@iciag.ufu.br

⁴Universidade Federal de Goiás/UFG – Jataí, GO

milho doce (Bordallo et al., 2005). São cultivados aproximadamente 36 mil hectares, estando a produção concentrada nos estados de Goiás, Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais. O estado de Goiás destaca-se como o maior produtor do vegetal, objetivando um mercado para exportação (Barbieri, 2004). Em razão do pequeno volume de informações relacionadas à nutrição mineral do milho doce, muitas lavouras têm sido implantadas utilizando a mesma adubação do milho convencional. Por esta razão, é fundamental a busca por informações mais precisas sobre as exigências dessa cultura. As informações sobre absorção e o acúmulo de nutrientes nas diferentes fases de desenvolvimento da planta permitem determinar as épocas em que os nutrientes são exigidos, além de possibilitar a correção de deficiências que, porventura, venham a ocorrer durante o desenvolvimento da cultura (Büll & Cantarella, 1993).

Nos trabalhos revisados para o milho convencional, foram constatadas algumas diferenças nas quantidades de nutrientes absorvidas, possivelmente ocasionadas pelas condições diferenciadas de cultivares e técnicas de cultivo. Entretanto, não há trabalhos sobre absorção, extração e acúmulo de nutrientes no milho doce, cultivado em condições de campo. Dessa forma, neste trabalho, objetivou-se determinar a acumulação, extração e dinâmica de absorção de macronutrientes pela cultura do milho híbrido Superdoce tropical em condições de campo.

O experimento foi conduzido no município de Jataí, em Goiás, na Área Experimental do Campus Avançado de Jataí da Universidade Federal de Goiás (UFG). A semeadura foi realizada, em condições de campo, em um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) textura argilosa, com as seguintes características químicas na camada de 0 a 20 cm: pH em água de 5,8, matéria orgânica de 2,1 dag k g⁻¹, 3,0 mg dm⁻³ de fósforo, 0,15 mg dm⁻³ de potássio, 2,5 cmol_c dm⁻³ de cálcio, 1,0 cmol_c dm⁻³ de magnésio, acidez potencial de 4,1 cmol_c dm⁻³, capacidade de troca de cátions de 7,8 cmol_c dm⁻³ e saturação por bases de 47%.

O experimento foi instalado utilizando delineamento inteiramente casualizado, com 9 épocas de coleta (9, 18, 27, 36, 45, 54, 63, 72 e 81 dias após a emergência) e 4 repetições.

As parcelas foram constituídas por 4 fileiras de 5,0 m de comprimento e 3,2 m de largura, perfazendo 16m². Entre fileiras, o espaçamento utilizado foi de 0,80 m e entre plantas, 0,20 m. Como área útil, consideraram-se os 3,0 m centrais das duas fileiras centrais.

Utilizou-se o híbrido simples Tropical e as práticas agrícolas relacionadas ao controle de pragas, doenças e plantas daninhas foram as mesmas propostas para o milho-verde comum.

Considerando os resultados da análise de solo e, conforme Ribeiro et al. (1999), a adubação de plantio recomendada foi de 530 kg ha⁻¹ da formulação 4-14-8. Foram realizadas duas adubações em coberturas aos 13 e 28 dias após a emergência (DAE), com sulfato de amônio 300 kg ha⁻¹ e, juntamente na primeira cobertura, foi utilizado 200 kg ha⁻¹ de 12-52-00 (MAP).

A coleta das plantas foi realizada em intervalos de 9 dias a partir da emergência. Após cada coleta, as plantas foram divididas em parte vegetativa (folhas, colmo e pendão) e espiga (palha, sabugo e cabelo), todo o material foi lavado e encaminhado para a estufa de ventilação forçada, com temperatura controlada à 65°C, por 48 horas. A moagem foi feita em moinho tipo Willey, utilizando-se uma peneira de malha 0,1 mm. Para avaliar o estado nutricional das plantas, foram realizadas análises químicas do tecido vegetal da parte vegetativa e das espigas e as determinações de N, P, K, Ca, Mg e S foram feitas conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial, utilizando-se o programa estatístico Sisvar. Em seguida, foram estimados os conteúdos e as taxas de absorção diárias dos macronutrientes na planta e na espiga, bem como a acumulação total. A taxa de absorção de cada nutriente foi obtida por meio da equação de melhor ajuste ao conteúdo de cada nutriente na planta e na espiga, em função de dias após a emergência.

O conhecimento dos padrões normais de acúmulo de matéria seca possibilita melhor entendimento dos fatores relacionados à nutrição mineral (Büll & Cantarella, 1993), portanto, os resultados obtidos no experimento, referentes à produção de matéria verde, produção de matéria seca e umidade, são apresentados na Tabela 1. Os valores de matéria verde e seca foram crescentes ao longo do ciclo, tendo o acúmulo máximo sido encontrado aos 81 dias. O intervalo com a maior taxa de crescimento e acúmulo de matéria seca foi entre 54 e 63 dias.

Na Figura 1, encontram-se as quantidades acumuladas totais de macronutrientes em função da época de coleta. O nitrogênio foi o nutriente mais absorvido até os 14 DAE; após este período, o potássio, até os 76 DAE. A partir daí, o nitrogênio apresentou maiores valores de absorção, seguido pelo potássio, magnésio, fósforo, cálcio e enxofre, sendo que os dois últimos apresentaram curvas muito semelhantes, conforme Andrade (1975), indicando um acentuado paralelismo entre as curvas de acumulação de cálcio e enxofre.

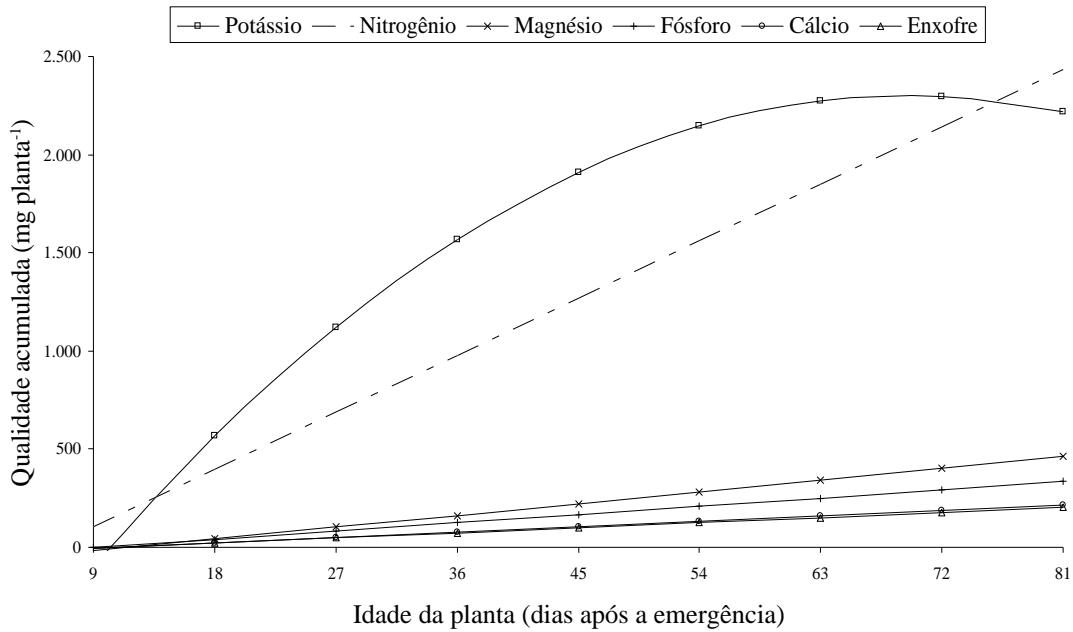
As quantidades de macronutrientes absorvidas pela parte vegetativa (planta e pendão) obedeceram à seguinte ordem: K > N > Mg > Ca > P > S, que está em concordância

com os resultados de Barber & Olson (1969), citados por Cruz et al. (1996), no qual a sequência de exigência do milho grão é a mesma. Na espiga, o acúmulo de

macronutrientes é alterado em relação à planta. A ordem encontrada de absorção é a seguinte: N > K > P > Mg > S > Ca (Figura 1 e Tabela 2).

Tabela 1 – Produção média estimada da parte aérea: matéria verde, matéria seca, ganho de matéria seca por coleta e teor de umidade da parte aérea total do milho doce, em função da idade.

Idade da planta (DAE)	Matéria verde (kg ha ⁻¹)	Matéria seca (kg ha ⁻¹)	Produção de matéria seca no intervalo	Umidade parte aérea (dag kg ⁻¹)
09	262,15	0,35	0,35	86,54
18	1.412,89	190,48	155,20	86,52
27	8.175,42	2.071,64	1.881,12	74,66
36	19.005,69	2.700,00	628,40	85,79
45	32.050,99	4.605,69	1.905,69	85,63
54	40.025,53	6.437,55	1.831,86	83,92
63	44.074,48	8.601,51	2.163,96	80,48
72	44.418,21	10.145,71	1.544,20	77,16
81	45.533,76	11.907,03	1.761,31	73,85



N	$y = 0,8397x - 4,7666$	$R^2 (\%) = 87,41$
K	$y = -0,017x^2 + 2,3642x - 22,332$	$R^2 (\%) = 91,94$
Mg	$y = 0,1727x - 1,9944$	$R^2 (\%) = 96,57$
P	$y = 0,1211x - 1,1175$	$R^2 (\%) = 93,39$
Ca	$y = 0,0802x - 0,845$	$R^2 (\%) = 89,17$
S	$y = 0,0751x - 0,79$	$R^2 (\%) = 96,41$

Figura 1 – Acúmulo de N, K, Mg, P, Ca e S total na planta de milho superdoce Tropical, em função da época de coleta.

Na parte aérea total, considerando a redistribuição de N, o acúmulo foi crescente até 81 dias, atingindo 2.271,71 mg planta⁻¹ (Tabela 2). A época de maior absorção de N foi no período compreendido entre 18 e 27 dias, fase em que se iniciou um período de crescimento acelerado e contínuo acúmulo de nutrientes e matéria seca.

Até 27 dias, para cada grama de matéria seca acumulada havia alta demanda de N e, sob condições de deficiência, é retardada a divisão celular nos pontos de crescimento (Arnon, 1975). Até os 36 DAE ocorreu cerca de 50% da extração total, o que está de acordo com Muzilli et al. (1989), pois a planta de milho chega a acumular 43% do N de que irá necessitar entre 25 e 45 dias, evidenciando a importância das adubações nitrogenadas de cobertura serem realizadas no período adequado, nos estádios V₆ e V₈ (Lobato & Sousa, 2004). A espiga apresentou maior quantidade acumulada de nitrogênio em comparação à planta. Conforme dados apresentados por Coelho & Gonçalo (2004), cerca de 75% do N são redistribuídos para os grãos. Isso ocorre, porque a formação dos grãos está diretamente relacionada com a translocação de açúcares e de N de órgãos vegetativos, sobretudo das folhas para os grãos. Como o milho foi colhido ainda verde, aproximadamente 52% foram redistribuídos para espiga e 48% permaneceram na planta.

Verifica-se que o acúmulo de fósforo (P) na planta (parte vegetativa mais o pendão) foi crescente até os 63 DAE, depois, houve um decréscimo ocasionado pela redistribuição do P da planta para a espiga (tabela 2). Cerca de 80% a 90% do P é redistribuído para as sementes (Coelho & Gonçalo, 2004). A época de maior absorção de P foi no período compreendido entre 18 e 27 dias, pois em todos os processos metabólicos que envolvam gasto de energia, desde a absorção de nutrientes até a formação dos diferentes órgãos, há participação direta ou indireta de P (Cruz et al., 1996).

O potássio apresentou alta taxa de acúmulo nos primeiros 30 dias de desenvolvimento, com ritmo de absorção superior ao N. Gamboa (1980) sugere uma maior necessidade de K em relação ao N e P, por ser ele um elemento de “arranque”. O acúmulo de K na planta foi crescente até os 45 DAE, seguido de um decréscimo ocasionado pela redistribuição para a espiga (tabela 2). A redistribuição de K nas plantas é facilitada, porque mais de 80% dele está presente nos tecidos vegetais em forma

solúvel. Cerca de 40% foram redistribuídos para espiga e 60% permaneceram na planta, o que está de acordo com dados de Coelho & Gonçalo (2004), em que aproximadamente 20% a 30% do K da planta são redistribuídos para os grãos.

Os nutrientes Ca e Mg apresentaram um pico de acúmulo situando-se entre 80 e 90 DAE, e com quantidades também semelhantes (tabela 2). A absorção de Ca pelas plantas ocorreu em todo o seu ciclo vegetativo e reprodutivo. A época de maior absorção de Ca foi no período compreendido entre 72 e 81 dias. Cerca de 50% do Ca necessário para o desenvolvimento da cultura são acumulados até os 54 DAE e o acúmulo torna-se contínuo até a colheita. Não há redistribuição do Ca da planta para a espiga, pois é um elemento não-móvel na planta, não sendo transportado pelo floema (Raij, 1991). No que se refere à extração de Ca, somente cerca de 8% são exportados pela espiga. Isso está parcialmente de acordo com os dados de Coelho & Gonçalo (2004), que demonstraram que cerca de 10% a 15% do Ca são exportados pelos grãos.

A absorção de Mg pelas plantas ocorreu em todo o seu ciclo vegetativo e reprodutivo. A máxima absorção do Mg foi aos 81 dias, o que está de acordo com os dados de Andrade (1975). Não houve distribuição do Mg da planta para a espiga (tabela 2), mesmo sendo um elemento móvel na planta. Trabalhos desenvolvidos por Peaslee & Moss (1966) mostram estreita relação entre a concentração foliar de Mg e a taxa de fotossíntese na cultura do milho.

O enxofre apresentou uma taxa de acúmulo na planta crescente até 81 dias (tabela 2) e, aos 45 dias, cerca de 50% do S requerido já havia sido absorvido pela planta. A máxima absorção ocorreu no período de 18 a 27 dias. O S é um elemento de pouca mobilidade no interior das plantas (Cruz et al., 1996), e, dessa forma, praticamente não houve redistribuição da planta para a espiga.

A dinâmica de absorção de nutrientes pela parte aérea do milho doce seguiu a ordem decrescente: K > N > Mg > P > Ca > S. A extração total de macronutrientes pela parte aérea do milho doce, em kg ha⁻¹, foi de 126,15 para o K; 123,05 para o N; 25,73 para o Mg; 18,86 para o P; 13,24 para o Ca e 10,79 para S. O intervalo de máxima absorção para N, P, K, Mg, e S foi de 18 a 27 DAE e para Ca foi de 72 a 81 DAE.

Tabela 2 – Quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg e S na planta de milho superdoce Tropical, em função de época de coleta.

Nutrientes	Dias após emergência	Planta	Espiga	Parte aérea total
		(folhas e pendão)	(palha, grãos e sabugo)	
		mg planta ⁻¹		
Nitrogênio	9	20,29	-	20,29
	18	117,93	-	117,93
	27	1.020,91	-	1.020,91
	36	1.067,94	-	1.067,94
	45	1.470,96	-	1.470,96
	54	1.385,88	271,35	1.657,23
	63	1.239,05	622,21	1.861,26
	72	1.223,98	846,72	2.070,70
	81	1.097,47	1.174,24	2.271,71
Fósforo	9	2,41	-	2,41
	18	10,56	-	10,56
	27	124,74	-	124,74
	36	129,22	-	129,22
	45	180,40	-	180,40
	54	130,65	50,34	180,99
	63	153,16	109,12	262,28
	72	137,20	143,25	280,45
	81	134,04	214,18	348,23
Potássio	9	23,92	-	23,92
	18	141,29	-	141,29
	27	1.462,31	-	1.462,31
	36	1.576,29	-	1.576,29
	45	2.010,45	-	2.010,45
	54	1.843,15	261,03	2.104,18
	63	1.526,61	587,48	2.114,09
	72	1.469,80	742,85	2.212,65
	81	1.396,37	932,61	2.328,98
Cálcio	9	1,33	-	1,33
	18	5,98	-	5,98
	27	70,29	-	70,29
	36	72,37	-	72,37
	45	113,03	-	113,03
	54	130,26	3,15	133,40
	63	153,10	4,75	157,85
	72	150,94	7,75	158,69
	81	234,27	10,09	244,36

continua...

Tabela 2 – Continuação...

Magnésio	9	1,62	-	1,62
	18	12,04	-	12,04
	27	120,91	-	120,91
	36	135,26	-	135,26
	45	241,71	-	241,71
	54	268,16	24,75	292,91
	63	283,08	62,94	346,01
	72	279,11	94,55	373,66
	81	353,85	121,06	474,91
Enxofre	9	0,98	-	0,98
	18	6,15	-	6,15
	27	58,50	-	58,50
	36	66,34	-	66,34
	45	112,58	-	112,58
	54	95,40	23,22	118,61
	63	102,72	48,62	151,34
	72	107,03	75,22	182,25
	81	103,75	95,48	199,22

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A.G. **Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 1975. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1975.

ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452p.

BARBIERI, V.H.B. **Parâmetros e componentes de produção de milho doce em função do híbrido, espaçamento e população de plantas**. 2004. 53p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

BORDALLO, P.N.; PEREIRA, M.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; GABRIEL, A.P.C. Análise dialélica de genótipos de milho doce e comum para caracteres agronômicos e proteína total. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.123-127, jan./mar. 2005.

BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. 301p.

COELHO, A.M.; GONÇALO, E.F. de. **Nutrição e adubação do milho**. In: _____. **Cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho.html>>. Acesso em: 28 out. 2004.

CRUZ, J.C.; MONTEIRO, J.A.; SANTANA, D.P.; GARCIA, J.C.; BAHIA, F.G.F.T.C.; SANS, L.M.A.; PEREIRA FILHO, I.A. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2.ed. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 204p.

GAMBOA, A. **La fertilización del maíz**. Berna: Instituto Internacional de la Potasa, 1980. 72p. (Boletín II P, 5).

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.; CALEGARI, A. **Adubação do milho**. Campinas: Fundação Cargill/IAPAR, 1989. 29p. (Fundação Cargill. Série técnica, 4).

PEASLEE, D.E.; MOSS, D.N. Photosynthesis in K and Mg - deficient maize (*Zea mays* L.) leaves. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.30, p.220-223, 1966.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H.A.V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359p.

SCAPIM, C.A. **Cruzamentos dialélicos entre sete cultivares de milho-doce e correlações entre caracteres agronômicos**. 1994. 96p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

SILVA, N. Melhoramento de milho doce. In: ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1994. p.45-49.

TRACY, W.F. Sweet corn. In: HALLAVER, A.R. **Specialty corn**. Boca Raton: [s.n.], 2001. p.155-198.