Ciência Rural, Santa Maria, 21(2): 283-292, 1991.
Aprov. p/ publicação em 27/01/92.

M I L H O D O C E

SWEET CORN

- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -

Lindolfo Storck* Cláudio Lovato**

RESUMO

O milho doce, originado de mutação do milho normal, é um milho especial para o consumo humano na forma de milho verde. No Brasil, este tipo de milho é um tanto desconhecido. Dado seu enorme potencial de consumo e de fonte de renda para os produtores hortigranjeiros, sua divulgação é oportuna e se faz necessária. Esta revisão trata da importância, da caracterização genética com implicações no melhoramento, do cultivo, consumo e conservação pós-colheita, principalmente, nos aspectos que o diferenciam do milho normal.

Palavras-chave: milho doce, genética, melhoramento, fisiologia.

SUMMARY

Sweet corn is a mutation originated from normal corn, appropriated for human consumption. It is of limited use in Brazil. However due its consumption potential and as an income source for small farmers its divulgation is desirable and necessary. This review is about its importance, genetics traits related to plant breeding, cultivation, consumption and postharvest storage.

Key Words: sweet corn, genetics, breeding, physiology.

INTRODUÇÃO

O milho doce é um milho especial para o consumo humano. Na fase de grãos leitosos, isto é, milho verde, os grãos são tenros e apresentam maior quantidade de sacarose, dextrinas e vitaminas em relação ao milho verde comum. Pessoas que provam o milho doce tornam-se fiéis consumidores do produto, geralmente adotando-o

* Professor Adjunto, Dr. Engº. Agrº., Departamento de Fitotecnia / Universidade Federal de Santa Maria. 97.119 - Santa Maria, RS. Bolsista do CNPq.

** Prof. Titular, PhD. Engº. Agrº., Departamento de Fitotecnia / Universidade Federal de Santa Maria, 97.119 - Santa Maria, RS.

em substituição ao milho verde comum.

O cultivo deste tipo especial de milho é ainda pouco difundido no Brasil. Provavelmente, isto se deva a sua pouca divulgação e a um desconhecimento generalizado por parte dos consumidores quanto às suas vantagens em relação ao milho normal. No entanto a situação está mudando e espera-se que, em pouco tempo, se torne uma cultura importante. Hoje, encontra-se, com facilidade, semente à venda em casas que comercializam insumos para agricultura.

Dados divulgados pelo Centro Nacional de Pesquisas em Hortaliças, referentes a 1985, já indicavam que, naquele ano, foram produzidas mais de 34 toneladas (t) de sementes da variedade Tropical, mais de 11t do Doce Cristal e quase 8t do Super Doce Cristal. Contudo não se tem dados sobre a quantidade efetivamente comercializada e sobre a área cultivada.

Para os produtores hortigranjeiros, nos cinturões verdes das cidades, é uma cultura de grande potencial econômico, desde que seja produzido escalonadamente e dentro dos limites de absorção do mercado. Uma vez colhidas as espigas de tamanho adequado, pode-se deixar as plantas com as espigas menores no campo por mais 10-14 dias, obtendo-se assim matéria prima para uma forragem de boa qualidade. Este produto usado como feno ou silagem praticamente cobre os custos da lavoura.

O cultivo do milho doce no que diz respeito ao preparo do solo, adubação, densidade e época de semeadura, controle de ervas daninhas, etc., é idêntico ao milho normal. No entanto, uma semeadura com espaçamento bem regular é importante para obter-se espigas de tamanho mais uniforme. Além disso, deve ser semeado em locais isolados do milho normal (200m ou em épocas diferentes ou usando barreiras físicas) ou de outros tipos de milho doce; as espigas devem ser colhidas para o consumo verde no período de 18 a 28 dias após a polinização (50% das espigas com estilos); por ser doce, podem ocorrer pragas nas espigas e, neste caso, recomenda-se pulverizá-las com defensivo a base de Carbamato na dose de 2g/l de i.a., quando 30% das espigas estão com estilos. Outra aplicação, é necessária, 5 a 6 dias após a primeira. Se forem usados outros produtos, deve-se observar as respectivas dosagens e períodos de carência.

Os consumidores terão a vantagem de obter um produto de melhor paladar, maior qualidade nutritiva e com possibilidades de armazenar em congeladores domésticos para utilização na entressafra. O milho doce verde, contendo maior proporção de açúcares e dextrinas, também possui menos amido, por isso não se presta para certos pratos típicos como pamonha e curau.

Para não perder suas qualidades, as espigas devem ser consumidas logo após a sua colheita, se possível no mesmo dia. Ferver as espigas durante 4 a 5 minutos é o suficiente; após invente no tempero. Para armazenar as espi-

gas por 3 a 4 dias, retira-se a palha, limpa-se bem e coloca-se dentro de um saco plástico na geladeira. Os feirantes, quando possuidores de sobras não vendidas, podem molhar bem as espigas e armazená-las na sombra, até o dia seguinte. Desta forma, apesar de perder um pouco das suas qualidades, amenizará a perda do aspecto comercial (STORCK et al, 1985). Espigas com ou sem palha colocadas na geladeira murcham e, com isto, perdem valor comercial. Para armazenar em congeladores domésticos (-18°C), por tempo de até um ano, procede-se da seguinte forma: limpa-se a espiga, ferve-se por um minuto e após resfria-se rapidamente (é importante) em água corrente ou água com gelo; deixar drenar a água; se preferir congelar em espiga (ocupa mais espaço) é só por em saco plástico e deixar no congelador, caso contrário, cortam-se os grãos, colocando-os em saco plástico, em porções diárias, retirando-se bem o ar do mesmo. Para utilizar, descongelam-se os grãos ao fogo, com pouca água (50ml/kg), ou em forno de microondas, tempera-se, etc.

DESENVOLVIMENTO

Sistemática, origem e variedades cultivadas

O milho doce (**Zea mays L.** grupo saccharata) pertence a família Gramínea, tribu Maydeae, gênero Zea.

Em função das mutações ocorridas nos milhos, existem hoje diferenças marcantes nas propriedades texturais, forma e quantidade de endosperma. Assim, existem milho duro, milho dentado, milho farináceo, milho ceráceo, milho pipoca e milho doce entre outros. As características duro e pipoca, em milho, são heranças poligênicas e as demais são monogênicas.

A teoria mais recente a respeito da origem do milho foi proposta por Paul C. Mangelsdorf. Segundo este pesquisador, que dispendeu 50 anos estudando o assunto, a tribu **Andropogoneae** deu origem a várias espécies, incluindo um tipo primitivo de milho, e a um teosinto de hábito perene. Do cruzamento natural destas duas espécies surgiram o milho moderno e um teosinto de hábito anual. Provas arqueológicas e genéticas corroboram esta hipótese.

A origem do milho doce é de uma mutação do milho normal. Vários genes mutantes (su-1, su-2, bt1, bt2, sh1, sh2, sh4, ae, du1) resultaram em variantes que são capazes de alterar a síntese de carbohidratos no endosperma das sementes, deixando-os mais doces na fase de grãos leitosos.

Herança dos principais caracteres do milho doce

São vários os genes capazes de modificar o aspecto e a composição química do endosperma dos grãos de milho verde ou maduro e seco (CREECH et al, 1963). Na Figura 1 são mostradas as localizações, nos cromossomos, de alguns genes de importância no melhoramento do milho doce e suas posi-

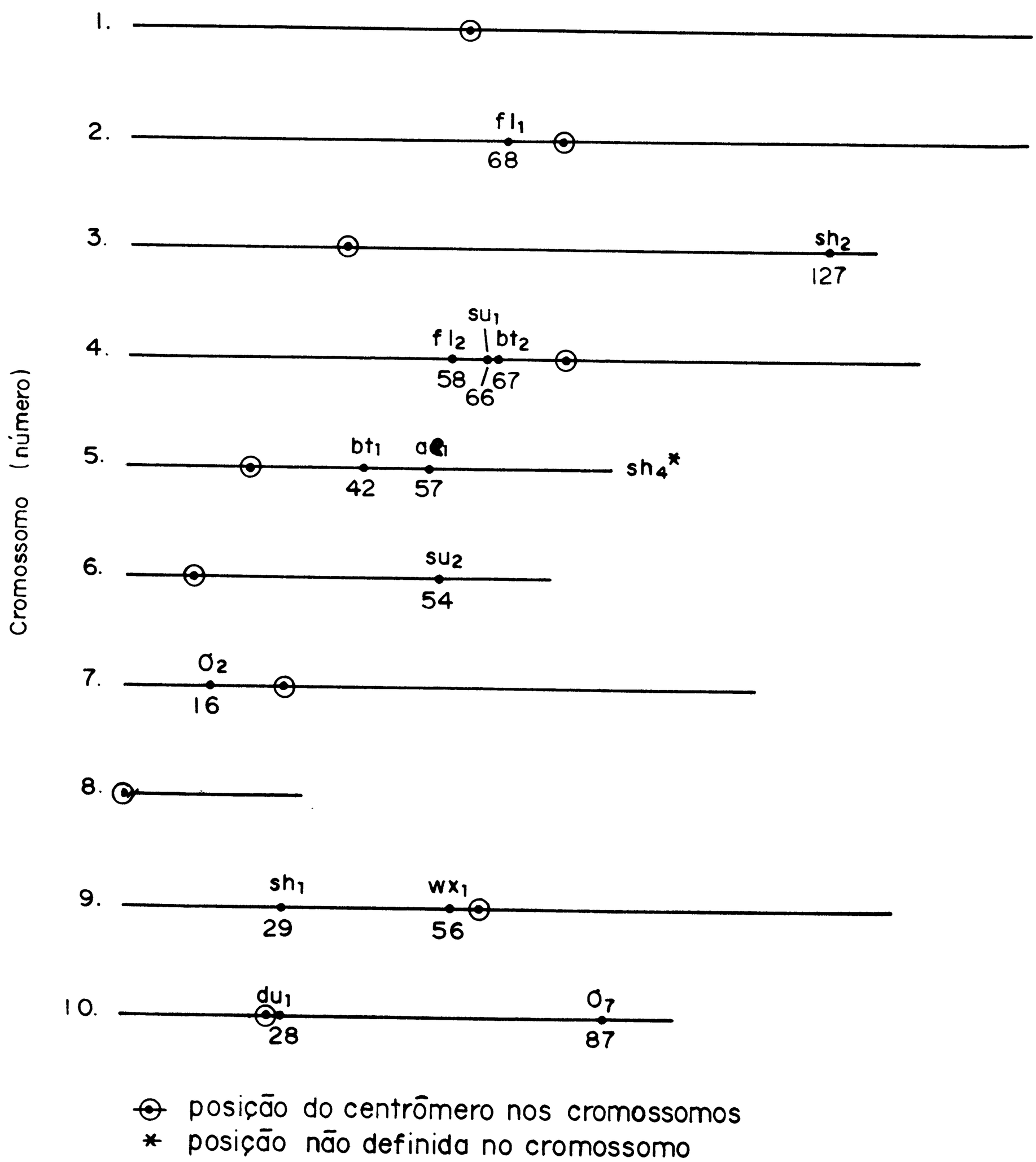

FIGURA 1 - Posição relativa de alguns genes nos cromossomas de milho capazes de afetar as características do endosperma (COE et al, 1983).

ções relativas. Para os genes mostrados, os caracteres se manifestam na forma homozigota recessiva. Assim, as formas heterozigotas e homozigotas dominantes caracterizam os milhos normais, isto é, sem a manifestação do carácter modificador do endosperma.

O gene su-1 (sugary-1), localizado no cromossomo 4, posição relativa 66 (Figura 1) é considerado padrão doce (COE et al, 1983). Quando se fala em milho doce se subentende que seja o genótipo su-1 su-1. Este gene, descrito em 1911 por East e Hayes (ALEXANDER & CREECH, 1977), é capaz de retardar e reduzir a transformação dos açúcares em amido durante o estádio de enchimento de grãos, deixando-os mais doces. Além disso, é o único gene capaz de apresentar no grão imaturo altas concentrações de PSA (Polissacarídeos Solúveis em Água) com propriedades importantes para as indústrias de enlatamento.

Dado que a manifestação do gene, que determina o carácter doce, se dá na forma recessiva, é importante manter as cultivares com esta característica distante das demais pois se um pólen não contendo o alelo su-1 fertilizar um óvulo qualquer, este resultará em uma semente de fenótipo normal, sendo tal fato conhecido por xênia. O isolamento recomendado pode ser por distância, época ou barreira física.

A manifestação do gene na forma recessiva e a xênia favorecem a transferência do gene de uma cultivar doce para uma cultivar não doce (normal), que pode ser feita da seguinte maneira: a) na primeira geração cruza-se uma cultivar doce (su-1 su-1) com uma cultivar normal (Su-1 Su-1), resultando daí sementes e plantas de fenótipo normal (Su-1 su-1); b) na segunda geração as plantas Su-1 su-1 são autofecundadas ou cruzadas entre si, e as sementes segregam para 25% normal (Su-1 Su-1) mais 50% normal (Su-1 su-1) mais 25% doce (su-1 su-1) de fenótipo enrugado e cristalino. Cruzando-se entre si os 25% das sementes su-1 su-1 o resultado em todo o tempo será de sementes doces, porém, os demais genes serão 50% da cultivar normal. Utilizando-se a planta doce como mãe aproveitam-se os efeitos maternos de certas qualidades que acompanham os milhos doces. Um ou dois retrocurzamentos para o doce são indicados para aproveitar certos genes para qualidade, existentes nos doces mais selecionados.

Outros genes são capazes de reduzir a quantidade de amido no endosperma (TOSELLO, 1978) deixando-os mais doces. Assim, os genes shrunken (sh1, sh2, sh4) e brittle (bt1, bt2) (Figura 1), denominados de super doce, sintetizam apenas pequena quantidade de amido e apresentam pouco PSA.

Os genes flowery (fl1, fl2), amylose-extender (ae), sugary-2 (su-2), waxy (wx) e dull (dull) (Figura 1) em combinações simples ou duplas apresentam conteúdos menores de amido, sendo por isto mais doces. Genes opaco (o2, o7) e fl2 são capazes de alterar as proporções de aminoácidos, principalmente lisina e triptofano, do endosperma.

Cruzando uma planta de milho doce (su-1 su-1 Sh2 Sh2) com uma planta de milho superdoce (Su-1 Su-1 sh2 sh2), as sementes resultantes serão todas de fenótipo normal (Su-1 su-1 Sh2 sh2). Na geração seguinte, ao autofecundar ou cruzar entre si, resultará uma segregação na seguinte proporção: 9/16 normal (Su-1__ Sh2 __), 3/16 doce (su-1 su-1 Sh2__), 3/16 superdoce (Su-2__sh2 sh2) e 1/16 doce-superdoce (su-1 su-1 sh2 sh2). Isto se apresenta para genes localizados em cromossomos diferentes. Para os genes situados no mesmo cromossomo deverá ser considerada a taxa de permutação, determinada pela distância relativa dos genes.

O gene **sugary enhancer** (se), de posição ainda não bem definida no cromossomo, é um modificador independente do su-1 (FERGUSON et al, 1978) capaz de produzir tantos açúcares quanto o sh2 ou bt1, sem perder conteúdo de PSA.

Maiores estudos sobre os genes e suas características, em combinações simples e duplas, foram publicados por CREECH et al (1963), ALEXANDER & CREECH (1977) e TOSELLO (1978).

Botânica e biologia da reprodução

A botânica e biologia da reprodução no milho doce são idênticas às do milho normal. Diferencia-se, apenas, na semente, que após a maturação fisiológica seca vagarosamente e, uma vez seca (milho doce su-1), é vítrea e enrrugada. Vítrea por causa da cristalização dos açúcares que se encontram em maior concentração e enrrugada devido à menor proporção de amido no endosperma.

Fisiologia do desenvolvimento

A fisiologia do desenvolvimento no que diz respeito a planta é semelhante ao milho normal. No entanto, a composição da semente do milho doce é bastante diferente, conforme se pode ver na Tabela 1, que mostra a evolução dos níveis de açúcares redutores, sacarose, polissacarídeos solúveis em água (PSA), amido e matéria seca de genótipos de milho doce comparados ao milho normal (CREECH et al, 1963; JAYNES & NELSON, 1971).

Confrontando-se o milho normal com os milhos doces de genes sh2, su-1 e sh2su-1, os níveis de açúcares redutores, sacarose e polissacarídeos solúveis em água nos milhos doces são muito superiores, principalmente após vinte dias da polinização. Por outro lado, a percentagem de amido e o teor de matéria seca também são sensivelmente mais baixos, principalmente para aqueles genótipos que contem o gene sh2. A maior proporção de açúcares no milho doce, em detrimento do amido, deve-se à inexistência ou à menor atividade de certas enzimas que transformam os polissacarídeos sintetizados pelas partes aéreas em amido quando estes são transferidos para os grãos. Entre estas enzimas estão a ADP - glucose pirofosforilase (DICKINSON & PREISS, 1969) que indiretamente

TABELA 1 - Quantidade de vários carbohidratos e matéria seca em grãos inteiros de alguns genótipos de milho em quatro estádios (datas após a polinização - DAP) de maturação.

Genótipo	DAP	Percentagem de				
		Açúcares Redutores	Sacarose	Polissacarídeos Solúveis em água	Amido	Matéria Seca
Normal	16	9,4	8,2	7,3	39,2	15,7
	20	2,4	3,5	2,8	66,2	27,1
	24	1,6	2,6	2,8	69,2	37,2
	28	0,8	2,2	2,2	73,4	43,8
sh2 (super doce)	16	6,9	21,4	5,6	22,3	16,8
	20	4,9	29,4	4,4	18,4	20,3
	24	4,4	24,9	2,4	19,6	22,9
	28	3,6	22,1	5,1	21,9	26,3
su-1 (doce)	16	9,2	16,5	14,3	23,3	19,9
	20	5,4	10,2	22,8	28,0	25,6
	24	3,6	9,5	28,5	29,2	30,5
	28	3,9	4,4	24,2	35,4	37,6
sh2 su-1 (doce super doce)	16	8,9	24,1	5,0	7,2	20,5
	20	8,1	25,4	4,9	11,2	23,8
	24	7,1	19,1	4,6	11,7	23,8
	28	5,7	20,1	4,9	15,7	24,6

FONTE: CREECH et al, 1963.

pode elevar o nível de sacarose, principalmente em materiais que possuem o gene sh2.

Melhoramento

No Brasil existe pouça tradição no trabalho de melhoramento genético. Atividades foram iniciadas e canceladas por razões diversas.

Pode-se, no entanto, fazer alguns registros, como os trabalhos iniciados em 1937 na Secção de Genética da ESALQ, em Piracicaba-SP, os quais seguiram até 1952 (MAZZACAPPA, 1952). Consistiram na introdução de cultivares

americanas e transferência do gene sugary (su-1) em populações locais, além de terem iniciado o processo de obtenção de linhagens para síntese de híbridos simples e seleção de populações.

Trabalhos de melhoramento foram também desenvolvidos no Instituto Agronômico de Campinas (IAC), daí resultando a cultivar "Nutrimaiz" que corresponde a uma conjugação do genótipo su-1 (sugary-1) e o2 (opaco-2) conferindo ao milho doce maior qualidade proteica.

A pesquisa em melhoramento do milho doce está sendo coordenada, em boa parte, pelo Centro Nacional de Pesquisa em Hortaliças (CNPH) da Embrapa, com sede em Brasília. O CNPH desenvolve sua atuação em três locais: Centro Nacional de Pesquisa em Fruticultura-Temperado (CNPFT) em Pelotas-RS; CNPH em Brasília e no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - RS.

As técnicas do melhoramento do milho doce são as usuais para o milho normal, quais sejam; seleção de populações e obtenção de híbridos. O objetivo geral deste melhoramento é o de obter cultivares cuja produção de espigas apresentem características que atendam as exigências das indústrias, produtores hortigranjeiros e consumidores.

As características de uma planta ideotipo de milho doce se assemelham muito às do milho normal, no entanto, deve-se acrescentar certas características da espiga, tais como: aroma, cor, doçura, pericarpo macio e não aderente, tamanho, forma, cor dos estilos e uniformidade. Uma planta ideal de milho (SILVA, 1983) possui desenvolvimento radicular profundo, colmos vigorosos de boa longevidade e resistência ao acamamento. Outros (MOCK & PEARCE, 1975) ainda sugerem: folhas rígidas orientadas verticalmente acima da espiga e horizontalmente sob a mesma; máxima eficiência fotossintética; conversão eficiente do produto da fotossíntese para os grãos; pequeno intervalo entre a liberação do pólen e a emissão dos estilos; tolerância a temperaturas baixas na germinação e desenvolvimento inicial; subperíodo amplo para enchimento de grãos, no qual as folhas devem permanecer verdes e ter senecência lenta. Além disso, as plantas devem ser resistentes a pragas e doenças.

As indústrias de enlatamento preferem uniformidade quanto ao tamanho e forma da espiga, uniformidade na umidade dos grãos, alta produção de grãos por espiga, grãos longos e amarelos, pericarpo fino, sabugo branco e estilos claros.

O consumidor prefere espigas grandes, amarelas, com bom aspecto, aroma e maciez e o produtor, cultivares com maior número e peso de espigas por hectare, espigas estas com boa aceitação pelo mercado consumidor.

Os milhos super doces dotados dos genes sh2 ou bt, por serem mais doces e com menos amido, apresentam maiores problemas de germinação em solos frios, em relação ao milho doce (gene su-1). Para resolver, em parte, este

problema, sugeriu-se (RHODES, 1978) um híbrido simples "doce duplo". O doce duplo é formado pelo cruzamento de uma linhagem fêmea su-1 com uma linhagem polinizador su-1 e sh2, isto é, doce-superdoce. A semente híbrida será de fenótipo doce e de melhor germinação. As espigas resultantes das plantas (su-1 su-1 Su2 sh2) serão todas doces e 25% dos grãos serão também superdoces. Esta percentagem causa uma sensível melhora na palatabilidade dos grãos da espiga.

Com o mesmo objetivo do milho doce duplo, foi também proposto o "doce-triplo" (GALINAT, 1976). O doce-triplo é formado pelo cruzamento de uma linhagem fêmea com os genes su-1 e sh2 com uma linhagem polinizadora com os genes su-1 e bt2. Os grãos segregantes nas espigas das plantas híbridas serão 56% apenas doces e 44% doce e superdoce, de paladar melhor que o doce duplo e também sem maiores problemas para o produtor, visto que, a semente híbrida é somente doce (su-1).

CONCLUSÃO

Não há dúvidas de que o consumo de milho doce no Brasil poderia ser maior. Para isto é necessário que sua cultura mereça maior atenção e divulgação por parte dos órgãos de extensão rural. Isto traria vantagens tanto para consumidores como para os produtores hortigranjeiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, D.E., CREECH, R.G. Breeding Special Industrial and Nutritional Types. In: **SPRAGUE, G.F.** Corn and Corn Improvement. Madison: Amer. Soc. Agronomy, 1977. p. 363-390.

COE Jr., E.H., HOISINGTON, D.A., NEUFFER, M.G. Gene list and linkage map of corn (maize) (**Zea mays** L.). **Maize Genetics Cooperation News Letter**, v. 57, p. 175-191, 1983.

CREECH, R.G., McARDLE, F.J., KRAMER, H.H. Genetic control of carbohydrate type and quantity in maize kernels. **Maize Genetics Cooperation News Letter**, v. 37, p. 111-120, 1963.

DICKINSON, D.B., PREISS, J. Presence of ADP-glucose pyrophosphorylase in shrunken-2 and britle-2 mutants of maize endosperm. **Plant Physiology**, v. 44, p. 1058-1062, 1969.

FERGUSON, J.E., RHODES, A.M., DICKINSON, E.B. The genetics of sugary (se), an independent modifier of sweet corn (su). **The Journal of Heredity**, v. 69, p. 377-380, 1978.

GALINAT, W.C. The pratical production of trisweet hybrids. **Maize Genetics Cooperation News Letter**, v. 50, p. 73, 1976.

GALINAT, W.C. The Origin of Corn. In: **SPRAGUE, G.F.** Corn and Corn Improvement. Madison: Amer. Soc. Agronomy, 1977. p. 1-47.

JAYNES, T.A., NELSON, O.E. Invertase activity in normal and mutant maize endosperms during development. **Plant**

Physiology, v. 47, p. 623-628, 1971.

MEZZACAPPA, M.P. Melhoramento do Milho Doce (**Zea mayz** L. var saccharata). **Annais da E.S.A. "Luiz de Queiróz"**, v. 9, p. 309-324, 1952.

MOCK, J.J., PEARCE, R.B. An idiotype of Maize. **Euphytica**, v. 24, p. 613-623, 1975.

RHODES, A.M. **Sweet Corn Varieties - Today and Tomorrow**. Urbana: University of Illinois, 1978. 2 p.

SILVA, W.J. da. Melhoramento do Milho para Maior Uniformidade de Resposta. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUTIVIDADE DO MILHO - SPM, 1983, Londrina, PR. **Anais**... Londrina, 1983. p. 211-213.

STORCK, L., LOVATO, C., MYERS Jr. , O. et al. Alternativa de conservação de milho doce. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 109-117, 1985.

TOSELLO, G.A. Milhos especiais e seu valor nutritivo. In: **PATERNIANI, E.** Melhoramento e Produção de Milho no Brasil. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. p. 310-338.