

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung und Genetik, Landwirtschaftliche Fakultät der Universität in Zagreb

Somatische Mutationen des Endosperms und ihre genetischen Grundlagen*

Von ALOIS TAVČAR

Mit 4 Abbildungen

A. Einleitung

Die bis jetzt beobachteten und genetisch analysierten somatischen Mutationen der Mais-Karyopse beziehen sich auf Veränderungen im Perikarp und in der Aleuronschicht, die leicht erkennbar sind. Somatische Mutationen, die die chemische Konstitution des Endosperms verändern, werden nur bemerkt, wenn sie auch strukturelle Abweichungen hervorrufen. Aus diesem Grunde bleiben zahlreiche Mutationen des Endosperms unbemerkt.

Nachfolgend sollen drei genetisch verschiedene somatische Endosperm-Mutationen beschrieben und nach Möglichkeit genetisch erklärt werden. Es handelt sich dabei um somatische Mutationen von

1. Zahnmais in Hartmais
2. Hartmais in Zahnmais
3. Stärkemaïs in Zuckermais.

B. Literaturübersicht

Der Zahnmais setzt sich aus einer glasierten Stärkeschicht an den Seiten des Kornes und einer mehligten Stärkeschicht im oberen Teil des Kornes zusammen. Die charakteristische pferdezahnförmige Einsenkung (Kunde) entsteht durch die schneller trocknende Stärkeschicht.

Beim Hartmais ist die Kornoberfläche an allen Stellen glasiert.

Der Zuckermais besitzt ein durchscheinendes, glasiges Endosperm. Nach EAST (1909) sind Zuckermaisvarietäten dadurch entstanden, daß sie die genetisch bedingte Fähigkeit für die Stärkeproduktion eingebüßt haben. Das Gen Su_1 für Stärkeendosperm bzw. su_1 für Zuckermais befindet sich am Locus 71 des vierten Chromosoms (EMERSON, BEADLE and FRASER, 1935).

Endospermstruktur, Protein- und Fettgehalt sowie der Anteil der glasigen Endospermschicht bei einigen jugoslawischen Zahnmais-, Hartmais- und Zuckermaisvarietäten wurden von TAVČAR (1942) beschrieben.

C. Eigene Beobachtungen

Die somatischen Mutationen des Maiskornes manifestieren sich in Abhängigkeit von ihrem Entstehungsort in einer unterschiedlichen Anzahl von Körnern. Sie können im Perikarp, Endosperm und im Embryo entstehen. Die untersuchten somatischen Mutationen wurden als sektorielle Abweichungen am Zahnmaiskolben und am Hartmaiskolben beobachtet.

1. Sektorielle Mutationen von Zahnmaisendosperm in Hartmaisendosperm in der Nachkommenschaft eines Zahnmaiskolbens

Im Jahre 1953 wurde bereits über eine sektorielle Mutation des Zahnmaisendosperms berichtet (TAV-

ČAR, 1953). Auf einem Kolben befanden sich 336 Zahnmaiskörner, in einem geschlossenen Sektor wurden 168 Hartmaiskörner gezählt (Abb. 1).

Dieser Kolben stammte aus einer Inzuchtlinie. Während die mutierten Hartmaiskörner einen Durchschnitt von 63% glasigem Endosperm besaßen, waren die nicht mutierten Zahnmaiskörner nur zu 29% glasiert. Die mutierten Körner wurden ausgesät und einige Pflanzen geselbstet. Die übrigen wurden



Abb. 1. Sektorielle Mutationen von Zahnmais in Hartmais an einem Zahnmaiskolben.

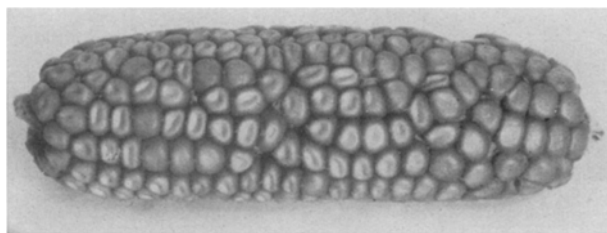


Abb. 2. Selbstbefruchteter Kolben einer Hartmaismutante.

mit Pollen von Pflanzen bestäubt, die aus nicht mutierten Zahnmaiskörnern aufgewachsen waren. Gleichzeitig wurden die nicht mutierten Nachkommenschaften mit Pollen der Hartmais-Mutanten hybridisiert. Das Ergebnis der Untersuchungen ist in Tab. 1 zusammengefaßt und statistisch bearbeitet. Nach Selbstbefruchtung ergab sich bei den mutierten Hartmaisnachkommenschaften ein Spaltungsverhältnis von annähernd 1:1 (Abb. 2).

Die Ursache für die Spaltung dürfte in der Heterozygotie der mutierten Hartmaiskörner zu suchen sein. Der Ursprung der Mutation dürfte in jenem Gewebe zu suchen sein, aus dem sich Eikern und Sekundärkern des Embryosackes entwickeln.

Obwohl die genetische Konstitution des Hart- und Zahnmaisendosperms noch nicht ausreichend erforscht ist, kann man die Manifestation dieser Eigenschaft von mehreren Genen abhängig machen. Die genetische Analyse ist durch die Modifikabilität dieser Eigenschaft sehr erschwert.

Nimmt man an, daß Z die phänotypische Konstitution des Zahnmaisendosperms und H die des Hartmaisendosperms bezeichnet, dann besitzt die Hartmaismutante die Konstitution HHZ. Auf Grund der genetischen Konstitution des Embryos HZ entwickeln sich aus den mutierten Körnern Pflanzen mit H- und Z-Pollen bzw. Embryosackkernen mit der Konstitution HH und ZZ. Nach der Selbstung

* Herrn Prof. Dr. OBERDORF zum 65. Geburtstag gewidmet.

Tabelle 1. Das erbliche Verhalten mutierter Hartmaismachkommensschaften, die aus einem Zahnmaiskolben stammten.

Nr.	Bezeichnung	Bestäubungsart	Pflanzen aus Korntypen				Gesamtkörnerzahl	Spaltung theoretisch (t)		e - t		$\sum \frac{(e - t)^2}{t}$	P
			indurata		indentata								
			Kornstruktur und Kornanzahl in Nachkommenschaft (e)										
			indur.	indent.	indur.	indent.							
I.	Mutanten Nr. 28-1	Selbstbefruchtung	57	61	—	—	118	59	59	-2	2	0,1355	0,7—0,8
	-2		78	72	—	—	150	75	75	3	-3	0,2400	0,5—0,7
	-3		49	54	—	—	103	51,5	51,5	-2,5	2,5	0,2427	0,5—0,7
	-4		54	60	—	—	114	57	57	-3	3	0,3157	0,5—0,7
	-5		52	57	—	—	119	59,5	59,5	2,5	-2,5	0,2100	0,5—0,7
	-6		68	73	—	—	141	70,5	70,5	-1,5	1,5	0,6382	0,3—0,5
	-7		53	47	—	—	100	50	50	3	-3	0,3600	0,5—0,7
	Gesamt			421	424	—	—	845	422,5	422,5	-1,5	1,5	0,0071
II.	Mutanten Nr. 28-8	Hybridisiert mit indentata	62	57	—	—	119	59,5	59,5	2,5	-2,5	0,2100	0,5—0,7
	-9		45	53	—	—	98	49	49	-4	4	0,6530	0,3—0,5
	-10		68	73	—	—	141	70,5	70,5	-2,5	2,5	0,1773	0,5—0,7
	Gesamt			175	183	—	—	358	179	179	-4	4	0,0447
III.	Nicht mutiert Nr. 28-11	Selbstbefruchtung	—	—	—	indentata							
	-12		—	—	—								
	-13		—	—	—	„							
	-14		—	—	—	„							
	-15		—	—	—	„							
	Gesamt			—	—	—	—						
IV.	Nicht mutiert Nr. 28-16	Hybridisiert mit indurata-Mutanten	—	—	82	76	158	79	79	3	-3	0,0759	0,7—0,8
	-17		—	—	58	63	121	60,5	60,5	-2,5	2,5	0,2066	0,5—0,7
	-18		—	—	65	58	123	61,5	61,5	3,5	-3,5	0,3983	0,5—0,7
	-19		—	—	78	70	148	74	74	4	-4	0,1081	0,7—0,8
	-20		—	—	61	69	130	65	65	-4	4	0,1231	0,7—0,8
	Gesamt					344	336	680	340	340	4	-4	0,0235

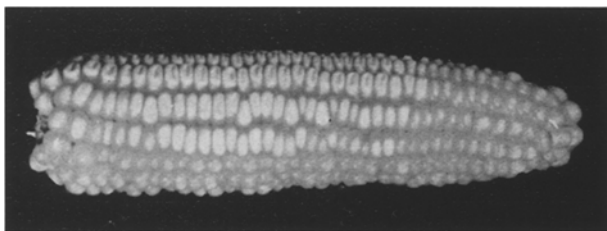


Abb. 3a. Sektorielle Zahnmaismutante an Hartmaiskolben.

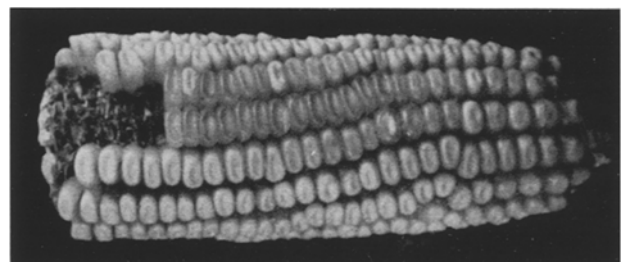


Abb. 4a. Körner mit Zuckermaisendosperm an einem Zahnmaiskolben.

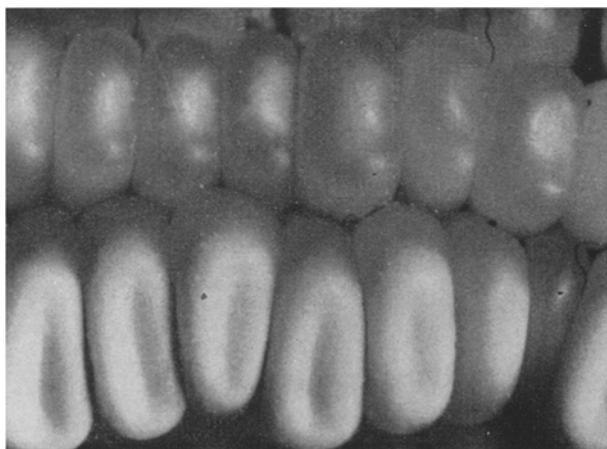


Abb. 3b. Teilausschnitt des Kolbens.

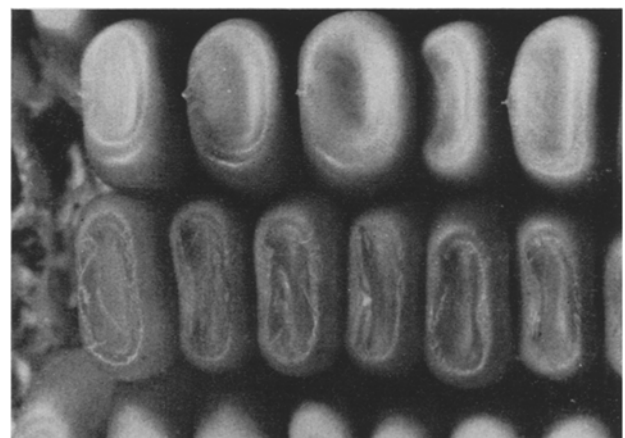


Abb. 4b. Teilausschnitt des Kolbens.

Tabelle 2. Nachkommenschaftsprüfung der Zahnmaismutanten.

Nr.	Bezeichnung	Bestäubungsart	Pflanzen aus Korntypen				Gesamtkörnerzahl	Spaltung theoretisch (t)		e - t		$\sum \frac{(e - t)^2}{t}$	P
			indentata		indurata								
			Kornstruktur und Kornanzahl in Nachkommenschaft (e)										
			indent.	indur.	indent.	indur.							
I.	Mutanten N 203-1	offen mit indentata-Pollen	—	—	52	59	111	55,5	55,5	-3,5	3,5	0,442	0,5—0,7
	-2		—	—	48	54	102	51,0	51,0	-3,0	3,0	0,352	0,5—0,7
	-3		—	—	61	57	118	59,0	59,0	2,0	-2,0	0,136	0,7—0,8
	-4		—	—	55	49	104	52,0	52,0	3,0	-3,0	0,346	0,5—0,7
	-5		—	—	47	54	101	50,5	50,5	-3,5	3,5	0,484	0,3—0,5
	-6		—	—	42	47	89	44,5	44,5	-2,5	2,5	0,280	0,5—0,7
	Gesamt		—	—	305	320	625	312,5	312,5	-7,5	7,5	0,360	0,8—0,9
II.	Nicht mutiert N 202-10	offen mit indentata				indur.							
	-11					indur.							
	-12					indur.							
	-13					indur.							
	-14					indur.							

Tabelle 3. Nachkommenschaftsverhältnis der Zuckermaismutanten.

Nr.	Bezeichnung	Bestäubungsart	Pflanzen aus Korntypen				Gesamtkörnerzahl	Spaltung theoretisch (e)		e - t		$\sum \frac{(e-t)^2}{t}$	P
			Su		su								
			Kornstruktur und Kornanzahl in Nachkommenschaft (e)										
			Su	su	Su	su							
I.	Mutanten 278-1 -2 -3 -4 -5 -6	offen mit <i>indentata</i> - Pollen			105 123 114 125 123 138	32 36 34 46 38 42	137 159 148 171 161 180	102,75 119,25 111,00 128,25 120,75 135,00	34,25 39,75 37,00 42,75 40,25 45,00	-2,25 -3,75 3,00 -3,25 2,25 3,00	2,25 -3,75 -3,00 3,25 -2,25 -3,00	0,197 0,472 1,054 0,329 0,168 0,069	0,5-0,7 0,3-0,5 0,3-0,5 0,5-0,7 0,5-0,7 0,7-0,8
	Gesamt				728	228	956	717,00	239,00	6,50	-6,50	0,2354	0,8-0,9
II.	Nicht mutiert 278- 7 - 8 - 9 -10 -11	offen mit <i>indentata</i> - Pollen	Su " " "										

entstehen auf den Kolben Hartmaiskörner mit der Formel HHH und HHZ sowie Zahnmaiskörner in der Zusammensetzung ZZZ und ZZH. Beide kommen im Verhältnis von etwa 1:1 vor. Dies wird durch folgendes Schema erläutert:

$\begin{matrix} \text{♀} & \text{♂} \end{matrix}$	H	Z	
HH	HHH	HHZ	= Hartmais
ZZ	ZZH	ZZZ	= Zahnmais

Die Spaltung im Verhältnis 1:1 trat auch ein, wenn die Mutanten mit Zahnmaispollen bestäubt wurden. Die Selbstungen der nicht mutierten Zahnmaiskörner spalteten nicht auf.

2. Sektorielle Mutation von Hartmais in Zahnmaisendosperm

Unter mehreren hundert Pflanzen einer Hartmaissorte konnte an einem Kolben eine sektorielle Zahnmaisendosperm-Mutation beobachtet werden. Wäh-

rend 378 ein typisches Hartmaisendosperm aufwiesen, waren 141 Körner mutiert (Abb. 3a und Abb. 3b).

Die mutierten Zahnmaiskörner waren im Durchschnitt zu 28% glasig. Die Hartmaiskörner wiesen ein 64%iges glasiges Endosperm auf. Die frei abblühenden Nachkommenschaften wiesen ein Spaltungsverhältnis von annähernd 1:1 auf (Tab. 2).

Das Ergebnis kann damit erklärt werden, daß die Mutanten die genetische Konstitution ZZZ haben mußten, weil die Befruchtung mit Hartmaispollen erfolgte. Der Embryo dieser Körner besaß die Konstitution ZH. Die nicht mutierten Hartmaiskörner hatten die Endospermkonstitution HHZ und der Embryo besaß die Zusammensetzung HZ.

3. Sektorielle Mutation von Stärkeendosperm in Zuckerendosperm an einem Zahnmaiskolben

Unter einigen tausend Pflanzen einer offen bestäubten Zahnmaissorte befand sich an einem Kolben ein geschlossener Sektor mit 56 Zuckermaiskörnern.

Die übrigen 372 Körner dieses Kolbens waren normal (Abb. 4a und Abb. 4b).

Aus den Nachkommenschaften der mutierten Körner entwickelten sich nach der Bestäubung mit Zahnmaispollen zu 25% Zuckermaiskörner (Tab. 3).

Aus den nicht mutierten Zahnmaispollennachkommenschaften entwickelten sich nur Pflanzen mit normalem Stärkeendosperm. Nimmt man an, daß Su den Phänotyp des Zahnmais-Stärkeendosperms charakterisiert und su das Zuckermaisendosperm bezeichnet, dann kann für das Zuckermaisendosperm die genetische Konstitution von su-su-Su angenommen werden. Aus den Körnern mit dem su-Su-Embryo können sich theoretisch Pflanzen entwickeln, deren Nachkommenschaften Körner mit Stärke- und Zuckermaisendosperm im Verhältnis 3:1 besitzen. Dies wird durch folgendes Schema erläutert:

♀ \ ♂			su		Su	
	su	Su	su	Su	su	Su
su	su su	su Su	su su	su Su	su su	su Su
Su	Su su	Su Su	Su su	Su Su	Su su	Su Su

D. Zusammenfassung

Es werden drei verschiedene sektorielle somatische Mutationen des Maisendosperms beschrieben und analysiert.

Es handelt sich um folgende Mutanten:

1. Hartmaiskörner an einem Zahnmaiskolben.
2. Zahnmaiskörner an einem Hartmaiskolben.
3. Zuckermaisendosperm an einem Zahnmaiskolben.

Bezeichnet man den Genkomplex für Zahnmais mit Z und den für Hartmais mit H, so ergibt sich folgende genetische Konstitution:

- a) Hartmaismutanten: HHZ im Endosperm und HH im Embryo.
- b) Zahnmaismutanten: ZZZ im Endosperm und HZ im Embryo.
- c) Zuckermaismutanten: su-su-Su im Endosperm und su-Su im Embryo.

Literatur

1. EAST, E. M.: A note concerning inheritance in sweet corn. Science 29 (1909).
2. EMERSON, R. A., G. W. BEADLE, and A. C. FRASER: A summary of linkage studies in maize. N.Y. (Cornell) Agr. Exp. Sta. Mem. 180 (1935).
3. HAYES, H. K., and F. R. IMMER: Methods of plant breeding. McGraw-Hill Book Comp. 1942.
4. TAVČAR, A.: Die Struktur und der Protein- und Fettgehalt in verschiedenen Varietäten und einheimischen Sorten von Mais (*Zea mays*). Revisio Scientifica Agriculturae, Zagreb 1942.
5. TAVČAR, A.: Somatic mutation of Endosperm from *indentata* to *indurata* in *Zea mays* L. and the mode of its inheritance (kroatisch mit engl. Summary). Glasnik biol. sekc. sez. II/B (Zagreb), 7, 349—353 (1953).

Aus dem Institut für Acker- und Pflanzenbau Müncheberg/Mark der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin und dem Institut für Pflanzenzüchtung der Karl-Marx-Universität Leipzig

Polyploide *Lupinus luteus*

Von H.-J. TROLL*, G. JAGODA und A. KUNZE

Mit 10 Abbildungen

Die Züchtungsarbeiten an *Lupinus luteus* sind in den vergangenen drei Jahrzehnten fast ausschließlich unter faktorgenetischen Gesichtspunkten erfolgt. Das hatte bei der monofaktoriellen Vererbung der Werteigenschaften, wie Alkaloidarmut, Platzfestigkeit der Hülsen und der Wuchseigenschaften normal, froh- und hochwüchsig, seinen berechtigten Grund. Es dürfte das Verdienst von G. BECKER (2) sein, nachdrücklich auf die Gefahren der Einengung des Gen-Bestandes bei Selbstbefruchtern durch die faktorgenetisch beeinflusste Züchtungsmethodik hingewiesen zu haben. Die Art *Lupinus luteus* ist zu den fakultativen Selbstbefruchtern zu rechnen, die bei freiem Abblühen der Fremdbefruchtung durch Insekten aber ausgesetzt und zugänglich ist. Züchtungsmethodisch ist zwar die Kreuzungszüchtung zur Erhaltung und Erhöhung der Formenmannigfaltigkeit durch Einbeziehung von Wildformen und Landsorten in Müncheberg ständig in größerem Umfang durchgeführt worden. Ferner wurde dort künstliche Mutationsauslösung mit Röntgen- und Gammastrahlen betrieben (11). Zur Fixierung der genannten Werteigenschaften ergab sich aber trotzdem gezwungenermaßen eine starke Einengung des Genbestandes durch Selektion. Diese Erwägungen hatten schon in

den Jahren während des letzten Krieges dazu geführt, in Müncheberg künstlich polyploide Formen anzustreben, um die Formenfülle zu bereichern.

Es war STRAUB (8) bereits 1940 möglich, durch Colchicineinwirkung auf Freilandpflanzen von *Pisum sativum* tetraploide Pflanzen auf diploider Unterlage zu erhalten. Mit demselben Ziel hatten 1939 MÜNTZING und RUNGQUIST (5) sowie WERNER (14) 1940 dies vergeblich versucht. STRAUB (10) konnte 1950 tetraploide Erbsenkörner und tetraploide Erbsenpflanzen auf gleichartiger Wurzel auf Bildern zeigen. Ferner veröffentlichte STRAUB (10) 1950 ein Bild, das „Pollenkörner aus diploiden (rechts) und tetraploiden Staubbeuteln der Süßlupine“ darstellt. In Müncheberg war es damals nicht gelungen, künstliche Polyploide bei *Lupinus luteus* so auszulösen, daß sie bis zur Blüte lebensfähig blieben. Die in Töpfen mit Colchicin behandelten Pflanzen gingen restlos im Jugendstadium ein. Von *Lupinus albus* wurde in dieser Zeit von TROLL (3) im Freiland eine spontan aufgetretene Form gefunden, die sich bei der cytologischen Untersuchung als tetraploid erwies und wenige Jahre hindurch weiter vermehrt werden konnte. Die erhalten gebliebene Abb. 1 zeigt solche Pflanzen.

Auch SCHWANITZ (6) berichtet 1938 in seiner Arbeit über „die Herstellung polyploider Rassen bei Beta-Rüben und Gemüsearten durch Behandlung mit

* Herrn Prof. Dr. F. OBERDORF zum 65. Geburtstag gewidmet.