

DOMINANTNA STERILNOST POLENA KOD KUKURUZA

(Primljeno u sjednici Odjela za prirodne i medicinske nauke 7. IV. 1948.)

UVOD

Kukuruz (*Zea Mays* L.) je diklinska biljka, kod koje se prašnični cvjetovi razvijaju na vrhu biljke, t. j. na metlici, a tučkovi cvjetovi na klip, koji se nalazi obično u pazušcu srednjeg lista. Kod biljaka sa dva i više klipova najprije izraste i spolno sazrijeva najgornji klip, a onda postepeno drugi i eventualno dalji klipovi.

Metlica cvate na taj način, da se pojave polenice, koje na vršku sa strane raspucaju i iz njih ispada polen. To se dešava obično nekoliko dana ranije, nego što se na klipu pojave žigovi. Kukuruz je u pravilu alogamna, ali fakultativno i autogamna biljka, t. j. i kopulacijom polenove jezgre i jajne stanice jedne te iste biljke nastaje normalna oplodnja.

Ima primjera, ali dakako vrlo rijetkih, kad je na nekoj biljci polen posve sterilan, dok su tučkovi cvjetovi na klipu iste biljke normalno razvijeni i sposobni za oplodnju.

Poznati su i primjeri genetski različitih biljaka s abnormalnim tučkovim cvjetovima. Iz niže navedenih literaturnih podataka vidjet će se, da se dosada istraživana razna sterilnost polena kod križanja nasljeđuje recesivno, odnosno citoplazmatski. Međutim sam u jednoj našoj sorti kukuruza pronašao sterilnost polena, koja kod križanaca sa drugim sortama dominira. Ako bi se ovo svojstvo razvilo u većoj mjeri, imalo bi za posljednicu velike gubitke u prirodu zrna.

LITERATURNI PODACI

Do danas se u genetičkoj literaturi spominje dvadeset različitih recesivnih gradacija »muške«, t. j. polenove sterilnosti. Ove se sterilnosti označuju sa ms_1 do ms_{20} .

Svojstvo ms_1 istražili su Eyster (1921.), Singleton i Jones (1930.). Na biljkama se antere pojave kasnije izvan košuljice (palaea inferior) i obuvenac (palaea superior) negoli u normalnih

genotipova. One su smežurane i ne pucaju. Tučkovi cvjetovi su normalno razvijeni. Ovo je svojstvo korelativno vezano sa VI. skupinom svojstava

Svojstvo ms_2 (Eyster, 1931., 1934.) ne razlikuje se mnogo od svojstva ms_1 , ali pripada u IX. skupinu korelativno vezanih svojstava. Za svojstvo ms_3 ustanovio je Eyster (1931., 1934.), da se po fenotipu ne razlikuje od biljaka sa svojstvom ms_1 , ali se ono korelativno pojavljuje sa III. skupinom svojstava.

Beadle (1932.) je proučio trinaest daljih genetski različitih svojstava polenove sterilnosti.

Za svojstvo ms_{17} ustanovio je Emerson (1932.), da je u korelaciji sa I. skupinom vezanih svojstava, a Eyster (1933., 1934.) je našao još tri dalja tipa sterilnosti polena. Od toga su ms_{18} u V. skupini, a ms_{19} i ms_{20} u IX. skupini vezanih svojstava.

Pomenuti autori dakle smatraju, da su materijalne osnove za razvoj sterilnosti polena u karioplazmi.

Rhodes (1933.) je opisao primjer sterilnosti polena, koja se nasljeđuje maternalno, t. j. citoplazmom. Citološkim je istraživanjima Rhodes ustanovio, da se deformirane mikrospore ne razlikuju od normalnih samo oblikom i veličinom, nego i manjim brojem citoplazmatskih elemenata.

Josephson i Jenkins (1948.) navode primjer sterilnosti polena, koja je primijećena god. 1945. i posljednjih godina na seljačkim poljima, zasijanim nekim hibridnim kukuruzom u područjima Kentucky, Tennenslee i Indiana u Sjedinjenim Američkim Državama. Na više polja u blizini Hendersona, u državi Kentucky samo oko 20% do 85% kukuruza bilo je oplodeno. Ovaj sterilitet izazvao je u tom kraju veliku zabrinutost. Pomenuti hibridni kukuruz nazvan je kukuruz s malobrojnim zrnom (*«scatter-grain hybrids»*). Takva sterilnost zapažena je na kukuruzu bijelog zrna i kod nekih komercijalnih hibridnih sorata porijeklom od križanaca sa br. 33—16, uzgojenom incestom u državi Indiana u linijom Ky 27, uzgojenom u državi Kentucky. Ovo se svojstvo navodno nasljeđuje preko citoplazme.

PROBLEM

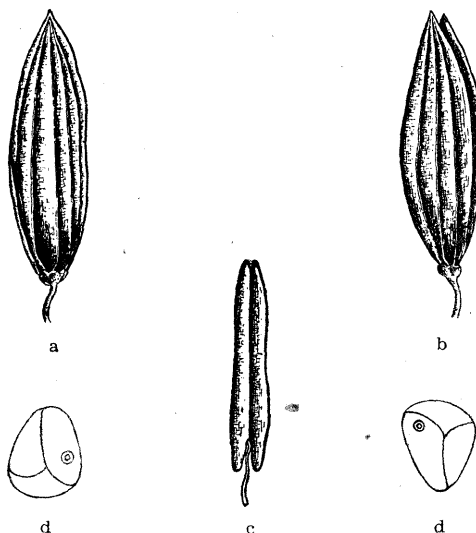
Kod mojih sam istraživanja dosada ustanovio, kako kod kukuruza bijelog zrna, tako i kod onog žutog zrna osam različitih genetski uvjetovanih gradacija između potpune muške sterilnosti i potpune fertilnosti. Genetski sam proučio onu sterilnost polena, koja se kod križanja s normalnim biljkama žutog zrna nasljeđuje kao dominantno svojstvo. Ovo je dosada jedini primjer sterilnosti polena s dominantnim nasljeđivanjem.

Budući da dominantno nasljeđivanje sterilnosti polena može da izazove i velike štete u prirodu zrna, nastojao sam, da genetski

proučim odnos ovog svojstva prema deset raznih skupina vezanih svojstava, dosada proučenih kod kukuruza.

VLASTITA ISTRAŽIVANJA

God. 1934. su na pokušalištu Zavoda za oplemenjivanje bilja i genetiku Poljoprivrednog fakulteta sveučilišta u Zagrebu iz jednog klipa kukuruza domaćeg zubana (*Zea Mays indentata*) normalnog zrna sa pustare Orlovnjak kod Osijeka izrasle biljke, i to ukupno 124 normalnog rasta i normalno razvijenih klipova, ali im metlice nisu cvale, t. j. nisu se pojavile antere. Proučavane su metlice tih biljaka i uspoređivane s normalnim metlicama onih biljaka, koje su bile porijeklom od zrna jedne biljke iste sorte kukuruza.



Klasići, polenice i polen biljaka sterilnih prašnika: a) klasić — sa strane, b) klasić — ventralna strana, c) prašnice (polenice) i d) polen. Spikelets, anther and pollen of the plants with the dominant male sterility: a) spikelet — side view, b) spikelet — ventral side, c) anther and d) pollen.

Tim je istraživanjima ustanovljeno, da se normalne, t. j. »fer-tilne« metlice ne razlikuju od pomenutih »sterilnih« metlica što se tiče ovih svojstava: duljine metlice, broja klasića i rasporeda klasića. Isto je tako duljina klasića jednih i drugih metlica posve jednaka.

Po vanjskom izgledu se klasići »fertilnih« metlica razlikuju od klasića sterilnih metlica samo po tome, što se oni kod posljednjih za cvatnje ne otvaraju (sl. 1. a i b).

Isto tako je posve jednaka i grada klasića jednih i drugih metlica.

Razlika između jednih i drugih metlica vidljiva je samo u anterima i u polenu. Kod »fertilnih« i kod »sterilnih« metlica su doduše polenice jednako dugačke, ali su kod posljednjih za trećinu tanje i smežurane (c). Kod »sterilnih« metlica polenice se za cvatnje metlice ne pojavljuju izvan pljevica i ne pucaju. Ako presiječemo polenicu, nailazimo na polen, koji je za trećinu manji od normalnog, smežuran je i nekljav (d). Držak je za tri četvrtine kraći i za oko polovinu tanji od drška normalnih prašnika (c).

Sve biljke, izrasle iz zrna jednog klipa, imale su »sterilne« metlice, premda su žigovi ovog klipa god. 1933. bili slobodno oprášeni, t. j. oprášeni polenom normalnih biljaka.

Sve 124 biljke »sterilnih« metlica oprášene su god. 1934. raznim genotipovima normalnih metlica.

Za očeve uzeto je deset različitih genotipova — testera, od kojih je svaki imao po jedno svojstvo, za koje je poznato, u koju skupinu korelativnih svojstava pripada.

Ova su križanja vršena, da se utvrdi, kojim je svojstvom vezana ova sterilnost prašnika, metlica, odnosno polena.

Muško-sterilne biljke iz god. 1934. oprášene su iste godine polenom od testera iz svih deset vezanih svojstava. Za oca su uzete biljke ovih recesivnih svojstava:

- I. skupina: br (brachytic), brahitičan rast biljke;
- II. » : lg₁ (liguleless), listovi bez ligule;
- III. » : cr₁ (crinkly leaf), listovi su široki a na bazi naborani, biljke su nešto niže negoli normalne;
- IV. » : la (lazy), horizontalan rast stabljike i listova;
- V. » : oy (oil yellow), uljanožuta boja mladih biljaka;
- VI. » : sm (salmon silk), žigovi poput boje lososa;
- VII. » : ra₁ (ramosa), ramosa metlica;
- VIII. » : j₁ (japonica), japanska panaširanost lišća;
- IX. » : g₄ (golden), svijetložuta (zlatna) boja stabljike u toku čitave vegetacije;
- X. » : li (lineate), po duljini starijih listova su uz zelene još i tanke bijele pruge.

Polenom svakog testera oprášeno je 8 do 10 biljaka sterilnog polena, koje su imale najbolje razvijene klipove. Od svakoga takvog klipa, odnosno biljke, posijano je god. 1935. zrno na posebnu parcelicu. Na svakoj je takvoj parcelici izraslo oko polovine biljaka s normalnim, t. j. fertilnim polenom, a ostalo sa sterilnim polenom.

U tab. I. sakupljeni su eksperimentalni podaci (e) o broju varijanata od pojedinih fenotipova, koji su se iscijepali u potomstvu od križanja biljaka sterilnog polena s biljkama prije spomenutih testera. Za komparaciju prikazani su i teoretski podaci t , izračunati na temelju pretpostavke, da se ovo svojstvo nasljeđuje monohibridno.

Brojčani podaci obrađeni su biometrički. Pomoću X^2 metode izračunata je vjerojatnost P po formuli $\Sigma \frac{(e-t)^2}{t}$, da bi se ustanovilo koliko se eksperimentalni podaci e poklapaju s teoretskim t . Vjerojatnost P ocjenjuje se od 0 do 1. Kad vrijednost P nije manja od 0,05, onda se smatra, da se eksperimentom dobiveni podaci još slažu s teoretskima i da su na temelju toga izvedeni zaključci biometrički opravdani.

Od pomenutih križanja izrasla su potomstva, u kojima ima biljaka sa sterilnim i biljaka sa fertilnim polenom. Njihov omjer odgovara teoretskim očekivanom omjeru 1:1.

Iz toga izlazi, da su one 124 biljke, koje su izrasle iz onog jednog klipa kukuruza zubana, bile heterozigotne za fertilnost, odnosno sterilnost polena i da je ova sterilnost dominantno svojstvo, koje ćemo označiti sa Ms_{21} za razliku od drugih dosada genetski istraženih recesivnih svojstava, koja su označena sa ms_1 do ms_{20} . Prema tome su naše biljke sterilnog polena genetske konstitucije $Ms_{21} ms_{21}$.

Biljke sterilnog polena, koje su izrasle kao prva generacija od prvobitno dobivenih sterilnih biljaka i bile križane s pojedinim naprijed pomenutim testerima, povratno su križana s odgovarajućim testerom.

U tab. II. do XI. sakupljeni su eksperimentalni podaci o broju varijanata svakog pojedinog fenotipa, koji se iscijepao u potomstvu od posljednjeg križanja. Brojčani podaci sređeni su s obzirom na deset skupina korelativnih svojstava, ustanovljenih za kukuruz. U svakoj od tih skupina izvršena su četiri križanja s jednim istim testerom. Eksperimentalni podaci e obrađeni su biometrički i uspoređivani s teoretskim podacima t .

Od križanja s testerom skupine svojstava I., III. do X. izrasle su u potomstvu po četiri različite skupine fenotipa u skoro podjednakom omjeru, t. j. od svake po 25%, kako se vidi iz tab. II. i IV. do XI.

Da se i ovdje eksperimentalni podaci e podudaraju s teoretskim t izlazi iz pojedinih vrijednosti za vjerojatnost P , koje su veće od 0,05.

Prema tome se pomenuta sterilnost polena nasljeđuje nezavisno:

- a) od svojstava br za brahitičan rast biljke iz I. skupine korelativnih svojstava
- b) od svojstava cr_1 za razvoj širokih na bazi naboranih listova iz III. skupine korelativnih svojstava,

c) od svojstva *la* za horizontalan rast stabljike i listova iz IV. skupine,

d) od svojstva *oy* za uljanožuto boju mladih biljaka iz V. skupine,

e) od svojstva *sm* za boju žigova poput lososa iz VI. skupine,

f) od svojstva *rai* za jako razgranjenu (ramosa) metlicu iz VII. skupine,

g) od svojstva *j₁* za t. zv. japansku panaširanost listova iz VIII. skupine,

h) od svojstva *g₁* za svijetložutu, t. zv. zlatnu boju stabljike iz IX. skupine i

i) od svojstva *li* za tanku bijelu i zelenu uzdužnu prugavost listova iz X. skupine vezanih svojstava.

Križanci sterilnog polena, označeni u tab. I. u skupini II., povratno su križane testerom za listove bez ligule *lg₁*. Iz tog križanja razvila su se u potomstvu (tab. III.) četiri fenotipa, i to biljke:

a) sterilnog polena i s listovima s ligulom,

b) fertilnog polena i s listovima bez ligule,

c) sterilnog polena i s listovima bez ligule i

d) fertilnog polena i s listovima s ligulom.

Brojčani omjer varijanata ovih fenotipova međutim nije jednak nego naprotiv, najviše je biljaka fenotipa a) i b), a mnogo manje onih fenotipa c) i d). Iz toga izlazi, da je pomenuta sterilnost *Ms₂₁*, korelativno vezana sa svojstvom »listovi s ligulom« *Lg₁*, a fertilnost *ms₂₁* vezana sa svojstvom »listovi bez ligule« *lg₁*.

Prema tome je pomenuta sterilnost polena *Ms₂₁*, odnosno fertilnost *ms₂₁* korelativno vezana sa svojstvom listovi bez ligule — *lg₁*, odnosno listovi s ligulom.

Iz brojčanih podataka u tab. III. izračunat je postotak svih varijanata rekombinacija, koje su se iscijepale u pomenutom potomstvu, dakle biljaka sterilnog polena i s listovima bez ligule, zatim biljaka fertilnog polena i s listovima s ligulom, a tih je ukupno u potomstvima pojedinih križanja samo 16,79% do 19,68% ili u prosjeku 18,29%.

Iz svega ovog izlazi, da je pomenuta sterilnost polena dominantno svojstvo, koje se ne nasljeđuje samo preko citoplazme.

Budući da u sorti, iz koje je porijeklom bio klip sa zrnom za sterilnost polena, nije za tri godine istraživanja pronađena na površini od po dva hektara ni jedna biljka sa sterilnim polenom, to je nasljedna promjena nastala na samom klipu.

Ovdje opisana sterilnost polena, koja se nasljeđuje kao dominantno svojstvo, mogla bi izazvati velike gubitke u prirodu zrna, ako bi takve nasljedne promjene nastale u većem opsegu.

ZAKLJUČAK

Opisana je i genetski proučena potpuna sterilnost polena, koja se nasljeđuje dominantno za razliku od dosada u literaturi opisanih dvadeset različitih sterilnosti polena (ms_1 do ms_{20}), koje se nasljeđuju recesivno. Za to dominantno svojstvo predlaže se oznaka Ms_{21} . Prema tome su biljke sterilnog polena, izrasle iz zrna od jednog klipa, bili genetski određene, kao $Ms_{21} ms_{21}$. Križanjem ovih heterozigotnih biljaka s obzirom na sterilnost polena sa testerima iz svih deset skupina korelativnih svojstava, ustanovljeno je, da pomenuta sterilnost pripada II. skupini korelativnih svojstava, jer se iz križanja biljaka heterozigotnih s obzirom na sterilnost polena i razvoj ligule na listovima s biljkama homozigotnih s obzirom na normalan polen i bez ligule razvije u potomstvu u prosjeku 18,29% rekombinacija.

Ova se sterilnost ne nasljeđuje samo citoplazmom, nego pri tom sudjeluje i karioplazma.

Pomenuta nasljedna sterilnost polena nastala je u samome klipu, a iz njegova su se zrna razvile biljke sa sterilnim polenom.

Ako bi se u jednoj sorti pojavile navedene nasljedne promjene u većem opsegu, znatno bi smanjile prirod zrna. To bi se moglo dogoditi naročito tada, kada su hibridne kukuruzne biljke proizvedene od incestnih linija.

Da bi se spriječili gubici u prirodu zrna, izazvani sterilnošću polena, kojoj se dosada nije obraćala posebna pažnja, i ako to nije rijetka pojava, treba naročito da oplemenjivači kukuruza iz svojih uzgoja u pravo doba odstrane sve biljke s pomenutim defektom. Ove biljke poznaju se po tome, što im prašnici obično ne vire iz cvjetova.

LITERATURA

Anderson, E. G.: The inheritance of salmon silk color in maize. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Memoir. 48, 1921.

Beadle, G. W.: Genes in maize for pollen sterility. Genetics, 17, New-York, 1932.

Emerson, R. A.: The inheritance of certain forms of chlorophyll reduction in corn leaves. Nebraska Agr. Exp. Sta. Ann. rept. 25, 1912.

Emerson, R. A.: The inheritance of certain »abnormalities« in maize. Amer. Breeders Assoc. Ann. rept. 8, 1912.

Emerson, R. A.: A recessive zygotic letal resulting in 2:1 ratios for normal vs. male sterile and colored vs. colorless pericarp in F_2 of certain maize hybrids. Science 75, New York, 1925.

Eyster, W. H.: Heritable characters of maize. Male sterile 2. Journal of Heredity Vol. 22. Washington, 1931.

Eyster, W. H.: Heritable characters of maize. Journal of Heredity 22, Washington, 1931.

Eyster, W. H.: The genetics of Zea Mays. Bibliographia genetica 11, 1934.

Eyster, W. H.: Linkage studies of maize. Amer. naturalist. 67, 1933.

*Gernert, W. B.: A new subspecies of *Zea Mays* L. *American Naturalist* 46, 1912.

Jenkings, M. T. and Gerhardt, F.: A gene influencing the composition of the culm in maize. *Iowa Agr. Exp. Sta. Research Bul.* 138, 1931.

Josephson, L. M. and Jenkins, M. T.: Male sterility in corn hybrids. *Journal of Americ. Society of Agronomy.* Vol. 40. Geneva, N. Y. 1948.

Kempton, J. H.: Heritable characters of maize. *Brachytic culm. Journ. of Heredity.* Vol. 11. Washington, 1920.

Singleton, W. R. and Jones, D. F.: Heritable characters of maize. *Male sterile. Journal of Heredity.* Vol. 21. Washington, 1930.

(Iz Zavoda za genetiku i oplemenjivanje bilja Poljoprivredno-šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.)

TUMAČ TABELA — EXPLANATION TO TABLES:

e ... eksperimentalno — experimental,

t ... teoretski — theoretical,

n ... ukupno varijanata — total number of variants,

P... vjerojatnost — Probability.

Tab. I.

Roditelji Parents	Potomstvo — offspring broj biljaka — number of plants				n	$\sum \frac{(e-t)^2}{t}$	P
I. MS ₂₁ ms ₂₁ Br Br × ms ₂₁ ms ₂₁ br br	MS ₂₁ ms ₂₁ Br br		ms ₂₁ ms ₂₁ Br br		215	0,563	0,465
	e 102	t 107,5	e 113	t 84			
II. MS ₂₁ ms ₂₁ Lg ₁ Lg ₁ × ms ₂₁ ms ₂₁ lg ₁ lg ₁	MS ₂₁ ms ₂₁ Lg ₁ lg ₁		ms ₂₁ ms ₂₁ Lg ₁ lg ₁		189	0,428	0,502
	e 99	t 94,5	e 90	t 94,5			
III. MS ₂₁ ms ₂₁ Cr ₁ Cr ₁ × ms ₂₁ ms ₂₁ cr ₁ cr ₁	MS ₂₁ ms ₂₁ Cr cr		ms ₂₁ ms ₂₁ Cr ₁ cr ₁		176	0,818	0,386
	e 82	t 88	e 94	t 88			
IV. MS ₂₁ ms ₂₁ La La × ms ₂₁ ms ₂₁ la la	MS ₂₁ ms ₂₁ La la		ms ₂₁ ms ₂₁ La la		150	0,427	0,502
	e 79	t 75	e 71	t 75			
V. MS ₂₁ ms ₂₁ Oy Oy × ms ₂₁ ms ₂₁ oy oy	MS ₂₁ ms ₂₁ Oy oy		ms ₂₁ ms ₂₁ Oy oy		173	0,283	0,511
	e 83	t 86,5	e 90	t 86,5			
VI. MS ₂₁ ms ₂₁ Sm Sm × ms ₂₁ ms ₂₁ sm sm	MS ₂₁ ms ₂₁ Sm sm		ms ₂₁ ms ₂₁ Sm sm		168	0,595	0,455
	e 89	t 84	e 79	t 84			
VII. MS ₂₁ ms ₂₁ Ra ₁ Ra ₁ × ms ₂₁ ms ₂₁ ra ₁ ra ₁	MS ₂₁ ms ₂₁ Ra ₁ ra ₁		ms ₂₁ ms ₂₁ Ra ₁ ra ₁		201	0,841	0,375
	e 107	t 100,5	e 94	t 100,5			
VIII. MS ₂₁ ms ₂₁ J ₁ J ₁ × ms ₂₁ ms ₂₁ j ₁ j ₁	MS ₂₁ ms ₂₁ J ₁ j ₁		ms ₂₁ ms ₂₁ J ₁ j ₁		204	0,590	0,456
	e 107	t 102	e 97	t 102			
IX. MS ₂₁ ms ₂₁ G ₄ G ₄ × ms ₂₁ ms ₂₁ g ₄ g ₄	MS ₂₁ ms ₂₁ G ₄ g ₄		ms ₂₁ ms ₂₁ G ₄ g ₄		153	0,791	0,392
	e 71	t 76,5	e 82	t 76,5			
X. MS ₂₁ ms ₂₁ Li Li × ms ₂₁ ms ₂₁ li li	MS ₂₁ ms ₂₁ Li li		ms ₂₁ ms ₂₁ Li li		161	0,304	0,509
	e 84	t 80,5	e 77	t 80,5			

Tab. II.

Potomstvo od:
Offspring of:

(Ms_{21} ms_{21} Br br $\times$ ms_{21} ms_{21} br br)

	Ms_{21} Br	Ms_{21} br	ms_{21} Br	ms_{21} br	n	e-t				$\sum \frac{(e-t)^2}{t}$	P
e	76	65	73	68	282		5,5	-5,5	2,5	1,035	0,793
t	70,5	70,5	70,5	70,5	282						
e	85	74	76	88	323		4,25	-6,75	-4,75	1,718	0,637
t	80,75	80,75	80,75	80,75	323						
e	52	61	55	67	235		-6,75	2,25	-3,75	2,259	0,523
t	58,75	58,75	58,75	58,75	235						
e	46	38	42	35	161		5,75	-2,25	1,75	1,582	0,666
t	40,25	40,25	40,25	40,25	161						

Tab. III.

Potomstvo od:
Offspring of:

(Ms_{21} Lg_1 ms_{21} lg_1 $\times$ ms_{21} lg_1 ms_{21} lg_1)

	Ms_{21} Lg_1	ms_{21} lg_1	Ms_{21} lg_1	ms_{21} Lg_1	n	e-t				$\sum \frac{(e-t)^2}{t}$	$\frac{0}{10}$ crossing over	P
e	120	133	29	33	315	-6,5	6,5	-2	2	0,926	19,682	0,819
t	126,5	126,5	31	31	315							
e	106	117	20	25	268	-5,5	5,5	-2,5	2,5	1,098	16,791	0,778
t	111,5	111,5	22,5	22,5	268							
e	138	121	32	25	316	7,5	-7,5	3,5	-3,5	1,728	18,047	0,514
t	129,5	129,5	28,5	28,5	316							
e	111	121	30	23	284	-4,5	4,5	3,5	-3,5	1,275	18,661	0,736
t	115,5	115,5	26,5	26,5	284							

Tab. IV.

Potomstvo od:

Offspring of:

(MS₂₁ MS₂₁ Cr₁ cr₁ × ms₂₁ ms₂₁ cr₁ cr₁)

	MS ₂₁ Cr ₁	MS ₂₁ cr ₁	ms ₂₁ Cr ₁	ms ₂₁ cr ₁	n	e—t				$\sum \frac{(e-t)^2}{t}$	P
e	44	37	40	49	170	1,5	—5,5	—2,5	6,5	1,906	0,598
t	42,5	42,5	42,5	42,5	170						
e	25	29	33	21	108	—2	2	6	—6	2,963	0,408
t	27	27	27	27	108						
e	41	30	32	40	143	5,25	—5,75	—3,75	4,25	2,594	0,465
t	35,75	35,75	35,75	35,75	143						
e	26	39	36	23	124	—5	8	5	—8	5,742	0,132
t	31	31	31	31	124						

Tab. V.

Potomstvo od:

Offspring of:

(MS₂₁ MS₂₁ La la × ms₂₁ ms₂₁ la la)

	MS ₂₁ La	ms ₂₁ la	ms ₂₁ La	MS ₂₁ la	n	e—t				$\sum \frac{(e-t)^2}{t}$	P
e	38	46	41	35	160	—2	6	1	—5	1,650	0,652
t	40	40	40	40	160						
e	53	60	58	55	226	—3,5	3,5	1,5	—1,5	0,513	0,915
t	56,5	56,5	56,5	56,5	226						
e	62	54	56	60	232	4	—4	—2	2	0,689	0,875
t	58	58	58	58	232						
e	74	81	86	78	319	—5,75	1,25	6,25	—1,75	1,308	0,727
t	79,75	79,75	79,75	79,75	319						

Potomstvo od:

Offspring of:
$$(\mathbf{M}_{s_{21}} \mathbf{m}_{s_{21}} \mathbf{O}_y \mathbf{o}_y \times \mathbf{m}_{s_{21}} \mathbf{m}_{s_{21}} \mathbf{o}_y \mathbf{o}_y)$$

	MS ₂₁ Oy	MS ₂₁ oy	ms ₂₁ Oy	ms ₂₁ oy	n	e—t				$\sum \frac{(e-t)^2}{t}$	P
e	79	88	83	75*	325	—2,25	6,75	1,75	—6,25	1,151	0,765
t	81,25	81,25	81,25	81,25	325						
e	57	49	52	59	217	2,75	—5,25	—2,25	4,75	1,157	0,764
t	54,25	54,25	54,25	54,25	217						
e	66	57	61	53	237	6,75	—2,25	1,75	—6,25	1,565	0,670
t	59,25	59,25	59,25	59,25	237						
e	35	42	38	33	148	—2,0	5,0	1,0	—4,0	1,243	0,743
t	37	37	37	37	2,25						

Tab. VII.

Potomstvo od:

Offspring of:
$$(\mathbf{M}_{S_{21}} \mathbf{m}_{S_{21}} \mathbf{S}_m \mathbf{s}_m \times \mathbf{m}_{S_{21}} \mathbf{m}_{S_{21}} \mathbf{s}_m \mathbf{s}_m)$$

	Ms ₂₁ Sm	Ms ₂₁ sm	ms ₂₁ Sm	ms ₂₁ sm	n	e—t				$\sum \frac{(e-t)^2}{t}$	P
e	61	72	66	69	268	—6,0	5,0	—1,0	2,0	0,985	0,805
t	67	67	67	67	268						
e	43	48	51	40	182	—2,5	2,5	5,5	—5,5	1,604	0,661
t	45,5	45,5	45,5	45,5	182						
e	30	37	44	32	143	—5,75	1,25	8,25	—3,75	3,266	0,362
t	35,75	35,75	35,75	35,75	143						
e	77	64	73	65	279	7,25	—5,75	3,25	—4,75	1,702	0,641
t	69,75	69,75	69,75	69,75	279						

Tab. VIII.

Potomstvo od:
Offspring of:

 $(Ms_{21} ms_{21} Ra_1 ra_1 \times ms_{21} ms_{21} ra_1 ra_1)$

	$Ms_{21} Ra_1$	$Ms_{21} ra_1$	$ms_{21} Ra_1$	$ms_{21} ra_1$	n	e-t			$\sum \frac{(e-t)^2}{t}$	P
e	51	60	55	64	230	-6,5	2,5	-2,5	1,683	0,645
t	57,5	57,5	57,5	57,5	230					
e	42	48	50	43	183	-3,75	2,25	4,25	0,978	0,806
t	45,75	45,75	45,75	45,75	183					
e	31	36	28	35	130	-1,5	3,5	-4,5	1,262	0,739
t	32,5	32,5	32,5	32,5	130					
e	46	40	38	43	167	4,25	-1,75	-3,75	0,880	0,829
t	41,75	41,75	41,75	41,75	167					

Tab. IX.

Potomstvo od:
Offspring of:

 $(Ms_{21} ms_{21} J_1 j_1 \times ms_{21} ms_{21} j_1 j_1)$

	$Ms_{21} J_1$	$Ms_{21} j_1$	$ms_{21} J_1$	$ms_{21} j_1$	n	e-t			$\sum \frac{(e-t)^2}{t}$	P
e	31	38	23	33	125	-0,25	6,75	-8,25	3,736	0,293
t	31,25	31,25	31,25	31,25	125					
e	43	35	40	31	149	5,75	-2,25	2,75	2,275	0,519
t	37,25	37,25	27,25	37,25	149					
e	52	43	56	49	200	2,0	-7,0	6,0	1,806	0,620
t	50	50	50	50	200					
e	27	36	31	24	118	-2,5	6,5	1,5	2,746	0,441
t	29,5	29,5	29,5	29,5	118					

Tab. X.

Potomstvo od:

 $(Ms_{21} ms_{21} G_4 g_4 \times ms_{21} ms_{21} g_4 g_4)$

Offspring of:

	$Ms_{21} G_4$	$Ms_{21} g_4$	$ms_{21} G_4$	$ms_{21} g_4$	n	e-t				$\sum \frac{(e-t)^2}{t}$	P
e	32	21	35	26	114	3,5	-7,5	6,5	-2,5	4,105	0,255
t	28,5	28,5	28,5	28,5	114						
e	21	36	27	32	116	-8	7	-2	3	4,345	0,230
t	29	29	29	29	116						
e	42	33	39	35	149	4,75	-4,25	1,75	-2,25	1,309	0,727
t	37,25	37,25	37,25	37,25	149						
e	24	34	30	25	113	-4,25	5,75	1,75	-3,25	2,292	0,508
t	28,25	28,25	28,25	28,25	113						

Tab. XI.

Potomstvo od:

 $(Ms_{21} ms_{21} Li li \times ms_{21} ms_{21} li li)$

Offspring of:

	$Ms_{21} Li$	$Ms_{21} li$	$ms_{21} Li$	$ms_{21} li$	n	e-t				$\sum \frac{(e-t)^2}{t}$	P
e	43	32	35	40	150	5,5	-5,5	-2,5	2,5	1,947	0,589
t	37,5	37,5	37,5	37,5	150						
e	20	34	24	31	109	-7,25	6,75	-3,25	3,75	4,505	0,214
t	27,25	27,25	37,5	27,25	109						
e	36	39	35	24	134	2,5	5,5	1,5	-9,5	3,851	0,281
t	33,5	33,5	33,5	33,5	134						
e	40	48	45	35	168	-2	6	3	-7	2,333	0,507
t	42	42	42	42	168						