

# Methodos de Melhoramento e Conhecimen- tos actuaes da Genetica do Milho

CARLOS ARNALDO KRUG

Chefe da Secção de Genetica do Instituto  
Agronomico do Estado

## IV) RESUMO SOBRE OS CONHECIMENTOS ACTUAES DA GENETICA E DA CYTOLOGIA DO MILHO E A IMPORTAN- CIA DOS RESULTADOS DE ALGUNS DESTES ESTUDOS PARA O SEU MELHORAMENTO

Depois de commentar detalhadamente a phylogenia do milho, o seu processo de reproducção e os diversos methodos de melhoramento deste importante cereal, temos a intenção de completar esta exposição com um summario sobre a sua Genetica e Cytologia, discutindo a applicação dos resultados de alguns destes estudos no seu melhoramento.

Alguns aspectos da genetica do milho já foram abordados em capitulos anteriores, taes como a hereditariedade de caracteres quantitativos (productibilidade, etc.), o effeito da autofecundação, a Heterose, o phenomeno de Xenia e outros. Em quasi todo o projecto moderno de melhoramento de uma planta cultural uma noção de sua genetica torna-se mais ou menos indispensavel. Com o milho pode-se dizer, que estes conhecimentos theoreticos têm sido applicados praticamente em escala commercial, mais do que em qualquer outra planta.

A bibliographia sobre a genetica do milho é actualmente representada por um consideravel volume de analyses geneticas minuciosamente conduzidas, o que sem duvida colloca esta

planta em primeiro lugar entre os vegetaes com relação aos resultados geneticos que ella forneceu. Seguem-se os representantes dos generos *Datura*, *Antirrhinum*, *Oenothera*, *Pisum* e outros com os quaes tambem se tem realizado innumerous estudos de genetica. Aconteceu que o milho atrahiu um numero excellentes de biologi-tas, como Shull, East, Emerson, Jones, Lindstrom, Hayes, Collins, Brink, Richey e muitos outros, os quaes, em brilhante cooperação, conseguiram desenvolver a genetica do milho a tal ponto, desta planta tornar-se um sério concorrente á *Drosophila*, que offerece maiores facilidades para um estudo genético.

Os progressos mais rcentes da genetica deste cereal estão intimamente ligados aos progressos de sua Cytologia. Com o surgir do novo ramo de estudo biologico, a Cytogenetica, é de se esperar que o milho continue na sua posição de vanguarda.

O mecanismo chromosomico no milho é semelhante ao da *Drosophila*, com a unica diferença de que nesta só se dá o crossing-over na femea, ao passo que no milho este phenomeno ocorre tanto na micro-como na megasporogenese aproximadamente com a mesma frequencia (21). Em geral pode-se dizer que o milho pouco soffre de aberrações chromosomica, sendo que os 10 pares de chromosomios (no milho commum) só raramente estão sujeitos a processos anormaes de divisão ou a outras anomalias. Dois ou mais caracteres que segregam segundo as leis de Mendel podem mostrar duas formas de hereditariedade, independente ou "linked"; independente, si os factores estão localizados em chromosomios diferentes, e "linked" (ligados) si estes se acham no mesmo chromosomio.

Como já dissemos, uma planta de uma variedade commum de milho é geralmente muito heterozygota; pela autofecundação isolou-se um grande numero de formas, cuja hereditariedade tem sido estudada. Hutchinson (45) estudou em 1921 1872 linhagens de milho, cada uma derivada de uma espiga autofecundada. 36,4% destas linhagens segregaram variações de diversas naturezas nas mudas sendo que destas 81% eram constituidas por formas deficientes em chlorophylla. Alem destas formas que se obtem pela autofecundação, diversas muta-

ções têm apparecido em linhagens puras (63). Mais recentemente Stadler, Randolph e outros conseguiram induzir mutações artificialmente pelo tratamento com Raios X, calor, etc. Alguns casos de hereditariedade cytoplasmatica tambem têm sido revelados, affectando não só deficiencias de chlorophylla, mas tambem um caracteristico como esterilidade masculina (80).

Em seguida damos um resumo dos factores geneticos conhecidos, classificando-os segundo os órgãos da planta que são por elles influenciados (63).

Factores hereditarios que affectam :

*I A planta toda :*

a) Tp (teopod), um factor dominante simples, que modifica completamente a estrutura da planta.

b) A altura da planta é governada por dois typos de factores :

1) gens "quantitativos", provavelmente em grande numero e uniformemente distribuidos pelo complexo chromosomico.

2) gens "qualitativos" que produzem diversos typos "anões", taes como :

$d_1 - d_4$ ;  $d_5$  ("dwarf")

br ("brachitic")

bv ("brevis")

py ("pigmy") etc.

c) Diversos gens que determinam o comprimento e o numero dos e-tomatas.

*II O colmo :*

zg, - zg 2 : (colmo "zig-zag")

tw : (colmo "twisted")

*III A morphologia da folha :*

ad (adherente)

cr ("crincky")

lg (sem ligulas)

rg ("ragged")

*IV Natureza e distribuição da chlorophylla :*

Conhecem-se até o presente um total de 67 gens :

w<sub>1</sub> — w<sub>10</sub> — (“albino”)

au<sub>1</sub> — au<sub>2</sub> — (“aurea”)

g<sub>1</sub> — g<sub>2</sub> — (“golden”)

v<sub>1</sub> — v<sub>20</sub> — (“virescent”) as mudas novas são quasi brancas, tornando-se depois normalmente verdes.

j — (“japonica”) Etc. etc.

*V A inflorescencia :*

an — (“anther-ear”) : grãos de milho normaes se formam na flecha

ba — (“barren”) : não ha formação de espiga.

ms — (“male-sterile”) : esterilidade masculina completa.

tu — (“tunicate”) : cada semente é envolvida em varias glumas.

ra — (“ramosa”) : as espigas se formam na extremidade de longos pedunculos.

sk — (“silkless”) : não ha formação de “barbas” (estylas e estigmas) !  
etc. etc.

*VI A raiz :*

rt — (“rootless”) : a planta é quasi completamente desprovida de raizes.

*VII Os gametas :*

ga — (“gametic”) : um gen que affecta o crescimento do tubo pollinico no estylo.

*VIII O embrião :*

ab — (“abortive”) : é lethal.

gm<sub>1</sub> — gm<sub>2</sub> — (“germlss” : sem embrião.  
 ge — provoca a germinação prematura da se-  
 mente antes do completo amadurecimento  
 da espiga.  
 etc. etc.

*IX O endosperma :*

d<sub>1</sub> á d<sub>15</sub> — (“defective”) : provocando endos-  
 perma defeituoso.  
 f<sub>1</sub> — (“floury”) : endosperma farinaceo.  
 su — (“sugary”) : os grãos são assucara-  
 dos, não havendo forma-  
 ção de amido.  
 wx — (“waxy”) : endosperma cô de cêra.  
 etc. etc.

*X Caracteres químicos ou fisiológicos :*

a) glu — (“glucostacty”)  
 b) gens produzindo resistencia ás molestias e  
 insectos.

*XI Os pigmentos geraes :*

a) Aleurona

A<sub>1</sub> — A<sub>2</sub> — C — R provocando a presença de  
 Antocyanina.

Pr (“purpling”) produzindo  
 grãos roxos.

I factor dominante que inhi-  
 be a acção de A — C e R.

B<sub>11</sub> “brown”

etc. etc.

b) Endosperma propriamente dito

Y<sub>1</sub> — Y<sub>2</sub> — (“yellow”) das variedades Amarel-  
 lão e Amarelinho, etc,

Wh — factor dominante.

c) Pericarpio e sabugo

Pp (serie de allelomophos multiplos)

rch (“cherry”)

d) Côr geral da planta



$A_1 - A^2 R^r R^g$  — provocando a presença de Anthocyanina.

$P_1$  — Anthocyanina roxa.

B (“brown”)

bm (“brown midrib”) a nervura central das folhas é marron.

etc. etc.

e) Scutellum e pluma

Pu (“plumula”)

etc. etc.

No decorrer das analyses genéticas encontraram-se varios casos de series de allemorphos, nos casos de  $R^r - R^g$ , Pp e muitos outros, identicos, pois, áquelles encontrados na *Drosophila*.

Dignos de nota são alguns casos de interacção de factores, que vêm transformar de um modo definido as razões normaes di — e trihybridas, em razões como se seguem: 9:3:4; 9:7; 15:1; 13:3; 27:9; 27:27.37; etc. etc. que se obtem de cruzamentos que visam estudar a genética das colorações da camada aleurona e da coloração geral da planta; os seguintes são alguns exemplos desta interacção:

*Aleurona :*

A C R Pr i — roxo (“purple”)

A C R pr i — vermelho

A C r Pr i sem côr

A C R Pr I — sem côr devido á acção do factor “I” que inibe a acção de todos os outros.

etc. etc.

*Côr da planta (colmo etc.)*

A B  $P^1$  — roxo

A B  $p^1$  — vermelho (“sun red”); a coloração só se forma nas partes expostas ao sol.

A b  $p^1$  — roxo claro

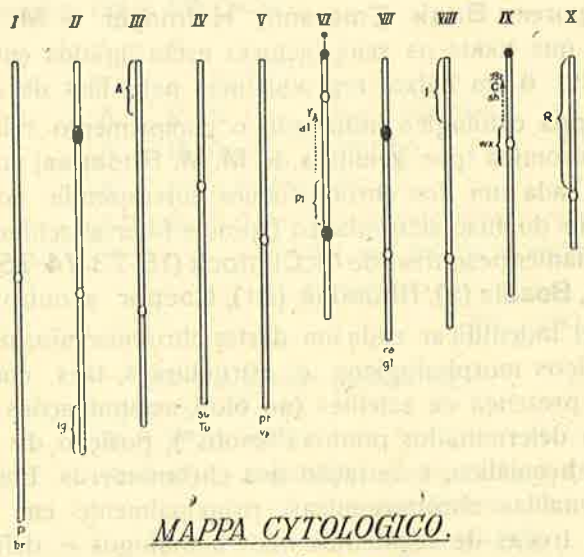
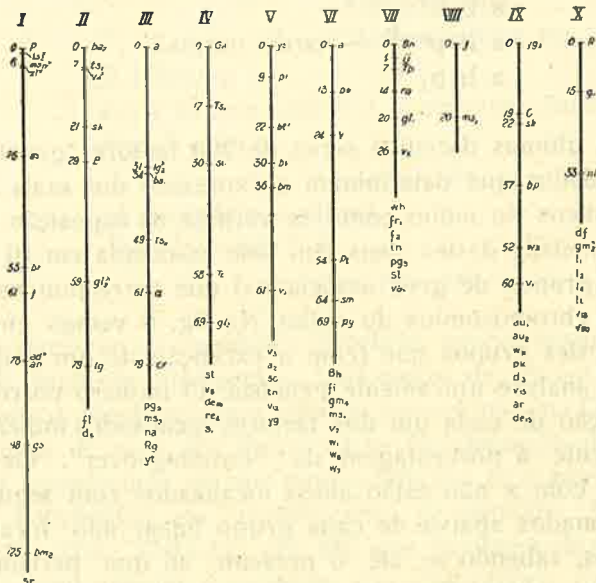
A b  $P^1$  — vermelho claro (“dilute sun red”)

a B P <sup>1</sup>	—	marron ("brown")
a b P <sup>1</sup>	}	— verde normal.
a B p <sup>1</sup>		
a b p <sub>1</sub>		

Nos ultimos decenios cerca de 200 factores geneticos têm sido estudados que determinam a expressão dos mais variados característicos do milho como se verifica na exposição anterior. Mais da metade destes gens têm sido associada em 10 "linkage groups" (grupos de gens associados) que correspondem aos 10 pares de chromosomios do milho. Na fig. 6 vemos em cima o mappa destes grupos que (com a excepção de um gen) foi obtido pela analyse unicamente genetica. O numero correspondente á posição de cada um dos factores localizados indica aproximadamente á porcentagem de "crossing-over". Os factores marcados com x não estão ainda localizados com segurança, e os mencionados abaixo de cada grupo linear não foram ainda localizados, sabendo se até o presente só que pertencem aos respectivos grupos. Com relação ao grupo III pensava-se até 1930 que os seus gens pertenciam a 2 grupos distinctos; recentemente porem, **Brink**, **Emerson**, **Hofmeyer** e **McClintock** provaram que todos os seus factores estão ligados entre si.

Na fig. 6 em baixo, reproduzimos para fins de comparação o mappa cytologico indicando o comprimento relativo dos 10 chromosomios (por gentileza de **M. M. Rhoades**); os pontos claros de cada um dos chromosomios corresponde aos pontos de inserção do fuso achromatico (spindle fiber attachment). Graças ás brilhantes pesquisas de **McClintock (15-73-74-75-76-77)**, **Burnham**, **Beadle (3)**, **Rhoades (81)**, **Cooper** e outros tornou-se possivel indentificar cada um destes chromosomios pelos seus característicos morphologicos e estructuraes, taes como comprimento, presença de satellites (no óto), accumulações de chromatina em determinados pontos ("knobs"), posição da inserção do fuso achromatico, e seriação dos chromomeros. Em estudos sobre anomalias chromosomicas, principalmente em casos de Trisomios, trocas de segmentos não homologos e deficiencias, tornou-se possivel identificar presentemente cada um dos 10 chromios com um dos "linkage groups". A inducção artificial

**Os 10 Grupos de LINKAGE em ZEA MAYS L.**



**MAPPA CYTOLOGICO.**

Fig. 6 — Comparação entre os dez grupos de "linkage" e os respectivos cromossomos, A posição dos cromossomos IV e VII com relação ao ponto de inserção do fuso achromático é arbitrária. (O mappa dos grupos de "linkage" foi extraído de : Emerson, R. A. : Proc. 6 th Intern. Congress of Genetics, 1 — 145 — 1932)



de anomalias chromosomicas pelos Raios X revelou a posição regional de varios gens. Um exemplo poderá elucidar uma das "technicas" de localisar cytologicamente um gen num determinado chromosomio (McClintock): uma planta de milho que produzia gametas de constituição  $pl$  foi polinizada com pollen  $Pl$  de uma outra planta; ( $pl\ pl =$  "sun red" e  $Pl =$  "roxo"); este pollen soffreu a acção dos Raios X antes de ser applicado. Em  $F_1$  esperava-se obter normalmente plantas de constituição  $Plpl$  (roxas), mas contra a expectativa encontrou-se uma planta  $plpl$  (vermelha); este resultado explica-se na base de uma deficiencia chromosomica induzida, que de facto foi observada cytologicamente. Em synapsis um dos membros de um dos pares de chromosomios homologos apresentava uma pequena deficiencia em uma das suas extremidades. Na figura ao lado o chromosomio  $a$  é o normal da planta feminina e  $b$  o seu homologo proveniente do pollen tratado. Analysando os factos, deduz-se que o gen "pl" deve estar localisado na extremidade deste chromosomio, na região que foi perdida do chromosomio  $b$ ;  $Pl$  perdeu-se portanto e a planta resultante era  $pl$  (vermelho).

pe {  
a b

Os resultados obtidos nesta experiencia e em varias outras são bastante animadores, o que faz crêr que em breve nós teremos localisados nos 10 pares de chromosomios todos os gens até agora conhecidos. Não ha duvida que no presente os phenomenos de mutação induzidos artificialmente (por Raios X, magnetismo, calor etc.) representam um dos maiores campos de actividade na Genetica moderna (78-95-96).

Por meio da acção dos Raios X Stadler obteve diversas variações na morphologia das sementes e anomalias nas mudas novas; em alguns casos de mutação recessiva este autor observou mais tarde uma reversão ao estado primitivo, provando que a mutação não era provocada por uma deficiencia chromosomica, mas sim pela acção modificadora directa dos Raio X sobre um determinado gen. Os raios X, ao contrario do que se ob-

servou na *Drosophila*, não parecem influenciar no milho a frequência de "crossing-over".

Resultados interessantes têm sido recentemente publicados por **Randolph (78)** da Cornell University sobre o efeito de temperaturas elevadas sobre a Polyploidia e outras variações do milho, com o fim de produzir individuos com um numero multiplo de chromosomios; o broto novo das espigas foi aquecido por meio de uma resistencia electrica, notando se como resultado de um tal tratamento os seguintes phenomenos na progenie destas espigas:

- 1) Duplicação do numero de chromosomios.
- 2) Deficiencias chromosomicas e translocações.
- 3) Diversos efeitos morphologicos, sementes sem embrião, anormalidades nas mudas, etc.
- 4) Esterilisação completa pela acção de temperaturas muito altas
- 5) Processos anormaes de fertilisação.

Ainda outros efeitos da temperatura elevada foram citados por **Randolph**, taes como: uma nova chimera do endosperma, uma planta diploide materna, que se desenvolveu por parthenogenese de um ovulo haploide que no inicio de seu desenvolvimento duplicou o numero de chromosomios, uma planta haploide etc. etc.

O milho tambem tem a primazia de ter fornecido a primeira prova cytologica irrefutavel do crossing-over; **Creighton e McClintock (15)** demonstraram-no em um caso de troca de segmentos chromosomicos que envolvia o grupo de "linkage" IX (Cwx). O crossing-over entre uma das extremidades deste chromosomio (que se pode identificar pela presença de um "knob") é a região da troca de segmentos pode ser identificado cytologicamente, quando ao mesmo tempo houve crossing-over entre os gens C e wx; é facil avaliar a extraordinaria importancia deste resultado, que pode ser considerado a pedra fundamental para futuros trabalhos desta natureza.

Até que ponto estes estudos puramente theoreticos têm contribuido para melhorar os processos de selecção deste cereal?

- 1) Em primeiro lugar podemos mencionar a Hete-

rose; neste phenomeno genetico de grande importancia baseiam-se quasi todos os projectos modernos de melhoramento.

2) Os conhecimentos mais ou menos detalhados sobre a hereditariedade de caracteres economicos, como producibilidade, resistencia ás molestias e insectos, resistencia ao frio, secca e aoacamento, são seguramente de muito valor para o seu melhoramento; conhecendo o numero de pares de factores envolvidos, nós podemos predizer com aproximada certeza o numero de gerações necessarias depois de um cruzamento para se obter uma determinada combinação favoravel de factores em condição homozygota em cada um dos methodos de melhoramento que pode ser applicado ao milho. O conhecimento das relações de "linkage" não é menos importante; por certo virá o tempo em que as correlações entre caracteres quantitativos e qualitativos serão bem esclarecidas, facilitando a selecção de plantas durante um projecto de autofecundação continua para a producção de linhagens puras. Com a completa elucidación do mechanismo da resistencia ás molestias e insectos a genetica fornecerá sem duvida um novo auxilio valioso ao melhoramento do milho.

Recentemente tem-se tentado encontrar uma applicação pratica para as linhagens caracterisadas pela esterilidade masculina e feminina; poder-se-ia fazer cruzamentos simples, usando-se para "femea" plantas que apresentam esterilidade masculina; as sementes que produzem plantas desta natureza podem ser facilmente separadas em uma linhagem que possui o factor "ms" ("male sterile") pela ligação deste factor com o gen "Y" (endosperma amarello; "ms" á "Y": apenas 4 % de crossing-over). Uma linhagem normal forneceria o pollen; das plantas estereis, que não produzem pollen, não é necessario eliminar as flexas o que significa simplificar o processo, economisando o productor de sementes tempo e dinheiro. As plantas caracterisadas pela esterilidade masculina fornecirão as sementes hybridas e a outra linhagem continuará pura. O caracteristico da esterilidade masculina precisa ser recessivo, de maneira que os hybridos  $F_1$  sejam plantas monoicas normaes. Devido ao "crossing-over" muito raro entre "Y" e "ms" (4,5 %)

pode ser que algumas plantas nascidas de sementes amarellas não venham a possuir esterilidade masculina, mas produzirão pollen normal; taes plantas, porem, poderiam ser facilmente eliminadas na occasião de emitir as flexas.

Uma outra possibilidade consiste em usarem-se as plantas de pollen esteril estudadas por **Rhoades (80)** nas quaes esta esterilidade parece ser transmittida pelo cytoplasma; estas plantas seriam pollinizadas por outra linhagem normal; sendo, porem, esta esterilidade masculina directamente transmittida pelo cytoplasma a todas as plantas de  $F_1$ , torna-se necessario introduzir na cultura destes hybridos uma certa porcentagem de plantas normaes (hybridas de linhagens normaes) para fornecer o pollen.

3) O melhoramento convergente de linhagens puras (46-47) por certo é baseado em principios puramente geneticos, e representará uma importante contribuição ao melhoramento do milho, si os resultados continuarem a ser favoraveis como espera **Richey**.

4) As diversas experiencias com o fim de induzir artificialmente mutações no milho podem trazer beneficios ao seu melhoramento.

Segundo os resultados de **Randolph (78)** será possivel obter-se hybridos ferteis pelo cruzamento de especies que normalmente estão incompatibilizadas por differenças no numero de chromosomios, igualando-se este numero antes do cruzamento por methodos artificiaes (Raios X, calor, etc.).

Pela mesma maneira pode-se produzir hybridos tetraploides ferteis entre especies, cujos hybridos diploides normaes são estereis.

Como conclusão geral pode-se dizer que presentemente se espera muito das investigações feitas neste cereal no campo de varias ciencias biologicas, principalmente nos de genetica e cytologia. Sem duvida nos annos vindouros o milho manterá a vanguarda no reino vegetal como o maior contribuinte para o progresso destes dois importantes ramos da biologia.

## V. Bibliographia

1. Baur, E. Die wissenschaftlichen Grundlagen der Pflanzenzüchtung. Berlin 1924.



2. Beadle, G. W. Yellow stripe, a factor for chlorophyll deficiency in maize, located in the Prpr chromosome. *Am. Naturalist* 63. 1929.
3. \_\_\_\_\_ Genetical and cytological studies of mendelian asynapsis in *Zea mays*. Memoir 129 Cornell University Agr. Exp. Sta. 1930.
4. Blaringhem, L. Mutation and Traumatism 19
5. Brandes, E. W. Mosaic diseases of corn. *Jour. Agr. Res.* 19 1920.
6. Brink, R. A. Some problems in the utilization of inbred strains of corn (*Zea mays*). *Am. Naturalist* 64 1930.
7. \_\_\_\_\_ and Senn, P. H. Heritable characters in maize XL *J. Heredity* 22 1931.
8. Brown, H. B. The use of first generation crosses and other methods of improving southern varieties of corn. *Miss. Agr. Exp. Sta. Bul.* 236 1926.
9. Collins, G. N. Increased yield of corn from hybrid seed. U. S. D. A. Yearbook 1910.
10. \_\_\_\_\_ The origin of maize *J. Wash. Acad. Sci.* 2 1912.
11. \_\_\_\_\_ and Kempton, J. H. Patrogenesis *J. Heredity* 7 1916.
12. \_\_\_\_\_ Breeding sweet corn resistant to the corn-ear-worm. *Journ. Agr. Res.* LL 1917.
13. \_\_\_\_\_ The phylogeny of maize. *Bul. Torrey Bot. Club.* 57 1930.
14. Cooper, D. C. and Brink, R. A. Cytological evidence for segmental interchange between non-homologous chromosomes in maize. *Proc. Nat. Acad. of Sci.* 17 1931.
15. Creighton, H. B. and MacClintock, B. A correlation of cytological and genetical crossing-over in *zea mays*. *Proc. Nat. Ac. Sci.* 17 1931
16. Cunningham, C. C. The relation of ear characters of corn to yield. *Jour. Am. Soc. Agr.* 8 1916.
17. East, E. M. The relation of certain biological principles to plant breeding. *Conn. Agr. Exp. Sta. Bul.* 158-1907.
18. \_\_\_\_\_ and Hayes, H. K. Heterozygosis in evolution and plant breeding. U. S. D. A. Bul. 243.



19. Eichinger, A. Mais. Bangerts Auslandsbücherei. N.o 32 1926.

20. Emerson, R. A. and East, E. M. The inheritance of quantitative characters in maize. Neb. Agr. Exp. Sta. Res. Bul. 2 1913

21. \_\_\_\_\_ and Hutchinson, C. B. The relative frequency of crossing-over in microspore and in megaspore development in maize. Genetics 6 1921.

22. Emerson, R. A. The Genetic relations of plant colors in maize. Cornell Uni. Agr. Exp. Sta. Memoir 39 1921.

23. \_\_\_\_\_ and Beadle, G. W. A fertile Tetraploid hybrid between *Euchlena perennis* and *Zea mays*. Am. Naturalist 64 1930.

24. Ewing E. C. Correlations of characters in corn. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bul. 287 1910.

25. Eyster, W. H. Heritable characters of maize VI. J. Heredity 11 1920.

26. \_\_\_\_\_ Heritable characters of maize XIX. J. Heredity 15 1924.

27. Garber, R. J. and Quisenburg, K. S. Breeding corn for resistance to smut (*Ust. zeae*). J. Am. Soc. Agr. 17 1925.

28. Garrison, H. S. and Richey, F. D. Effects of continuous selection for ear-type in corn. U. S. D. A. Dep. Bul. 1341. 1925.

29. Grantham, A. E. The relation of the vigor of the corn plant to yield. J. Am. Soc. Agr. 9 1917.

30. Griffee, F. First generation corn varietal crosses. J. Am. Soc. Agr. 14. 1922.

31. Hayes, H. K. and East, E. M. Improvement in corn. Conn. Agr. Exp. Sta. Bul. 168 1911.

32. \_\_\_\_\_ Stakman, E. C., Griffee F. and Cristensen, J. J. Reactions of selfed lines of maize to *Ustilago zeae*. Phytopathology. 14 1924

33. \_\_\_\_\_ and Brewbaker, H. E. Frequency of mutations for chlorophyll-deficient seedlings in maize. J. Heredity 15 1924.

34. \_\_\_\_\_ Present day problems of corn breeding. J. Am. Soc. Agr. 18 1926.

35. Hayes, H. K. and Garber, R. J. Breeding crop plants. McGraw Hill. 1927.

36. \_\_\_\_\_ The commercial use of double corn in Minnesota. *J. Am. Soc. Agr.* 22 1930.
37. \_\_\_\_\_ Brewbaker, H. E. and Immer, F. R. Double crossed corn in Minnesota. *Agr. Exp. Sta. bul.* 260 1930.
38. \_\_\_\_\_ Johnson, I. J. and Crim, R. F. Double crosses of corn for distribution in Minnesota. *Minn. Agr. Exp. Sta. Bul.* 275 1931.
39. Holbert, J. R. Burlison, W. L. Koehler, B. Woodworth, C. M. and Dungan, H. Corn rootstalk and ear-rot diseases and their control through seedling selection and breeding III *Agr. Exp. Sta. Bul.* 255 1924.
40. \_\_\_\_\_ and Reddy, C. S. Differences in resistance to bacterial wilt in inbred strains and crosses of dent corn, *J. Agr. Res* 36 1928.
41. \_\_\_\_\_ and Burlison, W. L. Corn breeding for resistance to cold yields good results. *U. S. D. A. Yearbook* 1928.
42. \_\_\_\_\_ Some questions and answers on cold injury to corn. *Illinois Farmers Institute.* 1930.
43. Hopkins, C. G. Improvement in the chemical composition of the corn kernel. III. *Agr. Exp. Sta.* 55 1899.
44. \_\_\_\_\_ Smith, L. H. East, E. M. Directions for the breeding of corn, including methods for prevention of inbreeding III. *Agr. Exp. Sta. Bul.* 100 1913.
45. Hutchinson, C. B. Heritable variations in maize. *J. Am. Soc. Agr.* 1922.
46. A years progress in solving farm problems in *Illinois* 1929, 1930.
47. Field crop investigation in *Illinois*. III. *Agr. Sta. Exp. Rep.* 1930.
48. Imms, A. D. Recent advances in Entomology. *Blakiston, Philadelphia.* 1931.
49. Jones, D. F. Dominance of linked factors as a means of accounting for Heterosis. *Genetics* 2 1917.
50. \_\_\_\_\_ The effects of inbreeding and cross breeding upon development. *Conn. Agr. Exp. Sta. Bul.* 207 1918.
51. \_\_\_\_\_ Report of the plant breeder. *Conn. Agr. Exp. Sta. Rep.* 1916.

52. \_\_\_\_\_ and Mangelsdorf, P. C. The production of inbred strains of corn. Conn. Agr. Exp. Sta. Bul. 266 1925.
53. Jones, D. F. Heritable characters in maize XXIII. J. Heredity 16 1925.
54. \_\_\_\_\_ and Mangelsdorf, P. C. Crossed corn. Conn. Agr. Exp. Sta. Bul. 273. 1926.
55. \_\_\_\_\_ Double crossed Burr Learning seed corn. Conn. Agr. Exp. Sta. Bul. 108. 1927.
56. \_\_\_\_\_ The change from monoecism to dioecism in maize. Anatomical Record 47 1930.
57. Jorgenson, C. R. Effect of smut infection on the yield of selfed lines and  $F_1$  crosses in maize. J. Am. Soc. Agr. 21 1929.
58. Kempton, J. H. Heritable characteres of maize V. J. Heredity 11 1920.
59. \_\_\_\_\_ Maize and man. J. Heredity 17 1926.
60. Koehler, B. and Holbert, J. R. Corn diseases in Illinois. Ill. Agr. Exp. Sta. Bul. 354 1930.
61. Kyle, C. H. The relationship of early growth and the yield of grain in corn. Am. Soc. Agr. 8 208 1916.
62. Lindstrom, E. W. Genetical Research in maize. Genetics 6 1923.
63. \_\_\_\_\_ The Genetics of maize. Bul. Torrey Bot. Club. 57 1930.
64. \_\_\_\_\_ Prepotency of inbred sires on commercial varieties of corn. J. Am. Soc. Agr. 23 1931.
65. Longley, A. E. Chromosomes in maize and maize relatives. J. Agr. Res. 28 1924.
66. \_\_\_\_\_ Supernumerary chromosomes in Zea mays, J. Agr. Res. 35 1927.
67. Love, H. H. and Wentz, J. B. Correlations between ear characters and yield in corn. J. Am. Soc. Agr. 9 1917.
68. Mains, E. B. Inheritance of resistance to rust (*Puccinia sorghi*) in maize. J. Agr. Res. 43 1931.
69. Mangeldorf, P. C., Reeves, R. G. Hybridization of maize, *Tripsacum* and *Euchlena*. J. Heredity 22 1931.
70. Marston, A. R. Breeding corn for resistance to the European corn borer. J. Am. Soc. Agr. 22 1930.

71. McIndoe, K. G. The inheritance of the reaction of maize to *Giberella saubinetii*. *Phytopath.* 21. 1931.

72. McNair, James, B. Indian corn. Field Museum of Natural History. Chicago 1930.

73. McClintock, B. Chromosome Morphology in *Zea mays*. *Science* 69 1929.

74. \_\_\_\_\_ A 2 n-1 chromosomal chimera in maize. *J. Heredity* 20 1929.

75. \_\_\_\_\_ A cytological demonstration of the location of an interchange between two non homologous chromosomes of *Zea mays*. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 12 1930

76. \_\_\_\_\_ Cytological observations of deficiencies involving known genes, Translocations and an Inversion in *Zea mays*. *Missouri Ag. Exp. Sta. Res. Bul.* 163 1931.

77. Randolph, L. F. and McClintock, B. Polyploidy in *Zea mays*. *Am. Naturalist* 60 1926.

78. \_\_\_\_\_ Some effects of high temperature on polyploidy and other variations in maize. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 18 1932.

79. Ranker, E. R. The nature of smut resistance in certain selfed lines of corn as indicated by filtration studies. *J. Agr. Res.* 41 1930.

80. Rhoades, M. M. Cytoplasmic inheritance of male sterility in *Zea mays*. *Science* 73 1931.

81. \_\_\_\_\_ Linkage values in an interchange complex in *Zea*. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 17. 1931.

82. Richey, F. D. The experimental basis for the present status of corn breeding. *J. Am. Soc. Agr.* 14 1922.

83. \_\_\_\_\_ Effects of selection on the yield of a cross between varieties of corn. *U. S. D. A. Bul.* 1209 1924.

84. \_\_\_\_\_ and Mayer, L. S. The productiveness of successive generations of self fertilized lines of corn and of crosses between them. *U. S. D. A. Dep. Bul.* 1345 1925.

85. \_\_\_\_\_ Corn breeding in new experiments *U. S. D. A. Yearbook* 1926.

86. \_\_\_\_\_ The convergent improvement of selfed lines of corn. *Am. Naturalist* 61. 1927.

87. \_\_\_\_\_ Corn Breeding. *U. S. D. A. Dep. Bul.* 1489 1927.



88. \_\_\_\_\_ and Willer, J. G. A statistical study of the relation between seed ear characters and productiveness in corn. U. S. D. A. Dep. Bul. 1321 1925.
89. \_\_\_\_\_ The intensive production of single crosses between selfed lines of corn for double crossing. J. Am. Soc. Agr. 20 1928.
90. \_\_\_\_\_ and Sprague, G. E. Experiments on hybrid vigor and convergent improvement in corn. U. S. D. A. Tech. Bul. 267. 1931.
91. Shull, G. H. A pure line method of corn breeding. Proc. Am. Breeders Assoc. 5 1909.
92. \_\_\_\_\_ The genotypes of maize. Am Naturalist 45 1911.
93. Smith, L. H. and Brunson, E. M. An experiment in selecting corn for yield by the method of ear-to row breeding plot. Ill. Agr. Exp. Sta. Bul. 271 1925
94. \_\_\_\_\_ Experiments in crossing varieties as a means of improving the productiveness in corn. Ill. Agr. Exp. Sta. Bul. 306 1928.
95. Stadler, L. J. Genetic effects of X rays in maize. Proc. National Acad. Sci. 14 1928.
96. \_\_\_\_\_ The experimental modification of heredity in crop plants. Sci. Agr. 11 1931.
97. Stoneberg, H. F. The productiveness of corn as influenced by the mosaic disease. U. S. D. A. Tech. Bul. 10 1927.
98. Stromann, G. N. The inheritance of certain chlorophyll characters in maize. Genetics 9 1924.
99. Weatherwax, P. The evolution of maize. Bul. Torrey Bot. Club. 45. 1918.
100. \_\_\_\_\_ The story of the maize plant. Univ. of Chicago Press. 1923.
101. Webber, H. J. The effect of research in genetics on the art of breeding. Science 35 1912.
102. Webber, G. F. Studies in corn rust. Phytopath. 12 1922.
103. Wilson, H. K. Plant characters as indices in the relation to the ability of corn strains to withstand lodging. J. Am. Soc. Agr. 22 1930.
104. Winter, F. L. The mean and variability as affected by continuous selection for composition in corn. J. Agr. Res. 39 1929.
105. Woodworth, C. M. A program of corn improvement. Ill. Agr. Exp. Sta. Circ. 284 1928.
106. \_\_\_\_\_ Comparative frequency of defective seeds and chlorophyll abnormalities in different varieties of corn following self fertilization. J. Am. Soc. Agr. 21 1929.