

Die Ausnutzung der „freien Bestäubung“ für die Sortenkreuzung bei selbstbefruchtenden Getreidearten

Untersuchungen an Wintergerste

JOACHIM KÖCHLING

Institut für Pflanzenzüchtung Gülzow-Güstrow der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Getreidezuchtstation Petkus/Mark

Making use of „free fertilization“ in crosses between strains of self-fertilizing cereals

Experiments with winter barley

Summary. After a trial run in 1961/62, two free pollination experiments were carried out in 1962 and 1963 on emasculated plants and proved to be successful in winter barley.

The castrated plants, surrounded by pollinators showed a fecundation rate whose mean ranged from 47.5% to 54.9%.

In contrast to these results, the rate of fecundation of emasculated and manually pollinated plants in 1962 and 1963 ranged from 15.39% to 21.2%. The economical and technical advantages of this method are evident. The experiments discussed need further tests under various climatic conditions.

Even with cautious evaluation of the results there seems to be a relatively good possibility of fairly high F_1 seed production, a very important prerequisite to successful selection.

Erfolge in der Kombinationszüchtung können bei den typischen Selbstbefruchtern nur dort erwartet werden, wo es gelingt, eine möglichst große Anzahl von Kreuzungskörnern zu erzielen.

Nach RUDORF (1960) ist beim Vorhandensein vieler Genunterschiede die Zahl der möglichen Gametenkombinationen sehr groß und kann sich nicht auf wenigen F_1 -Pflanzen vollziehen. Er empfiehlt daher, von einer Kreuzung nicht 3–5, sondern je nach dem Vermehrungskoeffizienten der Art 20–100 F_1 -Pflanzen herzustellen.

RUDORF (1960) sagt dazu weiter wörtlich: „Wenn wir annehmen, daß in der F_1 einer Art mit $x = 4$ Chromosomen jedes Chromosom mit seinem homologen Partner in einem oder mehreren Genen heterozygot ist, und daß das „crossing-over“ unberücksichtigt bleibt, ergeben sich in der Meiosis von F_1 $(2^4)^2 = 256$ Möglichkeiten der Chromosomenkombination, d. h. 256 verschiedene Genotypen der F_2 . Für die Arten mit $x = 7$ (Gerste, Roggen u. ä.) beträgt die Zahl der möglichen Chromosomenkombinationen $(2^7)^2 = 128^2 = 16384$. In der F_2 müßten also wenigstens 16384 Pflanzen angezogen werden, um jede Chromosomenkombination rechnerisch einmal vertreten zu haben.“ Wegen der zufälligen Verteilung der Chromosomen während der Meiosis der F_1 ist jedoch ein Vielfaches dieser Zahl erforderlich. Je umfangreicher F_1 und F_2 hergestellt werden können, um so größer sind demnach die Aussichten für eine erfolgreiche Auslese.

Auch andere Gesichtspunkte sprechen für eine große F_1 und F_2 . Das frühzeitige und sichere Erkennen wertvoller Genotypen in Kreuzungsnachkommenschaften ist für die praktische Züchtung außerordentlich wichtig. IMMER (1941), SUNESON u. RIDDLE (1944), PALMER (1952), HAGBERG (1953),

KEPPLER (1959) u. a. konnten einen F_1 -Heterosiseffekt bei Kreuzungen zahlreicher selbstbefruchtender Kulturpflanzen nachweisen. Trotz unterschiedlicher Auffassungen der verschiedenen Autoren (HARRINGTON 1940, IMMER 1941, RUDORF und WIENHUES 1951, ATKINS 1953, LUPTON u. WHITEHOUSE 1957, KEPPLER 1959 u. a.) konnte weiterhin nachgewiesen werden, daß Heterosiseffekte auch noch in der F_2 auftreten und die damit verbundenen Leistungsunterschiede junger Populationen in bestimmten Grenzen Aufschluß über deren Selektionswert geben. Ertragsprüfungen an jungen F-Generationen erlauben somit eine frühzeitige Beurteilung der Population und begünstigen eine rationelle Einschränkung sehr umfangreichen Zuchtmaterials.

Eine sehr wichtige Voraussetzung für genauere Heterosisteste ist jedoch die Möglichkeit, auf eine einfache Weise größere Mengen an F_1 -Saatgut zu erzeugen. SUNESON u. RIDDLE (1944) konnten durch Verwendung pollensteriler Gersten die aufwendigen Kastrationsarbeiten umgehen. JODON (1938) und SUNESON (1951) u. a. versuchten, durch Temperatureinwirkung auf die Infloreszenzen eine Massenkastration zu erreichen. Auch der Einsatz von Gametoziden und die Schnittkastration bei selbstbefruchtenden Getreidearten (WIENHUES 1960, OLTMANN 1956) konnten, im ganzen gesehen, nicht voll befriedigen.

Ausgehend von der Beobachtung, daß mehrere kastrierte Gerstenähren durch „freie Bestäubung“ im Bestand einen durchschnittlichen Ansatz von 45,3% (bezogen auf die Anzahl kastrierter Blüten pro Ähre) aufwiesen, wurde in Petkus untersucht, ob unter Verzicht auf die bisher angeführten Massenkastrationmethoden die manuelle Kastration mit anschließender freier Bestäubung bei Winter-Gerste im praktischen Zuchtbetrieb möglich und wirtschaftlich ist.

Die Gerste gilt im allgemeinen als Selbstbefruchter. Nach Angaben älterer und neuerer Literatur liegt ihre Neigung zur Fremdbefruchtung nur bei 0,06 und 0,2%. Man führt das häufig darauf zurück, daß die Gerste bei heißer, trockener Witterung schon in der Blattscheide abblüht und daß sich die Spelzen bei kühler Witterung nicht öffnen. Nach Berichten von DENNING, ROBERTSON, KUCKUCK, HOFFMANN (HACKBARTH 1960) u. a. tendieren dagegen Nacktgersten zu stärkerer Fremdbefruchtung. Im Maximum wurden 20% festgestellt.

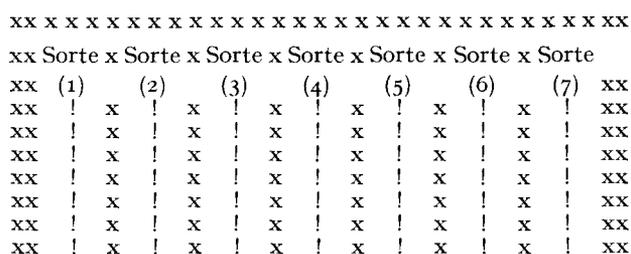
Auf Grund der geringen Fremdbefruchtungsrate waren wir zunächst geneigt, den hohen Ansatz der frei bestäubten Testpflanzen z. T. auf eine verspätete Kastration zurückzuführen.

RIMPAU führte bereits 1882 bei Weizen einen Fremdbefruchtungsversuch mit kastrierten Blüten durch

Er kam dabei zu einem Befruchtungsergebnis von 59%. In anderen Versuchen der neueren Zeit, gleichfalls mit Weizen (FORLANI 1950, CROKINA 1957, RÜBENBAUER und PIECH 1963 u. a.), variierte der Ansatz von 10–53%. Es ist anzunehmen, daß die kastrierten Weizenblüten von frei abblühenden Nachbarpflanzen bestäubt wurden.

Um zu überprüfen, ob diese Ergebnisse auch auf Wintergerste übertragbar sind, wurde 1962/63 folgender Versuch durchgeführt, bei dem 7 Wintergersten-Sorten bzw. -Stämme als Mutterpflanzen mit der Sorte 'Neuga' als Bestäuber kombiniert wurden. Die Anlage erfolgte in Reihen, wobei jede Reihe der Muttersorten von je 2 Reihen des Bestäubers umgeben war (Aussaat von Hand, Kornlage 20 × 10 cm, Tiefe des Befruchtungsbeetes 1,0 m, Breite 17 Rh. = 3,40 m):

Anordnung der Mutter- und Bestäubersorten im Fremdbefruchtungsbeet.



xx = Bestäubersorte 'Neuga' ! = kastrierte Muttersorten

Die Kastration der „Mütter“ erfolgte jeweils kurz vor Beginn des Ährenschiebens. Um den Austritt der Antheren zu erleichtern, wurden die Grannen der Bestäubersorte 2 mm unterhalb der Ansatzstelle an der Deckspelze abgeschnitten.

Eine 1,50 m hohe Isolierwand aus PVC-Folie umgab den Versuch. Sie sollte unkontrollierte Einkreuzungen weitgehend verhindern.

Die Befruchtungsergebnisse des Versuches 1962/63 veranschaulicht die folgende Tab. 1. Zum Vergleich wurde der Ansatz aus den manuellen Bestäubungen herangezogen, die außerhalb des Versuches an anderem Wintergersten-Material durchgeführt wurden.

Tabelle 1. Kornansatz nach freier Bestäubung im Versuchsjahr 1962/63.

Muttersorten	Bestäuber	Zahl der kastrierten Blüten	Zahl der geernteten Körner	Ansatz %
1. Odesski 17	× Neuga	69	33	47,8
2. Klwz. St. 27855	× Neuga	58	33	56,9
3. Hohenth. 6611/20/54	× Neuga	106	34	32,1
4. Moldawski 12	× Neuga	133	64	48,1
5. Bernb. St. 34546	× Neuga	143	69	48,3
6. Dominator	× Neuga	138	87	63,0
7. Aschersl. St. 30/59	× Neuga	233	98	42,1
Insgesamt Mittel		880	418	—
		125,7	59,7	47,50
Manuelle Bestäubung aus anderem Material insgesamt		1410,0	217	15,39

Gewisse Schwierigkeiten ergaben sich bei einzelnen Kombinationen dadurch, daß der Blühtermin von Vater- und Muttersorten nicht immer übereinstimmte. Durch eine vorsorglich gestaffelte Aussaat bzw. Rückschnitt des Bestäubers konnte dafür gesorgt werden, daß auch die später abblühenden Sorten bzw. Stämme noch genügend befruchtungsfähigen Pollen vorfanden. Der sehr geringe Kornansatz sowohl bei den nach der klassischen Methode behandelten Kombinationen als auch bei den Fremdbefruchtungsvarianten ist vor allem auf die außergewöhnliche Trockenheit und Hitze zurückzuführen.

Um eine unkontrollierte Einkreuzung anderer Formen noch wirkungsvoller auszuschließen, wurde der 2. Versuch 1963/64 räumlich isoliert am Feldrand angelegt und die Isolierwand auf 1,70 m erhöht. Um weiterhin völlig sicher zu gehen, daß keine Selbstungen das Befruchtungsergebnis verfälschten, erfolgten die Kastrationen bereits, als die Ähren noch völlig von der Blattscheide umhüllt waren. 10 eingetütete Kontrollähren, die im gleichen Entwicklungsstadium kastriert worden waren, zeigten keinen Ansatz.

Die Ergebnisse des Fremdbefruchtungsversuches 1963/64 veranschaulicht Tab. 2. Auch hier wurden Ergebnisse der außerhalb des Versuches durchgeführten manuellen Bestäubung angeführt.

Tabelle 2. Kornansatz nach freier Bestäubung im Versuchsjahr 1963/64.

Muttersorten	Bestäuber	Zahl der kastrierten Blüten	Zahl der geernteten Körner	Ansatz %
1. Odesski 17	× Dominator	99	61	61,6
2. Hohenth. St. 66/1120/54	× Dominator	327	286	87,5
3. Albert	× Dominator	366	211	57,7
4. Aschersl. St. 30/59	× Dominator	354	169	47,8
5. Hauters	× Dominator	397	161	40,6
6. Trias	× Dominator	426	194	45,0
Insgesamt Mittel		1969	1082	—
		328,2	180,3	54,94

Manuelle Bestäubung an anderem Material insgesamt: 2075,0 440,0 21,2

In der folgenden Tabelle werden die Ergebnisse der beiden Jahre verglichen:

Tabelle 3. Vergleich des Kornansatzes beider Kreuzungsmethoden in den Versuchsjahren 1962/63 und 1963/64.

Versuchsjahr	Ansatz in Prozent				∅ Anzahl der Kreuzungskörner je Kombination	
	Methode A		Methode B		Methode A	Methode B
	%	Rel.	%	Rel.		
1962/63	15,39	100	47,50	308,6	21,7	59,7
1963/64	21,20	100	54,94	259,2	17,07	180,3

Methode A = Klassische Kreuzungsmethode (Kastr. — Eintüten — Bestäubung von Hand — Eintüten)
 Methode B = Kastration, Bestäubung durch freies Abblühen der Vatersorte

Wie aus den zweijährigen Ergebnissen ersichtlich, bringt die freie Bestäubung kastrierter Ähren eine wesentlich erhöhte Anzahl von F₁-Körnern je Kreuzungskombination. Damit können weitaus mehr genetische Potenzen einer Kombination realisiert werden und zum anderen sind die Voraussetzungen

für die Anlage einer exakten Mikro-Drill-Prüfung in der F_2 gegeben.

Der Befruchtungserfolg hängt in Petkus besonders stark von den Witterungsbedingungen zur Zeit der Blüte ab. Die gerade zum Zeitpunkt der Kreuzungsarbeiten sehr häufig auftretenden Trockenperioden bedingen im Durchschnitt der Jahre sehr niedrige Ansatzraten. Aus diesem Grunde kommt dem beschriebenen Verfahren, speziell für Petkuser Verhältnisse, besondere Bedeutung zu.

Im Jahre 1964 wurde auch der Hafer durch einen ähnlichen Versuch in die Untersuchungen einbezogen. Die vorläufigen Ergebnisse, die eine weit höhere Ansatzrate als bei manueller Bestäubung auswiesen, stellen auch hier eine erfolgreiche Anwendung der freien Bestäubung in Aussicht.

Es ergeben sich bei dieser Methode zugleich Vorteile in arbeitswirtschaftlicher Hinsicht. Bei Anwendung des herkömmlichen Kreuzungsverfahrens kastriert eine geübte Assistentin 5 bis 6 Ähren pro Stunde, wobei das verhältnismäßig aufwendige Eintüten inbegriffen ist. Die später folgende Bestäubung nimmt mit der Pollengewinnung annähernd die gleiche Zeit in Anspruch. Das beschriebene Kreuzungsverfahren reduziert diesen Arbeitsaufwand erheblich, da sich manuelle Bestäubung und zweimalige Isolation mit Pergamenttüten erübrigen. Das Entfernen der Grannen bei einigen Ähren der Bestäubungssorte erfordert nur einen sehr geringen Zeitaufwand. Versierte Fachkräfte erreichen bei alleiniger Kastration Leistungen von 10 bis 12 Ähren pro Stunde. Der Isolationsaufwand zur Verhütung einer unkontrollierten Fremdbestäubung ist unerheblich.

Zusammenfassung

Nach einem Vortest im Jahre 1961/62 sowie 2 auswertbaren Versuchen in den Jahren 1962/63 und 1963/64 konnte festgestellt werden, daß auch bei Wintergerste die „freie Bestäubung“ kastrierter Mutterpflanzen mit Erfolg anwendbar ist. Die mantelartig von der Vatersorte umgebenen Pflanzen zeigten im Mittel einen Ansatz von 47,5 bzw. 54,9%. Die Ansatzrate der Kreuzungen mit manueller Bestäubung lag demgegenüber in den betreffenden Jahren bei 15,39 bzw. 21,2%. Die arbeitswirtschaftlichen Vorteile dieser Methode sind überzeugend. Die besprochenen Versuche bedürfen weiterer Nachprüfung unter verschiedenen Witterungsbedingungen. Auch bei vorsichtiger Beurteilung der Ergebnisse deuten sich Möglichkeiten an, größere Mengen F_1 -Saatgut relativ sicher zu erzeugen, was für eine erfolgversprechende Auslese von großer Bedeutung ist.

Literatur

1. ATKINS, R. E.: *Agronomy Journal* **45**, 311–314 (1953); zitiert bei KEPPLER, 1957. — 2. COFFMAN, F. A., and L. L. DAVIS: *Journ. Am. Soc. Agron.* **26**, 318–327 (1934); zitiert bei KEPPLER, 1957. — 3. CROKINA, O. M. und J. P. LAPTEV: Die aus Windbestäubungen stammenden Pollenmengen auf Weizenblüten (russ.). *Vestn. Selsk. Nauk* Nr. 4, 34–40 (1957). — 4. DENNING, ROBERTSON, KUCKUCK, W. HOFFMANN: zitiert bei HACKBARTH 1960. — 5. FORLANI, R.: Versuche über Allogamie bei Weizen (italienisch). *Genetica Agraria* **2**, 233–246 (1950); Ref. P.B.A. **21**, Nr. 2540. — 6. HACKBARTH, A.: Spontane Fremdbefruchtung bei Selbstbefruchtern. Vorträge für Pflanzenzüchter. Frankfurt/M.: DLG-Verlag 1960. — 7. HAGBERG, A.: Heterosis in barley. Further studies on and discussion of the heterosis phenomenon. *Hereditas* **39**, 325–347 (1953). — 8. HARRINGTON, I. B.: Yielding capacity of wheat crosses as indicated by bulk hybrid test. *Canad. Journ. Res.* **18** (c), 578–584 (1940). — 9. HOFFMANN, W.: Erfolge und gegenwärtiger Stand der Hallenser Arbeiten zur Kombinationszüchtung bei Getreide. *Z. f. Pflanzenzüchtung* **29**, 318–345 (1951). — 10. HOFFMANN, W.: Zeitpunkt und Umfang der Selektion in verschiedenen Generationen selbstbefruchtender Pflanzen. Vorträge für Pflanzenzüchter. Frankfurt/M.: DLG-Verlag 1960. — 11. IMMER, R.: Relation between yielding ability and homozygosity in barley crosses. *Journ. Am. Soc. Agron.* **33**, 200–206 (1941). — 12. JODON, N. E.: Experiments of artificial hybridisation of rice. *Journ. Am. Soc. Agron.* **30**, 294–305 (1938). — 13. KEPPLER, E.: Züchtungsmethodische Untersuchungen an Populationen zweier Selbstbefruchter, *Pisum sativum* L. u. *Triticum aestivum* L. *Z. f. Pflanzenzüchtung* **37**, 375–420 (1957). — 14. KEPPLER, E.: Züchtungsmethod. Probleme bei Selbstbefruchtern. Vorträge für Pflanzenzüchter S. 1. Frankfurt/M.: DLG-Verlag 1959. — 15. LUPTON, F. G. H., and R. N. H. WHITEHOUSE: *Euphytica* **6**, 169–184 (1957); zit. b. KEPPLER 1959. — 16. OLTMANN, W.: Vereinfachung der Kreuzungstechnik durch Schnittkastration bei selbstbestäubenden Getreidearten. *Der Züchter* **26**, 315–319 (1956). — 17. PALMER, T. P.: *Heredity* **6**, 171–185 (1952); zit. b. KEPPLER 1959. — 18. RIMPAU, W.: Das Blühen des Getreides. *Landw. Jahrbuch* **11**, 895 (1882). — 19. RUDORF, W.: Vorträge für Pflanzenzüchter. Frankfurt/M.: DLG-Verlag 1960. — 20. RUDORF, W.: Neue Grundlagen und Methoden der Züchtung auf Leistung. *Z. f. Pflanzenzüchtung* **35**, 441–460 (1956). — 21. RUDORF, W., und F. WIENHUES: Die Züchtung mehltaresistenter Gersten mit Hilfe einer resistenten Wildform (*Hordeum spontaneum nigrum* H 204). *Z. f. Pflanzenzüchtung* **30**, 445–463 (1951). — 22. RÜBENBAUER, T., und M. PIECH: Die Vererbung des Backwertes bei Sortenkreuzungen von Weizen. 1. Mitt. Vergleich verschiedener Kreuzungsverfahren. *Biul. Inst. Hodowli Aklimatyzacji Roślin* 1963; Ref. *Landwirtsch. Zentralblatt* 64/09, S. 2515. — 23. SUNESON, C. A.: Male sterility facilitated synthetic hybrid barley. *Agron. Journ.* **43**, 234–236 (1951). — 24. SUNESON, C. A., and O. C. RIDDLE: *Journ. Am. Soc. Agron.* **36**, 57–61 (1944); zit. b. KEPPLER 1959. — 25. WIENHUES, F.: Arbeitsbericht der Arbeitsgruppe Selbstbefruchter der Arbeitsgemeinschaft Methodik bei der DLG-Pflanzenzucht-Abteilung. Vorträge für Pflanzenzüchter. Frankfurt/M.: DLG-Verlag 1960.