

Biochemische Unterschiede zwischen *Triticum vulgare* und
Triticum durum - einige genetische Aspekte
F. Garcia-Olmedo, Madrid/Spanien

Einführung

Obwohl beträchtliche Anstrengungen gemacht wurden, um biochemische interspezifische Unterschiede zwischen *Triticum durum* und *Triticum aestivum* zu finden - in der Absicht *Triticum aestivum* in Teigwaren nachweisen zu können - wurde im allgemeinen den genetischen Aspekten dieses Problems wenig Beachtung geschenkt. Das spiegelt sich in zwei extremen Situationen wider: entweder wurden biochemische interspezifische Unterscheidungsmerkmale vorgeschlagen, ohne unterstützende Daten über deren Beständigkeit und interspezifische Veränderlichkeit, oder aber man verwarf potentiell analytisch nutzbare Unterschiede, weil die mit willkürlich festgesetzten, einschränkenden Standards nicht in Einklang zu bringen waren.

In diesem Vortrag will ich einen Überblick über die Anwendung einiger grundlegender Begriffe auf die zwei Weizenarten geben und von Forschungsarbeiten über die genetische Kontrolle von bestimmten biochemischen Unterschieden berichten, die von Dr. Garcia-Faure und mir zum Nachweis von Vulgareweizen in Teigwaren benützt werden (1).

Triticum aestivum L. und *Triticum durum* DESF. sind natürliche Spezies.

T. aestivum und *T. durum* sind beides natürliche Arten, Gruppen von Individuum darstellend, die wegen ihrer weitgehenden Ähnlichkeit zusammengefaßt werden. Nach Worten von Heslop-Harrison (2) gründet sich die Zusammengehörigkeit einer natürlichen Gruppe aber nicht unbedingt darauf, daß alle Glieder von irgendwie einheitlichem Charakter sind, sondern auf die Tatsache, daß jedes Paar mehr charakteristische Eigenschaften gemeinsam besitzt als einer der Partner mit einem Glied einer anderen Gruppe. Dies ist besonders wichtig für unser Problem, weil es bedeutet, daß bei der Suche nach biochemischen interspezifischen Unterschieden es eher eine Ausnahme als die Regel sein kann, wenn man ein bestimmtes Charakteristikum findet, das die Gesamtheit einer Spezies besitzt. Um ein bestimmtes spezifisches Merkmal als konsistent zu erachten, muß es bei einer hohen Anzahl der Gruppenmitglieder vorhanden sein und darf bei verwandten Gruppen überhaupt nicht vorkommen. Mit Hinblick auf die intraspezifische Variabilität ist das so zu verstehen, daß eine Diskontinuität bei der Verteilung der Merkmale zwischen den Arten existieren muß, aber nicht notwendigerweise an der Grenzlinie.

Wenn die Unterschiede zwischen natürlichen Gruppen erhalten bleiben sollen, müssen diese Gruppen bei der Fortpflanzung isoliert bleiben, so daß kein genetisches Material zwischen ihnen ausgetauscht werden kann.

Sind Triticum aestivum L. und Triticum durum DESF. isoliert worden?

Weder *T. durum* DESF. noch *T. aestivum* L. stimmen mit Mayr's Konzept der biologischen Arten überein (2): "Arten sind Gruppen von tatsächlich oder potentiell untereinander fruchtbaren Populationen, die von anderen derartigen Gruppen bei der Fortpflanzung isoliert sind". Die Anerkennung dieser Tatsache hat zu der gegenwärtigen Überarbeitung der Weizenarten-Nomenklatur geführt (3, 4). Ohne auf die taxonomische Kontroverse näher einzugehen, beabsichtige ich, das Problem der ständigen Isolation dieser beiden Weizen näher zu diskutieren.

T. durum DESF. hat zwei Sätze von sieben Chromosomenpaaren, Genome A und B, *T. aestivum* dagegen hat drei solcher Sätze mit den Genomen A, B und D. Obwohl gefunden wurde, daß es für jedes Chromosom in einem der Genome ein teilweise homologes Chromosom in jedem der zwei anderen gibt, sind beide - der allotetraploide und der allohexaploide Weizen - funktionell diploid. Das bedeutet, daß normalerweise kein Austausch von genetischem Material der verschiedenen Genome A, B und D vorkommt.

Jedoch gibt es keine genetische Sperre zwischen den Genomen A oder B von *T. durum* und den gleichen Genomen von *T. aestivum*. Durch Kreuzungen zwischen hexaploiden (AABBDD) und tetraploiden (AABB) Weizen werden Pentaploide (AABBD) erzeugt. Selbst der Pentaploiden oder Rückkreuzungen von *T. durum* und *T. aestivum* erlauben die Wiederherstellung von tetraploiden und hexaploiden Formen, bei welchen ein interspezifischer Austausch von genetischem Material vorgekommen ist. Diese Tatsache bezeichnet das D Genom als den einzigen Teil von *T. aestivum*, der genetisch von *T. durum* isoliert ist. Aber sogar dieses natürliche Hindernis kann experimentell überwunden werden, nach einer Entdeckung von Riley und Chapman (5), daß das diploide Verhalten im Weizen von dem Chromosom 5 B überwacht wird. Die Auswirkung dieser Entdeckung auf die Praxis der Pflanzenzüchtung kann in Verbindung mit unserem Problem nicht übersehen werden.

Es sollte auch herausgestellt werden, daß es kein genetisches Hindernis zwischen *T. durum* und den anderen tetraploiden Weizen (mit einer teilweisen Ausnahme von *T. timopheevi* Zhukov) oder zwischen *T. aestivum* L. und den anderen hexaploiden Weizen gibt.

Die hauptsächlichsten Rückschlüsse, die aus der vorstehenden Diskussion gezogen werden können (Abb. 1) sind;

- a) daß sich die biochemische Unterscheidung von hexaploiden und tetraploiden Weizen auf D Genom-Eigenschaften stützen muß.

- b) Daß keine dauernde Unterscheidungsmöglichkeit auf einer einzelnen D Genom-Eigenschaft aufgebaut werden kann, weil als Ergebnis von Züchtungsprogrammen die D-Genome zu A- oder B-Genomen und damit zu tetraploidem Weizen zu-gebracht werden können.
- c) Daß keine dauernde biochemische Unterscheidungsmöglichkeit zwischen Weizen der gleichen polyploiden Stufe erreicht werden kann, mit Ausnahme von *T. timopheevi* Zhuk. von den anderen Tetraploiden.

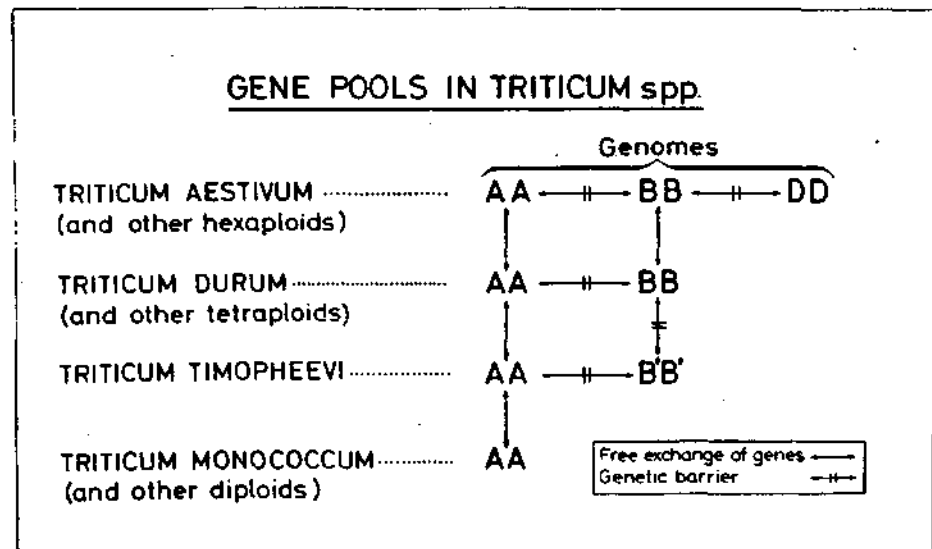


Abb. 1

Die genetische Bindung von einigen biochemischen interspezifischen Unterschieden

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Schlußfolgerungen möchte ich die gene-tische Bindung von bestimmten biochemischen interspezifischen Unterschieden be-sprechen, die in unserem Laboratorium mit wechselndem Erfolg beim Nachweis von Vulgareweizen in Teigwaren benützt werden (7, 8, 9, 10).

Sitosteryl-palmitat

Ein hoher Gehalt an Sitosteryl-palmitat in *T. aestivum* (AABBDD) und anderen hexaploiden Weizen ist eine Eigenschaft der D-Genome. Sie wurde durch die Analyse von *Aegilops squarrosa* (DD) und einer syntetischen *T. spelta* (AABBDD) (11) (Abb. 2) demonstriert. Keiner der tetraploiden Weizen (einschließlich *T. timopheevi*) hat einen hohen Gehalt an Sitosteryl-palmitat. Es wurde auch ge-funden, daß eine kleine Gruppe der *T. aestivum*-Sorten einen niedrigen Sito-steryl-palmitat-Gehalt aufweist. Die entsprechenden Kreuzungen zwischen Sorten mit einem niedrigen und hohen Sitosteryl-palmitat-Gehalt zeigten, daß ein einziger locus den Sitosteryl-palmitat-Spiegel reguliert, wobei hoch gegenüber niedrig dominant ist (11).

Chromatogramme der Sterolester von:



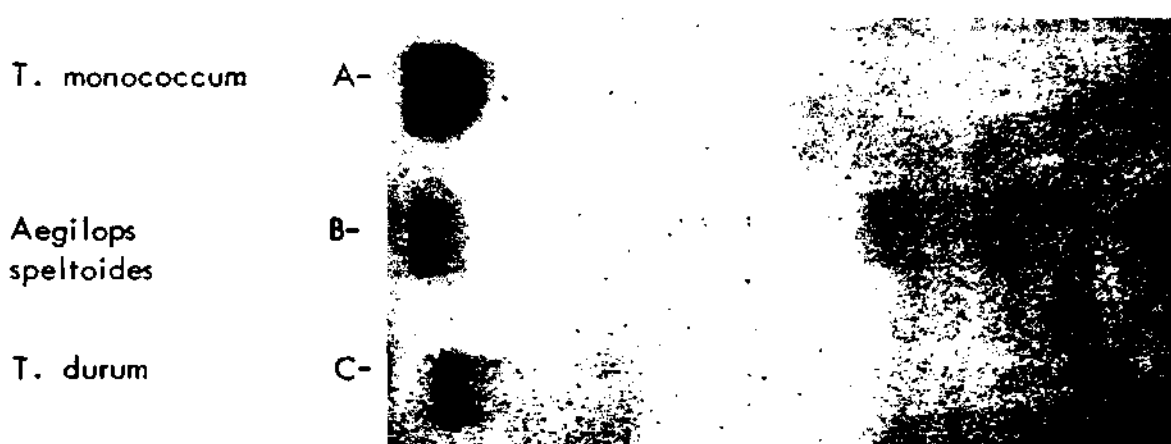
Eine solche einfache genetische Abhängigkeit erlaubt die relativ einfache Einkreuzung der "Hoch"-Eigenschaft in eine "Niedrig"-Sorte und umgekehrt. Die praktische Anwendung würde natürlich davon abhängen, wie stark das System der Saatgutfreigabe und Saatgutverbesserung in jedem Lande zentralisiert ist.

In Leichtpetroleum lösliches Protein

Es wurde gefunden, daß der Gehalt an mit leichtem Petroleum (Petroläther) extrahierbarem Protein höher in *T. aestivum* als in *T. durum* ist, mit einiger Überlappung in den Gebieten der interspezifischen Eigenschaften (8). In *T. aestivum* wurde für diese Eigenschaft keine Zweipeak-Verteilung gefunden, so daß vermutlich zwischen den Sorten kein einfacher Unterschied besteht. Die Hauptbestandteile dieser Proteinfraction sind zwei Isoformen eines kristallisierbaren Proteins mit Namen Purothionin (12, 13).

Ich habe kürzlich festgestellt, daß das Genom A für die Synthese von Purothionin A verantwortlich ist und beide, nämlich die Genome B und D eine genetische Information für die Synthese der anderen Isoform, nämlich der Purothionins B¹⁴ besitzen (Abb. 3). Dies bedeutet, daß das Purothionin im ganzen gesehen von drei Genen kontrolliert wird, wovon zwei sowohl in *T. aestivum* als auch in *T. durum* anwesend sind. Es ist deshalb nicht überraschend, daß der Unterschied im gesamten Leichtpetroleumproteingehalt zwischen den zwei Arten nicht so drastisch ist wie im Gehalt an Sitosteryl-palmitat.

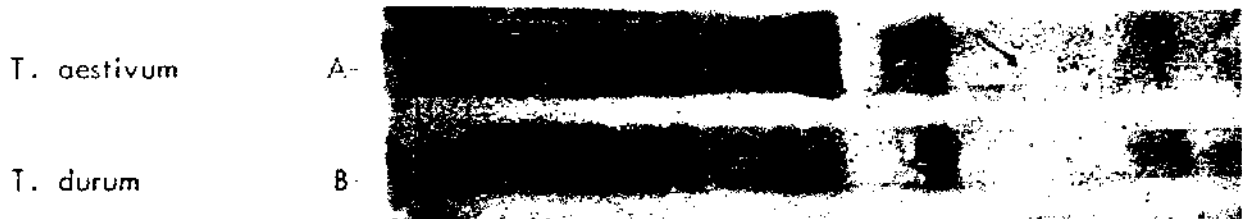
Purothionin von:



Wasserlösliche Proteine

Wir haben gefunden, daß der Gehalt an wasserlöslichen Proteinen in *T. aestivum* relativ höher ist als in *T. durum*. Die Schwankungsgrenze dieser Eigenschaft beider Arten überschneidet sich nicht. Eine Studie der Proteinübereinstimmung der diploiden Formen von *Triticum* und *Aegilops* zeigt, daß sowohl die B- als auch die D-Genome die genannten Proteine aufbauen. In dieser Studie wird ebenfalls die Ähnlichkeit zwischen B- und D-Genomen gezeigt, die die Schwierigkeit der Auffindung ganz klarer interspezifischer Unterschiede erklärt (Abb. 4).

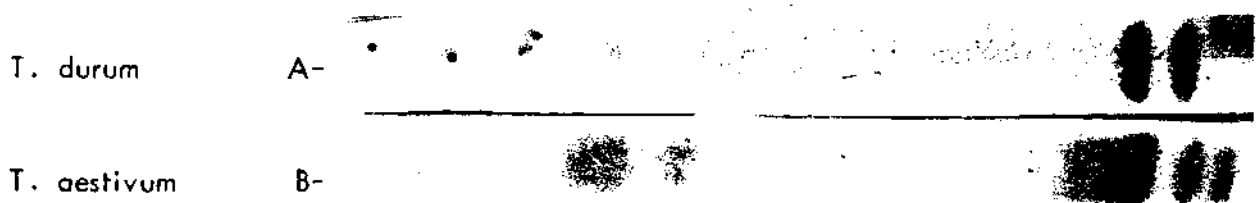
Wasserlösliche Proteine von:



In Chloroform-Methanol lösliche Proteine

Ein in Chloroform-Methanol lösliches Protein ist in *T. aestivum* enthalten, das kaum in *T. durum* vorkommt (Abb. 5). Da die Untersuchung an kommerziellen Proben vorgenommen wurde, ist noch nicht klar, ob die entdeckten Spuren das Ergebnis einer Verunreinigung von *T. durum* mit *T. aestivum* sind. Dieser Tatsache wird gegenwärtig mit cytologischen Methoden nachgegangen. Auf jeden Fall haben wir es mit einer klaren D-Genomeigenschaft zu tun, die in allen bisher untersuchten Proben gefunden wurde. Eine Mengenbestimmung dieses Proteins wird durch Vergleich mit einem nahe verwandten Protein vorgenommen, das von dem B-Genom stammt, wie durch das Studium der diploiden Arten gezeigt wurde.

Chloroform:Methanol (2 : 1) - lösliches Protein:



Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Es wurden einige grundlegende genetische Begriffe in Verbindung mit der biochemischen Unterscheidung von *T. aestivum* L. und *T. durum* DESF. erörtert.

Wie dargelegt wird, ist die Voraussetzung für die Anerkennung eines bestimmten Merkmales als konstant, daß es in einem hohen Prozentsatz (nicht notwendigerweise bei allen) der Gruppenmitglieder vorkommt und bei verwandten Gruppen nicht vorhanden ist. Sogar solche Mitglieder, welche dies Merkmal besitzen, werden eine gewisse intraspezifische Variabilität zeigen.

Die Diskussion der genetischen Hindernisse beider Weizen führt zu der Schlußfolgerung, daß keine dauernde biochemische Unterscheidungsmöglichkeit zwischen Weizen mit derselben Chromosomenzahl erreicht werden kann außer zwischen *T. timopheevi* Zhuk. und den anderen Tetraploiden. Eine Unterscheidung der hexaploiden und tetraploiden Weizen muß auf Eigenschaften der D-Genome aufgebaut werden. Einige dieser Eigenschaften sind zur ständigen Unterscheidung brauchbar, weil, wie mehrere Züchtungsprogramme beweisen, D-Genomgene zu A- oder B-Genomen dazugezüchtet werden können und folglich auch zu *T. durum*. Die genetische Kontrolle der biochemischen Unterscheidungsmöglichkeiten, die in unserem Labor benützt werden, sind untersucht worden.

Sitosteryl-palmitat und eine in Chloroform-Methanol lösliche Protein-Fraktion (CMP) sind echte Eigenschaften des D-Genoms. Hoher Sitosteryl-palmitat-Gehalt wird von einem dominanten Allel an einem einzigen locus gesteuert und einige Sorten haben das recessive Allel für niedrigen Sitosteryl-palmitat-Gehalt. Hoher CMP-Gehalt wurde in allen *T. aestivum*-Sorten, die bisher untersucht wurden, gefunden. Die anderen beiden, wasserlösliches Protein (WSP) und in Leichtpetroleum lösliches Protein (LPP) sind ebenfalls D-Genomeigenschaften. Es gibt aber auch genetische Beweise für deren Synthese in den anderen Genomen, und zwar in den A- und B-Genomen für LPP und möglicherweise in dem D-Genom für WSP.

Schrifttum:

1. --- Überblick über unsere Methoden: siehe Dr. Garcia-Faure Beitrag zu dieser Tagung.
2. Heslop-Harrison, J.: (1963) in "Chemical Plant Taxonomy" Ed. by T. Swain, Academic Press, London.
3. Mac Key, J.: (1954) Svensk Bot. Tidskr. 48 (2), 579-90
4. Bowden, W.M.: (1959) Canad. J. Bot 37, 657-84
5. Riley R. u. Chapman, V.: (1958) Nature, 182, 713
6. Lacadena, J.-R.: (1967) Euphytica, 16, 221-230
7. Garcia-Faure, R. u. Garcia-Olmedo, F. u.a.: (1968) J. Sci. Fd Agric. 19 (6) 322-324
8. Garcia-Olmedo, F., Sotelo, I. u.a.: (1968) Bol. I. N.I.A. (im Druck)
9. Garcia-Faure, R., Merck, J.-G. u.a.: (ein Vortrag wurde vorgelegt)
10. Garcia-Faure, R. u. Garcia-Olmedo, F.: (unveröffentlichte Ergebnisse)
11. Garcia-Olmedo, F.: Nature (im Druck)

12. Fisher, N., Redman, P.G. (1968) Cereal Chem. 45, 48
u. a.:
13. Nimmo, C.C., O'Sullivan, M. u. a.: (1968) Cereal Chem. 45, 28
14. Garcia-Olmedo, F.: (unveröffentlichte Ergebnisse)
15. Garcia-Olmedo, F.: Anales Est. Exp. Aula Dei (im Druck)