



Buğdayın Kültüre Alınması (Bilgi Notu 1)

Doç. Dr. Yüksel Kaya

Siirt Üniversitesi

Ziraat Fakültesi

Tarla Bitkileri Bölümü

Haziran 2018

Atıf yapma (kaynak gösterme) şekli:

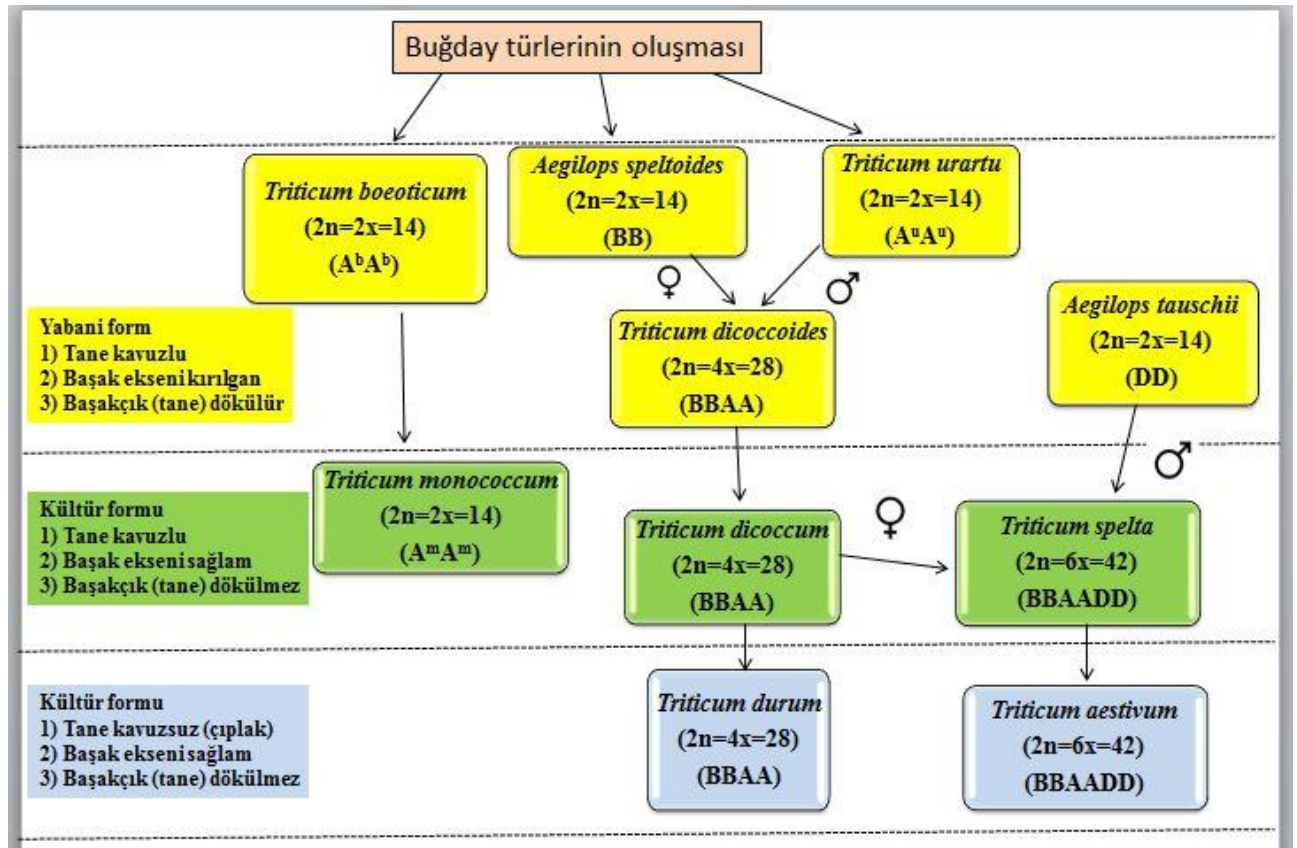
Kaya, Y. 2018. Buğdayın Kültüre Alınması. Bilgi Notu 1 (19 Sayfa). Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt.

Buğdayın Kültüre Alınması

Buğday, genom sayısına göre 3 gruba (diploid $2n=2x=14$, tetraploid $2n=4x=28$ ve hekzaploid $2n=6x=42$) ayrılır. Diploid buğday türlerinde A, B ve D genomlarından sadece bir tanesi bulunur. Günümüzde Kastamonu’da yetiştirilen siyez buğdayı diploid olup sadece A genomuna sahiptir. Tetraploid *Triticum durum*’da (makarnalık buğday) A ve B genomlarının her ikisi birlikte bulunmaktadır. Bugüne kadar A ve D veya B ve D genomlarını birlikte bulunduran tetraploid buğday türlerine rastlanmamıştır. Hekzaploid *Triticum aestivum* (ekmeklik buğday) türünde ise A, B ve D genomlarının üçü birlikte bulunmaktadır.

Diploid Türler

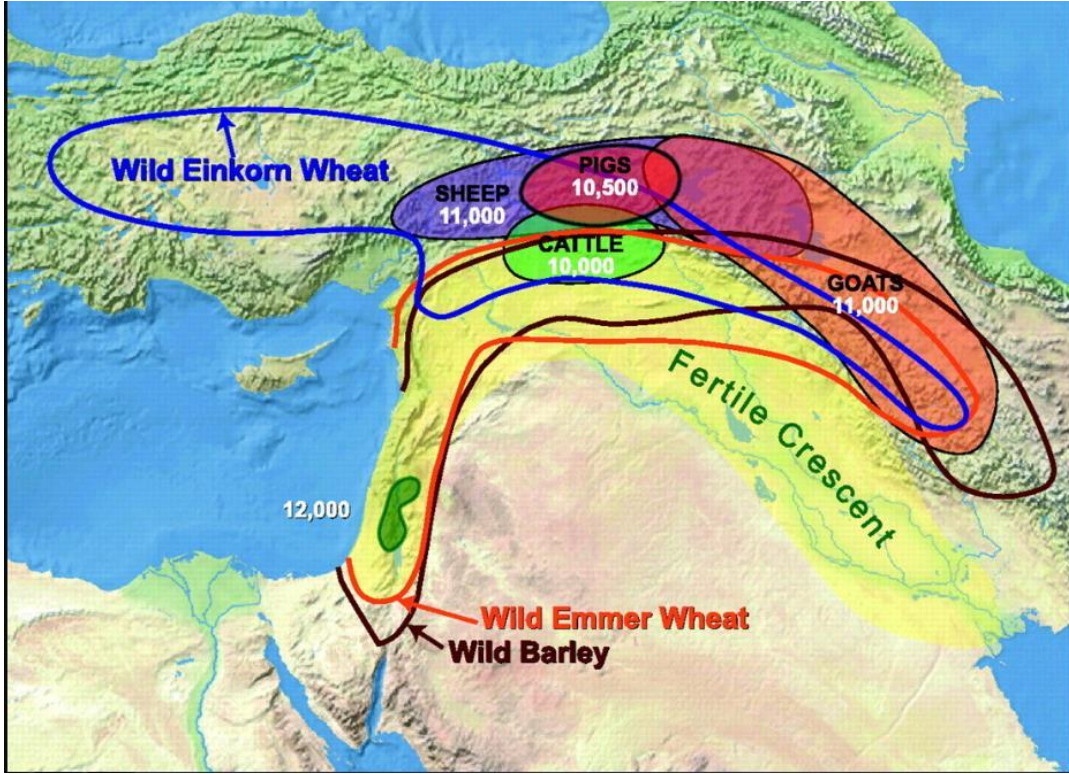
Buğday türlerinin ilk ataları olan *Triticum* ve *Aegilops* cinslerinin, yaklaşık 3 milyon yıl önce meydana geldiği düşünülmektedir. *Triticum* cinsine ait ilk türlerin *Triticum urartu* ve *Triticum boeoticum* (yabani siyez yada yabani kaplica), *Aegilops* cinsine ait ilk türlerin ise *Aegilops speltoides*’inde yer aldığı Sitopsis grubu ile *Aegilops tauchii* olduğu kabul edilmektedir (Şekil 1).



Şekil 5. Buğdayın evrimi ve kültüre alınması (Faris, 2014)

http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9789400775718-c1.pdf?SGWID=0-0-45-1425807-p175380294

Buğday türlerinin ilk oluştuğu yer, Anadolu'nun da dahil olduğu Mezopotamya olarak kabul edilmektedir (Şekil 2). Arkeolojik kazılar, günümüzden on iki bin yıl önce buğdayın Göbeklitepe civarında yaşayan insanlar tarafından (muhtemelen Karacadağ'ın etekleri) kültüre alındığını ve ekmek yapımında kullanıldığını göstermektedir (Şekil 3). Göbeklitepe aynı zamanda tarihte insanoğlunun ekmeği ilk yaptığı yere işaret etmektedir (<https://www.youtube.com/watch?v=zqU7i3XPz1Q>).



Şekil 2. Buğdayın kültüre alınması

http://www.pnas.org/content/106/Supplement_1/9971.abstract



Şekil 3. Göbeklitepe

<http://www.sanliurfa.gov.tr/kultur-turizmi>

Triticum urartu, modern buğday türleri olan *Triticum durum* (makarnalık buğday) ve *Triticum aestivum*'un (ekmeklik buğday) ilk atalarından birisi olarak kabul edilmektedir (Şekil 1 ve 4). Bundan dolayı modern buğdaylardaki A genomunun vericisinin *Triticum urartu* olduğu kabul edilmiş ve A genomunun geldiği türü göstermek için $A^{urartu}A^{urartu}$ ya da A^uA^u sembolleri kullanılmaktadır (Şekil 1 ve 4). A genomunun vericisi (donor) *Triticum urartu*'nun, modern buğdaylar kültüre alınmadan önce buğdayın evrim sürecinde baba (male) ebeveyn olarak işlev gördüğü kabul edilmektedir. Diploid A genomunun vericisi *Triticum urartu*, $2n=2x=14$ kromozoma sahiptir. $2x$ 'deki x , serin iklim tahıllarında temel kromozom sayısı olan 7'i göstermektedir ($2x = 7 + 7$) (Şekil 1 ve 4). Mevcut bilgilere göre *Triticum urartu*'nun kültüre alınmış formu yoktur

(<https://www.nature.com/nature/journal/v496/n7443/full/nature11997.html>).



Şekil 4. *Triticum urartu*

http://www43.tok2.com/home/pgpinst/index_e.htm

Avcı-toplayıcı kabileler, ilk önce diploid *Triticum boeoticum*'u (yabani siyez yada yabani kaplıca) kültüre almışlardır. *Triticum boeoticum* başakçıklarını döker (başakçıklar, başak eksenini kırılabilir olduğundan kolayca ayrılırlar, fakat bütün başak, eksen altından kopmaz) ve tanesi kavuzludur (Şekil 1 ve 5).



Şekil 5. *Triticum boeoticum*

http://www43.tok2.com/home/pgpinst/index_e.htm

Triticum boeoticum'un kültüre alınmış formu olan *Triticum monococcum* ise başakcıklarını dökmemekle birlikte kavuzlu tane yapısını korumuştur ve günümüzde de bu özelliklerini devam ettirmektedir (Şekil 1, 6 ve 7). Anadolu'da siyez (kaplıca) buğdayı olarak bilinen *Triticum monococcum*, her bir başakçığında sadece bir tane bulundurduğu için literatürde tek taneli anlamına gelen einkorn (Almanca) olarak ifade edilmektedir (Jing ve ark., 2007). Siyez (kaplıca) buğdayı, Anadolu'da hala yetiştirilmektedir (Şekil 1, 6 ve 7). Günümüzde Kastamonu'da yetiştirilen siyez (kaplıca) buğdayı, *Triticum monococcum* türüne ait olup binlerce yıllık bir geçmişe sahiptir (<http://www.cnnturk.com/tv-cnn-turk/programlar/yesil-doga/siyez-bugdayi>).



Şekil 6. *Triticum monococcum*

http://www43.tok2.com/home/pgpinst/index_e.htm



Şekil 7. *Triticum monococcum*

<http://www.floraitaliae.actaplantarum.org/viewtopic.php?f=141&t=78430&p=501473&hilit=triticum+monococcum#p501473>

Modern makarnalık buğdayda (*Triticum durum*) A genomuyla birlikte B genomu da yer almaktadır. B genomunun orijini hakkında bazı görüşler ortaya atılmıştır (Şekil 1 ve 8). Bazıları, B genomunun diploid *Aegilops speltoides*'ten ($2n=2x=14$ ve genom SS) geldiğini iddia ederken, bazıları ise B genomunun, soyu tükenmiş başka bir türden gelmiş olabileceğini ileri sürmektedirler (Faris, 2014). Bilimsel çalışmalar, *Aegilops speltoides*'in S genomu ile modern buğdayların B genomu arasında yapılan genom eşleştirmelerinin kısmen başarısız olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, modern buğdaylardaki B genomu vericisinin, *Aegilops speltoides* (SS) olma ihtimalini tamamen ortadan kaldırmasa da daha fazla kanıtların bulunması gerektiğini göstermektedir (Şekil 1 ve 8).



Şekil 8. *Aegilops speltoides* Tausch var. *ligstica* (Savign.) Fiori

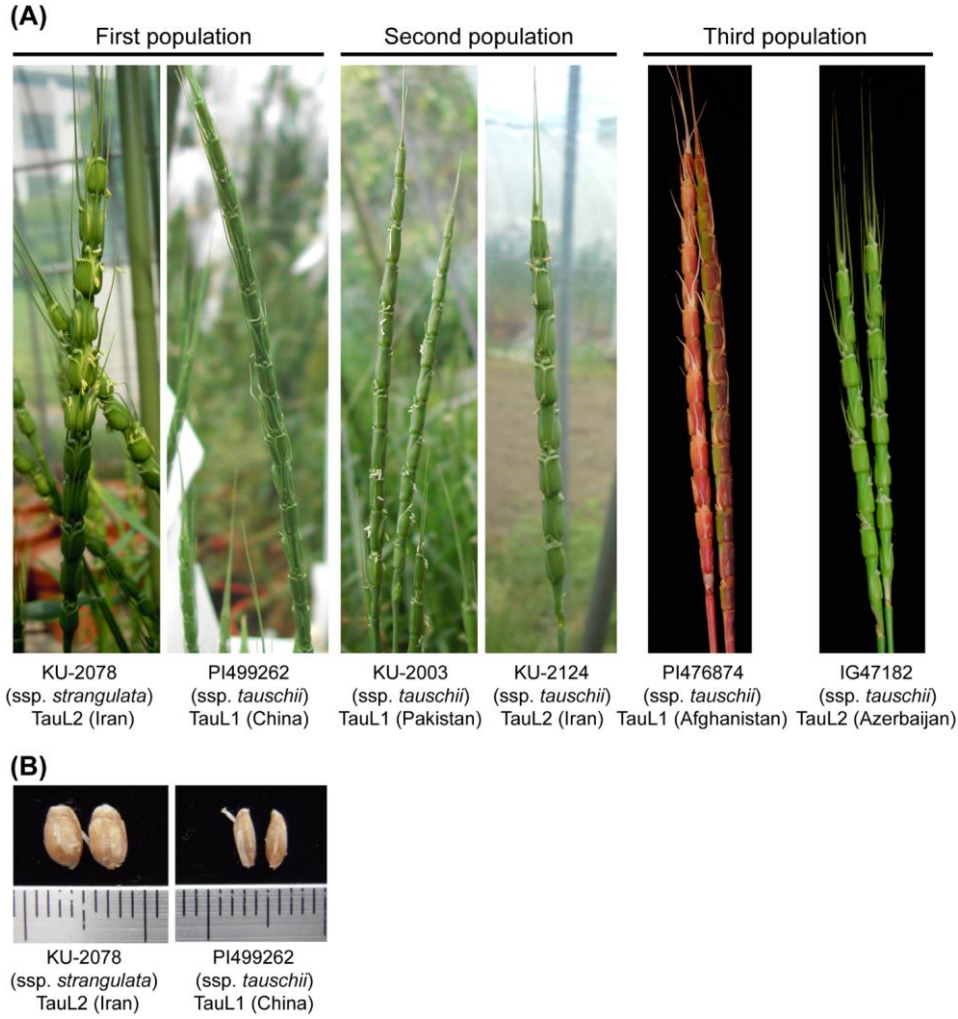
http://www43.tok2.com/home/pgpinst/index_e.htm

Modern ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum*) A ve B genomlarıyla birlikte D genomu da yer almaktadır. D genomunun vericisi *Aegilops tauschii* (kromozom sayısı $2n=2x=14$ genomu DD) olarak kabul edilmektedir (Şekil 9a ve 9b). Makarnalık buğday (*Triticum durum* ve $2n=4x=28$ BBAA) ile *Aegilops tauschii* ($2n=2x=14$ DD) arasında yapılan türlerarası melezlemelerde sentetik ekmeklik buğdayların ($2n=6x=42$ BBAADD) elde edilmesi, D genomu vericisinin *Aegilops tauschii* olduğunu ispatlamıştır (<http://libcatalog.cimmyt.org/download/cis/97840.pdf>).



Şekil 9a. *Aegilops tauschii* ssp. *strangulata*

http://www43.tok2.com/home/pgpinst/index_e.htm



Şekil 9b. *Aegilops tauschii* ssp. *strangulata* ve *Aegilops tauschii* ssp. *tauschii*

<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0173210>

Tetraploid Türler

Doğal şartlar altında *Triticum urartu*'nun (baba ebeveyn ve genomu AA), *Triticum speltoides*'i (ana ebeveyn ve genomu SS) tozlaması ve döllemesi sonucunda yeni bir buğday türü olan allotetraploid *Triticum dicoccoides*'in (genomu BBAA ve kromozon sayısı $2n=4x=28$) meydana geldiği düşünülmektedir (Şekil 1 ve 10). *Triticum dicoccoides*, tetraploid buğdayların ilk yabani formu olarak kabul edilir ve literatürde yabani emmer ya da Anadolu'da yabani gernik olarak bilinir (Şekil 1 ve 10).



Şekil 10. *Triticum dicoccoides*

http://www43.tok2.com/home/pgpinst/index_e.htm

İnsanoğlu, avcı-toplayıcı kabilelerin bir sonraki aşaması olan tarımsal toplulukları oluştururken (muhtemelen Karacadağ'ın eteklerinde), *Triticum dicoccoides*'i kültüre almış ve tetraploid *Triticum dicoccum* (kromozom sayısı $2n=4x=28$ ve genom BBAA) türünü geliştirmiştir (Şekil 1 ve 11). Kültüre alınmadan önce *Triticum dicoccoides*'in başakçıklarını döktüğü (başak eksenini kırılığandır) ve tanesinin kavuzlu olduğu bilinmektedir (Şekil 10). *Triticum dicoccoides*'in kültüre alınmasıyla geliştirilen *Triticum dicoccum*'un, başakçıklarını dökmesi engellenmiş, fakat tane kavuzluluğu devam ettirilmiştir (Şekil 11). Hem *Triticum dicoccoides*'un ve hem de *Triticum dicoccum*'un her bir başakçığında sadece iki tane bulunmaktadır. Anadolu'da *Triticum dicoccum*, gernik buğdayı olarak bilinmektedir. Gernik buğdayı, yabani emmer (*Triticum dicoccoides*) buğdayı olmayıp, yabani emmerin kültüre alınmış formu olan *Triticum dicoccum*'dur. Gernik buğdayı Anadolu'da çatal siyez ya da çatal kaplıca isimleriyle de anılmaktadır. Örneğin, Kars ilinde yetiştirilen kavılca buğdayı, *Triticum dicoccum* türüne ait yerel bir çeşittir (<http://www.kavilca.com.tr>).



Şekil 11. *Triticum dicoccum*

http://www43.tok2.com/home/pgpinst/index_e.htm

Triticum dicoccum (kültüre alınmış gernik), modern makarnalık buğdayın (*Triticum durum*, kromozom sayısı $2n=4x=28$ ve genomu BBAA) atası olarak kabul edilmektedir (Şekil 1, 11 ve 12). *Triticum dicoccum* ile *Triticum durum* arasındaki en önemli fark, *Triticum dicoccum*'un tanesi kavuzlu iken *Triticum durum*'un tanesi kavuzsuzdur yani çıplak tanelidir. Hiç kuşkusuz, kavuzsuz tane, *Triticum durum*'un yeryüzüne hızla yayılmasına fırsatı vermiştir (Şekil 12).

Yanıtlanması gerek soru şudur: Durum buğdayından (*Triticum durum*) önce ortaya çıkan buğday türlerinin hiçbirisinde kavuzsuzluk (çıplak tane) özelliği tespit edilememesine rağmen, nasıl oluyor da bir anda kavuzsuz yeni bir buğday türü ortaya çıkabiliyor (Şekil 1, 10, 11 ve 12). Kavuzluluk, bugünün yüksek teknolojiye hasat makineleri karşısında önemli bir bitkisel karakter olmayabilir ama tarım toplumlarının ilk ortaya çıktığı binlerce yıl önce yaşamış insanlar için çok önemli bir kriter olduğuna hiç şüphe yoktur.



Şekil 12. *Triticum durum* (Makarnalık buğday).

Hekzaploid Türler

Allotetraploid *Triticum dicoccum* (kromozom sayısı $2n=4x=28$ ve genomu BBAA) ile diploid *Aegilops tauschii*'nin (kromozom sayısı $2n=2x=14$ ve genomu DD) doğal yollarla melezlenmesi (Şekil 1, 9 ve 11) sonucunda alloheksaploid *Triticum aestivum*'un (kromozom sayısı $2n=6x=42$ ve genomu BBAADD) oluştuğu düşünülmektedir (<https://www.nature.com/nature/journal/v496/n7443/full/nature12028.html>). Fakat *Aegilops tauschii*'nin *Triticum durum* veya *Triticum dicoccoides* ile de melezlenme ihtimalinin olduğu kabul edilmektedir (Şekil 1, 8 ve 12). Kültüre alınmış kavuzlu heksaploid buğday türlerinin örneğin *Triticum spelta*'nın varlığı (Şekil 13), *Aegilops tauschii*'nin *Triticum durum* ile melezlenmiş olma ihtimalini azaltmaktadır. Bu durumda bazı heksaploid buğday türlerinin kavuzlu olmasının sebebi açıklanamayacaktır (Şekil 13). Günümüzde, modern ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*), kavuzlu buğdayın (*Triticum spelta*) kavuzsuz formu olarak kabul

edilmektedir (Şekil 13 ve 14). Bugüne kadar hekzaploid buğdayların yabani formuna rastlanmamıştır (Faris, 2014). *Triticum spelta*, dinkel buğdayı adıyla da anılmaktadır.



Şekil 13'ün devamı...



Şekil 13. *Triticum spelta*

http://www43.tok2.com/home/pgpinst/index_e.htm



Şekil 14. *Triticum aestivum*

http://www43.tok2.com/home/pgpinst/index_e.htm

Buğdayın Kültüre Alınmasını Kolaylaştıran Genler

Modern buğdaylarda (*Triticum durum* ve *Triticum aestivum*) taneyi saran kavuzlar taneyi hem sırt (iç kavuz-lemma) ve hem de karın (kapçık-palea) kısmından tutarlar ve tanenin başaktan düşmesini engellerler, fakat taneye (caryopsis) yapışık değildirler. Harman esnasında kavuzlar kolayca taneden ayrılırlar. Başak eksenini kırılması ve başakçık dökülmesi modern buğdaylarda tamamen ortadan kaldırılmıştır.

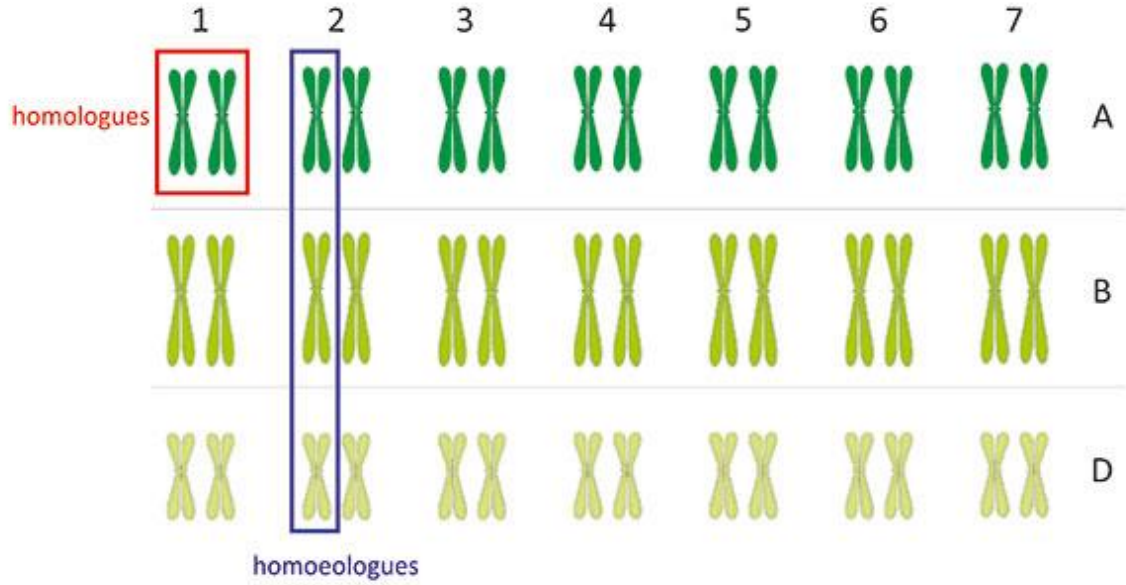
Yabani ve kültüre alınmış diploid ve tetraploid (modern tetraploidler hariç) buğdayların tamamında kavuzlar taneye yapışık olup harmanlama esnasında taneden ayrılamazlar. Bir kısım kültüre alınmış hekzaploid (örneğin *Triticum spelta*) buğdaylarda da kavuzlu tane özelliği görülmektedir.

Başak eksenini kırılması ve başakçık dökülmesine, hem yabani ve hem de kültür formundaki tüm diploid buğdaylarda ve sadece yabani formadaki tetraploid buğdaylarda rastlanmaktadır.

Başak ekseninin kırılması, başakçığın dökülmesi ve tanenin kavuzlu olması, buğdayın kültüre alınma sürecini şekillendirmiştir. Bu özellikler, insanoğlunun tarım toplumuna geçişinde kilit rol oynamıştır. Fakat mayoz bölüme esnasında kromozomların eşleşmesini kontrol eden gen (Ph1) kadar önemli olduklarını söylemek mümkün değildir. Çünkü Ph1 geni, buğdayın genetik yapısının binlerce (belki milyonlarca) yıldır korunmasına yardımcı olan eşsiz bir fonksiyona sahiptir.

Kromozom Eşleşmesi

Buğdayda kromozomların mayoz bölünme esnasında eşleşmesi (synapsis) ve rekombinasyonu (crossing-over), 5B kromozomu üzerinde bulunan Ph1 lokusu tarafından kontrol edilmektedir. Bu lokus homolog kromozomlarının eşlerini bularak birbiriyle eşleşmesini sağlarken (genom içi eşleşme, örneğin A genomu kromozomlarının sadece A genomu kromozomları ile eşleşmesi, B'nin sadece B ile ve D'nin sadece D ile eşleşmesi), homoeolog kromozomlar arası eşleşmeyi (genomlar arası eşleşme, örneğin A genomu kromozomlarının A ve/veya B ve/veya D genomlarının kromozomları ile eşleşmesi, B'nin A ve/veya B ve/veya D ile eşleşmesi ve D'nin A ve/veya B ve/veya D ile eşleşmesi) engellemektedir (Şekil 15). Böylece buğdayın genomları arası eşleşmesine müdahale edilerek, genetik bütünlüğünün korunması sağlanmaktadır. Genomları arası eşleşmeler çoğunlukla kısırılığın oluşmasına neden olmaktadır. Gerek makarnalık ve gerekse ekmeklik buğdaya yabani buğdaylardan gen aktarmak için yapılan çalışmalarda karşılaşılan en büyük sorunlardan birisi, Ph1 lokusunun diğer genomlarla rekombinasyonu engellemesidir. Ph1 lokusun, buğdayda türlerarası melezlemeyi engellese de bu lokus sayesinde buğdayın genetik yapısı milyonlarca yıldır korunmaktadır. Ph1 genin mutant allelleri (ph1) taşıyan buğdayların türlerarası melezlemelerde kullanılabileceği ortaya konmuştur. Zira ph1 alleli, mayoz bölünme esnasında genomlar arası kromozom eşleşmelerine izin verebilmektedir (Şekil 15).



Şekil 15. *Triticum aestivum*'da A, B ve D alt genomlarının homolog ve homoeolog kromozomları

https://www.jic.ac.uk/staff/graham-moore/Wheat_meiosis.htm

Başak Ekseni Kırılğanlığı

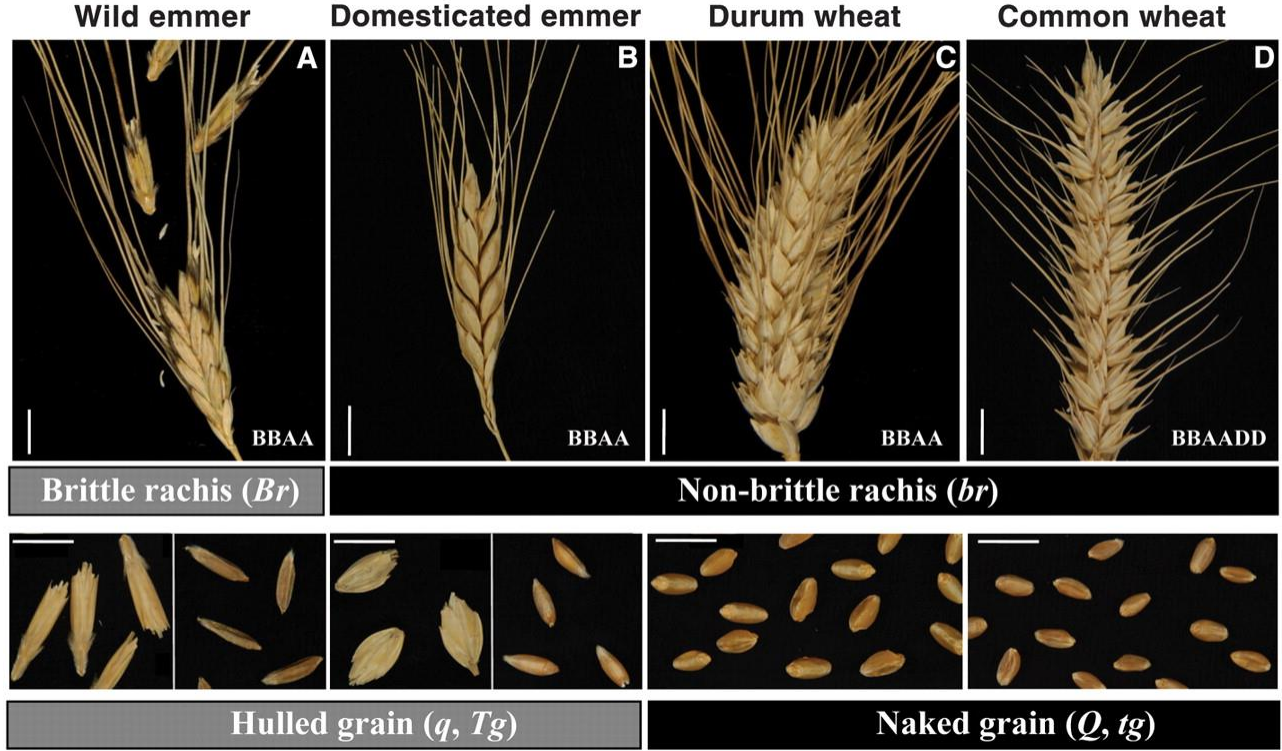
Yabani buğday türleri, başak eksenini kırılğan hale getirmekte, akabinde başakçıklarını dökmekte toprağa dökmekte ve böylece tohum toprağa doğal yoldan ekilmektedir. Milyonlarca yıldır yabani buğdaylar kırılğan başak eksenini sayesinde hayatlarını devam ettirmektedirler.

Buğdayı kültüre alma sürecinde insanoğlunun ilk geliştirdiği özellik, başak eksenini kırılğanlığıdır. Olgunlaşan başakta, kırılğan olmayan başak eksenini sayesinde tüm başakçıklar düşmeden ve dağılmadan başak eksenine sıkıca bağlı vaziyette durmaya binlerce yıldır devam etmektedir. Başak eksenini kırılğanlığının ortadan kaldırılması, insanoğlunun tarım toplumuna geçişini gösteren önemli bir işarettir. Bu durum aynı zamanda ilk insanların iyi bir ıslahçı olduğunu göstermektedir.

Başak eksenini kırılğanlığı, 3A ve 3B homoeolog kromozomlarının kısa kolları üzerinde bulunan Br (*brittle rachis*) lokusları ($Br1^{3A}$ ve $Br1^{3B}$) tarafından kontrol edilmektedir (Faris, 2014 ve Şekil 16). Büyük olasılıkla $Br1^{3A}$ lokusunun *Triticum urartu*'dan, $Br1^{3B}$ lokusunun ise *Aegilops speltoides*'ten geldiği düşünülmektedir. Diğer taraftan her iki lokusu taşıyan *Triticum dicoccum*'un hem bu genlerin etkisi ve hem de kültüre alınma süreci dolayısıyla başak kırılğanlığı ortadan kaldırılmıştır. Fakat *Triticum dicoccum*'un başaklarının harmanlanması esnasında hala kavuzlu tane vermesinin sebebinin sadece kavuzlar olmadığı ve başak eksenini hala kırılğanlık özelliğini devam ettirdiği görülmektedir.

Başak eksenini kırılğanlığından dolayı başakçıkların başak ekseninden kopma şekilleri farklı olmaktadır. *Triticum dicoccoides*'in başakçıklarının kopması W şeklinde *Aegilops*

tauschii'nin başakçıklarının kopması B şeklinde gösterilmektedir (Faris, 2014 ve Şekil 16). *Triticum dicoccoides*'in 3A ve 3B homoelog kromozomlarının kısa kolları üzerinde bulunan $Br1^{3A}$ ve $Br1^{3B}$ lokuslarına ilave olarak *Aegilops tauschii*'nin 3D homoelog kromozomun uzun kolu üzerinde $Br2^{3D}$ lokusu bulunmuştur. Her üç lokusta yabani buğday türlerinde başak eksenini kırılabilirliği ortaya çıkarmaktadır. Kültüre alınmış buğday türlerinde bu lokuslarda yer alan genlerin mutasyona uğrayarak başak kırılabilirliğinin ortadan kalkmış olabileceği düşünülmektedir (Faris, 2014).



Şekil 16. Buğday türlerinde başak eksenini kırılabilirliği ve kavuzluluk (A-*Triticum dicoccoides*, B-*Triticum dicoccum*, C-*Triticum durum* ve D-*Triticum aestivum*)

<http://science.sciencemag.org/content/316/5833/1862/tab-figures-data>

Kavuzluluk ve Harmanlanma

Kültüre alınmamış buğday türlerinde kavuz, taneyi çok sıkı bir şekilde sarmakta ve hayatta kalmaları için doğal yayılma şartlarında korucu olarak görev yapmaktadır. Kültüre alınmış diploid *Triticum monococcum*'da sert ve sıkı kavuz, başağın harmanlanarak tanenin başakçıklardan kolayca ayrılmasını engellemektedir (Şekil 6 ve 7). Aynı durum kültüre alınmış *Triticum dicoccum*'da da görülmektedir (Şekil 11).

Kavuzsuz taneli buğday türlerinin ortaya çıkışında iki özelliğin etkili olduğu düşünülmektedir: a) kavuzların taneyi serbest bırakması ve b) başağın harman olmaya uygun olması (Şekil 16).

Kavuzun taneye sıkı bir şekilde sarmasına neden olan genlerin 2D ve 2B homoelog kromozomlarının kısa kolları üzerinde bulunan Tg1^{2D} ve Tg2^{2B} lokuslarının kontrol ettiği ortaya konmuştur (Şekil 16). Bu lokusların kavuzların şeklini ve sertliği belirlemektedirler. Homoelog kromozomlarda lokusların serileri olması beklendiğinden 2A kromozomu üzerinde henüz herhangi bir lokus tespit edilememiştir (Faris, 2014).

Başağın harman olma kabiliyetini ortaya koyan Q^{5A} geni, 5A kromozomunun uzun kolu üzerinde tespit edilmiştir. Kavuzluluk sağlayan Tg genin Q geni üzerine epistatik etkide bulunduğu ortaya konmuştur (Şekil 16). Tg1^{2D} ve Q^{5A} genlerine sahip bitkilerin başaklarının harma olma yeteneklerini kaybettikleri belirlenmiştir. Oysa resesif tg1^{2D} geni ile dominant Q^{5A} genini taşıyan bitki başaklarının kolayca harman olabildiği tespit edilmiştir. Başak eksenini kırılabilirliği (resesif br) ve kavuzluluğu (resesif tg) sağlayan genlere sahip bitkilerde (aynı zamanda bu bitkilerde harmanlanma yeteneğini sağlayan Q^{5A} genin bulunmadığı durumlarda) başaklar kırılabilir, speltoid şekilde (ince ve uzun başak yapısı), kavuzlar sıkı ve sert, başakların harmanlanma kabiliyeti düşük, bitki boyu ve tane daha uzun ve çiçeklenmenin daha erken olduğu belirlenmiştir. Bu durum Q^{5A} genin pek çok bitkisel özellik üzerine pleiotropik etki bulunduğunu göstermektedir (Faris, 2014 ve Şekil 16).

Özetlemek gerekirse modern makarnalık (*Triticum durum*) ve ekmeklik (*Triticum aestivum*) buğday türlerinde sağlam başak eksenini, kavuzsuz tane ve başakların kolay harman olma yeteneğini resesif br (başak eksenini kırılabilirliği), resesif tg (kavuzluluk) ve dominant Q (harmanlanma) allellerin birlikte kontrol ettiği ortaya konmuştur (Şekil 16). Bir kısım kültür formlarında (tetraploid *Triticum dicoccum* ve hekzaploid *Triticum spelta*) görülen kavuzluluk ve başak harmanlanmasındaki güçlükleri ise genelde resesif q ve dominant Tg allellerinden kaynaklanmaktadır (Dubcovsky ve Dvorak, 2007).

Kaynaklar

Faris, J. D. 2014. Wheat Domestication: Key to Agricultural Revolutions Past and Future (Chapter 18). Genomics of Plant Genetic Resources. Volume 1. Managing, sequencing and mining genetic resources. Edited by Tuberosa, R., Graner A., Frison, E. Springer. DOI 10.1007/978-94-007-7572-5_18.

Dubcovsky, J and Dvorak, J. 2007. Genome plasticity a key factor in the success of polyploid wheat under domestication. Science, 316: 1862-1866.

Konu ile ilgili bağlantılar

https://www.k-state.edu/wgrc/wheat_tax/triticum_comparative_classification_table.html

https://www.k-state.edu/wgrc/wheat_tax/aegilops_comparative.html