



Kolza (*Brassica napus* L.) Kalite Islahında Lahana (*B. oleracea*) Genotiplerinin Kullanılması Olanakları

Fatih SEYİS^{1*} Emine AYDIN¹

¹Bozok Üniv. Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Yozgat, Türkiye

*Sorumlu yazar
e-posta: fatihseyis@bozok.edu.tr

Geliş Tarihi : 30 Mart 2012
Kabul Tarihi : 15 Mayıs 2012

Özet

B. oleracea diğer *Brassica* türleri gibi çok iyi bilinen bir *Brassica* türüdür. *B. rapa*, *B. nigra*, *B. juncea*, *B. carinata* ve *B. napus* gibi diğer *Brassica* türleri ile beraber U akrabalık üçgenini oluşturmaktadır. *Brassica* cinsinden geliştiren genotipler dünya çapında ıslah ve yetiştirme tekniğindeki gelişmeler nedeniyle en önemli bitkisel yağ kaynakları haline gelmiştir. Farklı *Brassica* türlerinde düşük erusik asit özelliği yönünde yapılan çalışmalar sonucunda *B. rapa* (AA), *B. napus* (AACC) ve *Brassica juncea* (AABB) türlerinde düşük erusik asit içeriğine sahip mutantlar tespit edilmiştir. Amphidiploid *B. carinata* (BBCC) da bu tip mutantlar henüz 1990 larda tespit edilmiştir. Günümüze kadar ise *B. nigra* da bu tip mutantlar günümüze kadar tespit edilmemiştir. Düşük erusik asit içeriğine sahip formlar *B. oleracea* türünde 1990'lı yılların sonunda keşfedilmiştir. Bu genotipler 0 kalitesine sahip kolza formları geliştirmek amacıyla *B. rapa* türleri ile melezlenmiştir. Kolzanın ebeveynlerinden birisi olan diploid lahanalar kolza ıslahında temel ıslah materyali olarak oldukça faydalıdır. Bu çalışmada düşük erusik asit içeriğine sahip lahana genotiplerinin kolza ıslahında kullanılma olanakları tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kalite, ıslah, *Brassica*

Possible Use of Cabbage (*B. oleracea*) Genotypes in Rapeseed (*B. napus* L.) Quality Breeding

Abstract

B. oleracea is like the other *Brassica* species a well known *Brassica* species. It forms the so called U triangle with the *Brassica* species *B. rapa*, *B. nigra*, *B. juncea*, *B. carinata* and *B. napus*. Genotypes derived from *Brassica* species arised as the most important edible oil resources all over the world due to developments in breeding and growing techniques. Investigations in different *Brassica* species regarding low erucic acid content led to the discovery of low erucic acid mutants in the species *B. rapa* (AA), *B. napus* (AACC) and *Brassica juncea* (AABB). Such mutants were discovered in the amphidiploid species *B. carinata* (BBCC) still at the beginning of the 1990's. Up to now, such mutants were not detected in the species *B. nigra*. Low erucic acid mutants were discovered in *B. oleracea* at the end of 1990's. These genotypes were crossed with *B. rapa* genotypes with the aim to develop 0 quality resynthesized rapeseed (*B. napus* L.). As the progenitor of rapeseed diploid cabbages are very useful as basic breeding material in the improvement of rapeseed. The possible use of low erucic acid cabbages in rapeseed breeding was discussed.

Key words: Quality, breeding, *Brassica*

GİRİŞ

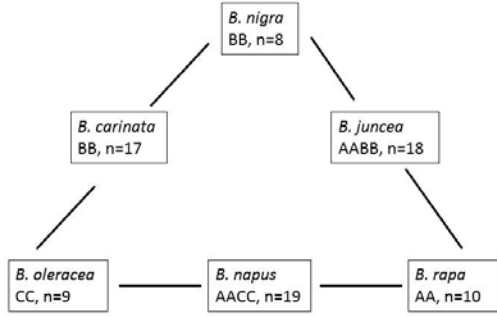
Brassica cinsi *Brassicaceae* familyası içerisinde ekonomik olarak en önemli cinstir. Farklı *Brassica* türleri/tipleri önemli yağ bitkileri, sebze ve yem bitkisi olarak sınıflandırmak mümkündür. Birçok ulusal ülke mutfağında geniş kullanım alanına sahiptirler ve lifli gıda olarak oldukça fazla öneme sahiptirler. Sebze formları yağ yanında vitamin, mineraller ve lif yanında oldukça fazla sayıda yeni fitokimyasallar içermektedirler [1]. Dünya çapında en önemli yağ bitkileri *Brassica* türleridir. Yağlı tohumlu *Brassica* türleri olarak *Brassica juncea*, *Brassica carinata*, *Brassica rapa* ve *Brassica napus*' u saymak mümkündür. Düşük glikosinolat ve düşük erusik asit içeriğine sahip formlar canola kalitesine sahip formlar olarak adlandırılmaktadır.

Canola, ki canola deyince ilk akla gelen tür *B. napus*' tur, dünya çapında yağ bitkisi olarak çok dikkat çekmiştir [2].

Brassica Türleri Arasındaki Sitogenetik İlişkiler

A, B ve C genomlarına sahip diploid *Brassica rapa* (AA, 2n = 20), *B. nigra* (BB, 2n = 16) ve *B. oleracea* (CC, 2n = 18) ve doğal amfidiploid formlar olan *B. carinata* (AABB, 2n = 34), *B. napus* (AACC, 2n = 38) ve *B. juncea* (BBCC, 2n = 36) türleri arasındaki sitogenetik ilişkiler Asyalı Sitogenetikçiler Morinaga ve U tarafından 20. Yüzyılın başlarında ortaya konmuştur [3,4,5]. Amfidiploid *Brassica* türlerinin embriyo kültürü yöntemleri kullanılarak yeniden sentezi mümkün olduğundan bu üç diploid türün ve poliploidleri

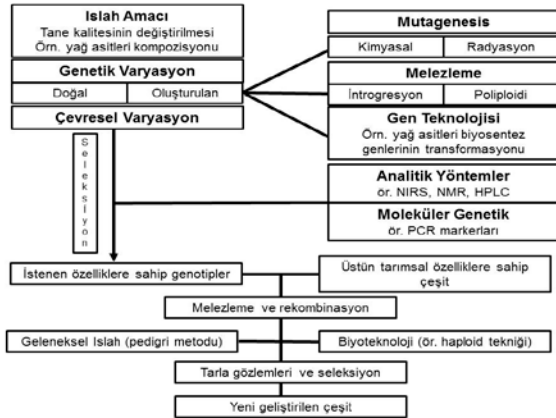
arasındaki ilişkiler (Şekil 1) kültür bitkilerinde poliploidi araştırmalarında kullanılabilir en yararlı sitemlerden bir tanesidir [6, 7]. Kolhisin uygulaması ile de suni olarak autotetraploid Brassica formları oluşturulabilmektedir. Bu formlar autopoloidy, allopoloidy ve amfiploidinin gen düzenlenmesi ve ekspresyonu konularını araştırmak için kullanılabilir [8].



Şekil 1. Brassica türleri arasındaki akrabalık ilişkileri

Kolza (*B. napus* L.)' da Kalite Islahı Şeması

Şekil 2' de kolza (*B. napus* L.) bitkisinde kalite ıslahı şeması görülmektedir. Bilindiği üzere ıslahçı ya



Şekil 2. Kolza (*B. napus* L.)' da Kalite Islahı Şeması

mevcut genetik varyasyondan ya da suni olarak oluşturulan varyasyondan faydalanmaktadır. Suni olarak varyasyon ya mutasyon oluşturularak, ya da melezleme ve transgenik teknolojisi kullanılarak oluşturulmaktadır. Daha sonra mevcut bu varyasyondan farklı yöntemler kullanılarak bitkiler selekte edilmekte, istenen özelliklere sahip genotipler ıslah materyali ile melezlendikten sonra nihai olarak elde edilecek çeşide götüreceği ıslah programlarına alınmaktadır.

Canola Kalitesinin Tarihçesi

B. napus Asya ve Akdeniz bölgelerinde eski yerleşik kültürler tarafından tarımı yapılan bir bitkidir ve 13. yüzyıldan beri Avrupa' da öncelikle lamba yağı olarak kullanılmaktaydı [9]. *B. napus* ticari olarak ilk önce savaş gemilerinde yağlama yağı olarak kullanılmak üzere yetiştirilmiştir.

İlk geliştirilen kolza çeşitleri yağında yüksek oranda erusik asit ve küspesinde yüksek oranda glikosinolat içermektedir. Bu bileşiklerin ciddi sağlık sorunlarına sebebiyet verebileceği bilinmektedir. Yüksek oranda erusik asidin kemirgenlerde kalpte, kas sisteminde ve böbrekte yağlanmalara sebep olduğu ortaya konmuştur. Kanada' da başlatılan kolza ıslah programları neticesinde 1959 yılında düşük oranda erusik asit içeren Liho kolza tespit edilmiştir. Bu özelliği verimi yüksek adapte olmuş çeşitlere aktarabilmek için geriye melezleme ve seleksiyon programı başlatılmıştır [10]. Glikosinolat içeriğini düşürmek amacıyla yapılan çalışmalar neticesinde 1950' li yıllarda Dr. Krzymanski tarafından düşük glikosinolat içeriğine sahip Bronowski adlı Polonya kökenli kolza formu tespit edilmiştir.

Bitkisel Yağ Kalitesine Sahip *B. Oleracea* Genotiplerinin Tespit Edilmesi

Düşük erusik asit içeriğine sahip *B. oleracea* genotipleri ilk kez Almanya da [11] tarif edilmiştir. Bu genotiplerden ikisi Ladozhskaya ve Kashirka [13] karakterize edilmiştir. Kashirka ve Ladozhskaya genotiplerinin her ikisi vernalizasyon ihtiyacına sahiptirler (Kashirka için 5°C' de 14 hafta, Ladozhskaya için 5°C' de 18 hafta). Her iki genotip kendine dölenebilmektedir ve elle tozlama yapıldıktan sonra tohum elde edilebilmektedir. Tipik *Brassica* çiçek yapısına sahiptirler, yaprakları ters geniş eliptiktir, oleik asit içerikleri Kashirka ve Ladozhskaya için sırasıyla % 57.40 ve % 56.21, glikosinolat içerikleri ise 63.4 ve 129.5 µmol/g kuru madde olarak NİRS ile belirlenmiştir.

Eisenkopf genotipi de katılarak Kashirka ve Ladozhskaya dahil üç lahana genotipinin yağ asitleri kompozisyonlarını yayınlanmıştır [14]. Bu üç genotipte erusik asit içeriklerinin % 0' dan % 45' e kadar değiştiğini tespit etmişlerdir. Erusik asit içeriğini baz alarak üç grup belirlemişlerdir: düşük, orta ve yüksek oranda erusik asit içeren grup. Ayrıca bu materyalin kolza ıslahında genetik materyal olarak önemini vurgulamışlardır.

Genetik varyasyonu Artırmada Türlerarası Melez Kolza Formlarının Önemi

Kolza bitkisinin genetik tabanı kültüre alınma tarihinin çok kısa olması ve yoğun kalite ıslah çalışmaları neticesinde oldukça dardır [15]. Türler arası melez kolza formları düşük verim potansiyeli ve düşük tane kalitesi göstermelerine rağmen yağlı tohumlu kolzanın genetik tabanını genişletmek amacıyla diploid ebeveynleri kullanılarak [16, 17, 18]. Ayrıca türler arası melez formlar hastalıklara dayanıklılık ve sarı tohumluluk gibi özelliklerin çeşitlere aktarılmasında yoğun olarak kullanılmıştır [19]. Diploid ebeveynlerinden kolza (*B. napus* L.)' yı türler arası melezleme yoluyla oluşturabilmek için çeşitli çalışmalar başlatılmıştır.

Tarımsal ve ekonomik değerler yönünden ıslah genetik varyasyondan faydalanmayı gerektirmektedir [20]. Embriyo kurtarma tekniklerinden faydalanılarak

türler arası melezleme yoluyla oluşturulan yeni kolza formlarının kolza bitkisinde genetik varyasyonu artırdığı bir çok çalışma ile ortaya konmuştur. Her iki diploid ebeveyn oldukça fazla oranda genetik ve fenotipik varyasyon ihtiva etmektedir ki bu da oldukça farklı türler arası melez kolza formlarının oluşturulması için potansiyel sunmaktadır [21, 22, 12]. Örneğin, RFLP ve allozim markerleri kullanılarak türler arası melez kolza formları ve kolza çeşitleri kıyaslanmış ve bu tip melezlerin genetik varyasyonu artırmada faydalı genetik kaynaklar olabileceği vurgulanmıştır [16]. Yine, AFLP markerleri kullanarak yapılan çalışmada türler arası melez formların yeni bir gen havuzu oluşturduğu ortaya konulmuştur [17]. Ayrıca, türler arası melez kolza formlarının yazlık canola çeşitlerine yeni allelleri aktarabilmek için uygun kaynaklar oldukları belirtilmiştir [23]. Adapte olmuş ıslah materyaline geriye melezleme yoluyla türler arası melez kolza formlarının genlerinin aktarılması uzun vadeli olarak düşünülmeye gereken bir süreçtir ve uygun türler arası melez kolza formları dikkatlice selekte edilmelidir [24].

Türler arası melez kolza formları kullanılarak geliştirilen kolza hibritleri yüksek verim potansiyeli göstermektedirler [25]. Genetik akrabalık ile heterosis arasındaki ilişki yağlık kolzada RFLP markerleri kullanılarak belirlenmiştir [26]. Benzer bir çalışmada Sequence Related Amplified Polymorphic (SRAP) markerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir [27]. Bu çalışmada farklı gen havuzundan gelen genotiplerin melezlenmesi neticesinde tane verimi bakımından daha yüksek heterosis seviyelerinin elde edilebileceği ortaya konmuştur.

B. napus Hibrit Islahında Genetik Kaynak Olarak Türler Arası Melez Formların Önemi

Genetik olarak farklı ıslah materyali hibrit ıslah programlarında heterotik etkilerden daha fazla faydalanmak amacıyla büyük önem arz etmektedir. Bu etkiler genetik olarak farklı materyal kullanıldığında daha da artmaktadır. [28,29].

Son yıllarda saf hat ıslahından hibrit ıslahına yönelme olmasından dolayı, kolza bitkisinde farklı gen havuzları tekrar dikkat çekmiştir, çünkü maksimum heterotik potansiyelden faydalanabilmek için birbirinden genetik olarak farklı gen havuzlarının oluşturulması gerekmektedir [2]. Ebeveynler arasındaki genetik farklılık ve hibrit kolza performansı arasında önemli ilişkiler saptanmıştır [26, 27, 30]. Başka bir çalışmada hibrit verimini artırmak için Avrupa kışlık kolza formlarının Kanada Canola çeşitleri ile melezlenmesini tavsiye edilmiştir, çünkü bu iki gen havuzu arasında yapılan melezlemelerde üstün hibrit performansları tespit edilmiştir [31]. Hibrit verimini artırmak için başka araştırmacılar tarafından farklı bir strateji ortaya koyulmuştur [32]. Bu stratejide *Brassica napus*' un doğal ebeveynleri ile *B. rapa* 'nın A subgenomu ile *B. carinata* 'nın C subgenomunu ihtiva eden formun melezlenmesine dayanmaktadır ki bu alt genomlar arası heterosisi ortaya koymaktadır.

Genetik olarak farklı kolza materyali birbiriyle melezlendiğinde heterosis etkileri daha yüksek olmaktadır. Farklı gen havuzları kullanılarak geliştirilen yazlık kola çeşitlerinin mevcut kolza çeşitlerine göre daha yüksek verim verdikleri belirlenmiştir [33].

Saf hat ıslahı sonucu geliştirilen çeşitlere göre hibrit çeşitlerinin üstünlüğü sadece daha fazla verim vermeleri değil, heterojen yapıları nedeniyle stabil verime sahip olmalarıdır [34]. Hibritlerin üstünlüğü uygun olmayan yetiştirme şartlarında daha da belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Üç yıllık sonuçlara dayanarak heterosis seviyesinin yetiştirme şartlarının uygun olmayan yılda uygun olan yıllara göre iki kat daha fazla olduğunu ortaya konmuştur [35]. Hibrit kolza çeşitleri konusundaki potansiyel oldukça detaylı olarak araştırılmıştır [33, 36, 37, 38, 39]. Bu amaçla farklı erkek kısırılık sistemleri geliştirilmiştir [39]. Örneğin, Ogu/INRA CMS-Sistemi [40] ve MSL Erkek Kısırılık Sistemi [41] gibi sitoplazmik erkek kısırılık sistemleri geliştirilmiştir. Kolza ıslahçıları ıslah materyali içerisinde yeni kaynaklara ihtiyaç duyduklarından türler arası melez kolza formları tekrar ilgi çekmektedirler [24, 42]. Türler arası melez kolza formlarının tane verimlerinin düşük olması dolayısıyla bu formların ıslahta kullanılması daha çok yarı sentetik formların geliştirilmesi [43, 44]ya da yeni elde edilen formların özelliklerinin geriye melezleme yoluyla mevcut ıslah materyaline aktarılması yönünde olmaktadır.

Genetik olarak farklı kolza materyalinin genel kombinasyon kabiliyetini (GCA) belirlemek için bir çalışma yürütülmüştür [45]. 9 yüksek erusik asit içeriğine sahip türler arası melez kolza genotipi ve üç eski kolza çeşidi 00 kalitesine sahip erkek kısır hatlarla melezlenmiştir. Bu hibritlerin verimleri iki yılda Rauischholzhausen/Almanyada denenmiştir. Türler arası melez kolza formları kullanılarak geliştirilen hibritlerin kontrol çeşidine kıyasla % 1-15 oranında daha fazla verim verdikleri saptanmıştır. Aynı materyal Almanya da Rauischholzhausen ve Hohenlieth ve Danimarkanın Dyngby lokasyonunda ekilmiştir [46]. Yine türler arası melez kolza formları kullanılarak geliştirilen hibritlerin verimlerinin kontörle göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. 1995 ve 1996' da [47] Svalöv, İsveç ve Dyngby, Danimarka' da Korall yazlık çeşidi ile türler arası melez kolza formları kullanılarak geliştirilen 12 hibrit denenmiştir. Bazı hibritlerin verimi yüksek ebeveynin verimini %21 kadar geçmiştir.

Düşük Erusik Asit İçeriğine Sahip Türlerarası Melez Kolza Formlarının Geliştirilmesi

İlk kez düşük erusik asit içeriğine sahip türler arası melez formlarının mevcudiyeti 2005 yılında yayınlanmıştır [46]. Embriyo kültür tekniği yardımıyla Kashirka ve Eisenkopf adlı *B. oleracea* genotiplerinden Asko adlı *B. rapa* genotipinden türler arası melez kolza formları geliştirilmiştir. Geliştirilen melezlerin erusik asit oranı % 43.09 ve 63.14 arasında değişmiştir.

İki yazlık (Reward taç yaprakları olmayan bir form) ve iki kışlık *B. rapa* formunu (Q3F and SWSP)

Kashirka ve Lazdozhkaya adlı *B. oleracea* genotipler diğer bir çalışmada melezlenmiştir. Toplam 468 hibrit bu çalışmada geliştirilmiş ve bazı tek bitkilerde yapılan yağ asidi analizinde bunların erusik asit seviyesinin sifıra yakın olduğu ortaya konmuştur [48].

Bundan başka, bir TUBİTAK projesi çerçevesinde [49] Kashirka ve Ladozhkaya adlı lahana genotiplerini ve 00 kalitesine sahip iki kışlık şalgam genotiplerini - 15591 ve 15080 – melezleyerek 227 adet türler arası kolza melezleri geliştirilmiştir. Daha sonra bu melezler kullanılarak MSL 004C, MSL 007C, MSL 501C ve MSL 506C adlı erkek kısır hatlar ile kolza hibritleri geliştirilmiştir. Geliştirilen hibritlerin erusik asit oranının sifıra yakın ve oleik asit oranlarının % 55.56 ila 73.14 arasında değiştiğini belirlemiştir.

TARTIŞMA

Geliştirilen türler arası melez kolza formlarının doğrudan kalite ıslahında kullanılmamasının nedeni lahana ebeveynindeki yüksek glikosinolat oranıdır. Türler arası melez kolza formlarına canola kalitesini aktarmak için önce adapte olmuş materyal ile melezleme yapmak, daha sonra geriye melezleme yapmak ve ileriki aşamalarda da verim performansı için tekrarlamalı seleksiyona ihtiyaç vardır [24].

Diğer bir yöntem *B. oleracea* ebeveyninin glikosinolat oranının düşürülmesidir. Lahana ebeveyninin tohumları radyasyona mağruz bırakılabilir ya da yakın akraba Brassica türleri ile melezlenebilir, çünkü düşük glikosinolat içeriğine sahip lahana genotiplerinin ıslah edilmesi bugüne kadar bu tip formlara rastlanılmaması nedeniyle uzun zaman alabilir. Başka bir yöntem lahana genotiplerinin doku kültürü ortamlarında kültüre alınması olabilir, çünkü somaklonal varyasyon neticesinde glikosinolat içeriğinde bir kırılma meydana gelebilir.

Bu üç lahana genotipinin mevcudiyeti kolza ıslahında verim potansiyelini artırmak için önemli bir materyal teşkil etmektedir. Daha önceki çalışmalarda kolza hibritlerinin geliştirilmesinde kullanılan genotiplerin yazlık karakterde olduğunu görüyoruz. Adı geçen lahana genotipleri ise kışlık karakterdedir. Eğer bu genotipler tane verimi yönünden selekte edilirse, kolza verim ıslahında yeni bir yol açılabilir.

ÖNERİLER

B. napus, günümüzde Avrupa ve Asya' da en önemli yağ bitkisidir ve dünya çapında da soya fasulyesinden sonra ikinci sırada yer almaktadır. *B. napus* içerisindeki genetik varyasyon dünya üzerinde mevcut gen bankası koleksiyonlarının karakterize edilmesi ile ortaya konmuştur. Dünya üzerinde gittikçe Brassica yağlarına olan gereksinimin artması bitki ıslahçıları üzerinde bu bitkinin verimini, kalitesini ve küspe kalitesini artırma yönünde sürekli bir baskı unsuru oluşturmaktadır [8]. Tanımlanan *B. oleracea* materyali gelecekte kolza ıslahının hem kalite hem de verim ıslahında kullanılabilir, çünkü her iki diploid ebeveyndeki genetik

varyasyon bu yönde oldukça geniş imkanlar sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Steinmetz KA, Potter JD. 1996. Vegetable, fruit and cancer epidemiology. *Cancer Causes Control*. 2: 325-351.
- [2] Snowdon R, Lühs W, Friedt W. 2007. Oilseed rape. E. Kole (Ed.), Series Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants, Volume 2, Oilseeds. Springer, Berlin, pp. 55-114.
- [3] Morinaga T. 1933. Interspecific hybridisation in Brassica: 5. The cytology of F1 hybrid of *B. carinata* and *B. alboglabra*. *Japanese Journal of Botany*. 6: 467-475.
- [4] Morinaga T (1934) Interspecific hybridisation in Brassica: 6. The cytology of *B. juncea* and *B. nigra*. *Cytologia*. 6: 62-67
- [5] U N. 1935. Genomic analysis of Brassica with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. *Japanese Journal of Botany*. 7: 389-452.
- [6] Song K, Lu P, Tang K, Osborn TC. 1995. Rapid genome change in synthetic polyploids of Brassica and its implications for polyploid evolution. *Proceedings National Academical Science USA*. 92: 7719-7723.
- [7] Lukens LN, Pires JC, Leon E, Vogelzang R, Oslach L, Osborn T. 2006. Patterns of sequence loss and cytosine methylation within a population of newly resynthesized Brassica napus allopolyploids. *Plant Physiology*. 140: 336-348.
- [8] Snowdon RJ. 2009. Genome analysis and molecular breeding of Brassica oilseed crops. *Habilitationsschrift. Institut für Pflanzenzchtung. Justus-Liebig-Universitaet Giessen*.
- [9] Colton RT, Sykes JD. 1992. Canola. *AgFact P5.2.1 (4th edition)*. New South Wales Agriculture, Orange, NSW, Australia. 52pp.
- [10] Przybylski P, Mag T, Eskin NAM, McDonald BE. 2005. Canola oil. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition, Six Volume Set*. Edited by Fereidoon Shahidi.
- [12] Lühs W, Seyis F, Voss A, Friedt W. 2000. Genetics of erucic acid content in Brassica oleracea seed oil. *Czech Journal Genetics and Plant Breeding*. 36: 116-120.
- [13] SeyisF, Friedt W, Voss A, Lühs W. (2004). Identification of Individual Brassica oleracea plants with low erucic acid content. *Asian Journal of Plant Sciences*. 3 (5): 593-596.
- [14] Seyis F, Friedt W. (2010a). Brassica oleracea genotypes displaying interesting fatty acid profiles for Brassica napus breeding. *African Journal of Agricultural Research*. 5 (23): 3191-3195.
- [15] Friedt W, Snowdon RJ. 2009. Oilseed Rape. *Oil Crops. Handbook of Plant Breeding*. Springer, pp. 91-126.
- [16] Becker HC, Engqvist GM, Karlsson B. 1995. Comparison of rapeseed cultivars and resynthesized

lines based on allozyme and RFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics*. 91: 62–67.

[17] Seyis F, Snowdon RJ, Lühs W, Friedt W. 2003a. Molecular characterization of novel resynthesized rapeseed (*Brassica napus*) lines and analysis of their genetic diversity in comparison with spring rapeseed cultivars. *Plant Breeding*. 122: 473–478

[18] Basunanda P, Spiller TH, Hasan M, Gehringer A, Schondelmaier J, Lühs W, Friedt W, Snowdon RJ. 2007. Marker-assisted increase of genetic diversity in a double-low seed quality winter oilseed rape genetic background. *Plant Breeding*. 126: 581–587

[19] Snowdon RJ. 2007. Cytogenetics and genome analysis in *Brassica* crops. *Chromosome Research*. 15: 85-95.

[20] Friedt W, Snowdon R, Ordon F, Ahlemeyer J. 2007. Assessment of Genetic Diversity in Crop Plants and its Exploitation in Breeding. *Progress in Botany*, Springer Verlag, pp. 151-178.

[21] Chen Y, Heneen WK. 1989. Resynthesized *Brassica napus* L.: A review of its potential in breeding and genetic analysis. *Hereditas*. 111: 255–263.

[22] Song K, Lu P, Tang K, Osborn TC. 1993. Development of synthetic *Brassica* amphidiploids by reciprocal hybridization and comparison to natural amphidiploids. *Theoretical and Applied Genetics*. 86: 811–821.

[23] Udall JA, Quijada PA, Polewicz H, Vogelzang R, Osborn TC. 2004. Phenotypic effects of introgressing Chinese winter and resynthesized *Brassica napus* L. germplasm into hybrid spring canola. *Crop Science*. 44: 1990–1996.

[24] Girke A, Schierholt A, Becker H. 2011. Extending the rapeseed gene pool with resynthesized *Brassica napus* L. I: Genetic diversity. *Genetic Resources and Crop Evolution*: DOI 10.1007/s10722-011-9772-8.

[25] Seyis F, Friedt W, Lühs W. 2005a. Yield of *Brassica napus* L. Hybrids Developed Using Resynthesized Rapeseed Material Sown at Different Locations. *Field Crops Research*. 96: 176-180.

[26] Diers BW, McVetty PBE, Osborn TC. 1996. Relationship between heterosis and genetic distance based on restriction fragment length polymorphism markers in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Crop Science*. 36: 79-83.

[27] Riaz A, Li G, Quresh Z, Swati MS, Quiros CF. 2001. Genetic diversity of oilseed *Brassica napus* inbred lines based on sequence-related amplified polymorphism and its relation to hybrid performance. *Plant Breeding*. 120: 411-415.

[28] Wricke G, Weber WE. 1986. *Quantitative Genetics and Selection in Plant Breeding*. Walter de Gruyter, New York, pp 406.

[29] Léon J. 1991. Heterosis and mixing effects in winter oilseed rape. *Crop Science*. 31: 281-284.

[30] Shen J.-X, Fu T.-D, Yanf G.-S, Tu J.-X, Mia C.-Z. 2006. Prediction of heterosis using QTLs for yield traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Euphytica*. 151: 165–171

[31] Quijada PA, Udall JA, Polewicz H, Vogelzang RD, Osborn TC. 2004. Phenotypic effects of introgressing French winter germplasm into hybrid spring canola. *Crop Science*. 44: 1982–1989.

[32] Li M, Chen X, Meng J. 2006a. Inter-subgenomic heterosis in rapeseed production with a partial new-typed *Brassica napus* containing subgenome Ar from *B. rapa* and Cc from *Brassica carinata*. *Crop Science*. 46: 234–242.

[33] Lefort-Buson M., Guillot-Lemoine B, Dattee Y. 1987. Heterosis and combining ability estimates in spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. 27: 472–478.

[34] Paulmann W, Frauen M. 1991. Einsatz von biotechnologischen Verfahren in der praktischen Rapszüchtung. 42. Arbeitstagung, Arbeitsgemeinschaft der Saatzüchtleiter, Vereinig. Österreich. *Pflanzenzüchter*, 26.-28. Nov. 1991, Gumpenstein, 173-182.

[35] Becker HC. 1987. Quantitative Genetik und Zuchtmethodik bei Raps – Versuch einer Literaturübersicht. In: Bericht d. AG d. Saatzüchtleiter, Bundesversuchsanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Gumpenstein, 67-82.

[36] Schuster W, Michael J. (1976). Investigations into breeding depressions and heterosis effects in rape (*Brassica napus oleifera*). *Zeitschrift Pflanzenzüchtung*. 80: 277-298.

[37] Sernyk JL, Stefansson BR. 1983. Heterosis in summer rape (*Brassica napus* L.). *Canadian Journal of Plant Science*. 63: 407-413.

[38] Grant I, Beversdorf WD. 1985. Heterosis and combining ability estimates in spring-planted oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. 27: 472-478.

[39] Brandle JE, McVetty PBE. 1990. Geographical diversity, parental selection and heterosis in oilseed rape. *Can. J. Plant Sci.*, 70: 935-940.

[40] Renard M, Delourme R, Vallee P, Pierre J. 1997. Hybrid rapeseed breeding and production. *Acta Horticulturae*. 459: 583–591.

[41] Paulmann W, Frauen M. 1998. Erfahrungsbericht zur Entwicklung und Saatguterzeugung von restaurierten Winterraps-Hybridsorten. Bericht über die 48. Tagung der Arbeitsgemeinschaft der Saatzüchtleiter, BAL Gumpenstein, 25–27 November, 1997.

[42] Lühs W, Seyis F, Snowdon R, Baetzel R, Friedt W. 2002. Genetic improvement of *Brassica napus* by wide hybridisation. *GCIRC Bulletin*. 18: 227–234.

[43] Kräling K. 1987. Utilization of genetic variability of resynthesized rapeseed. *Plant Breeding*. 99: 209–217.

[44] Friedt W, Lühs W, Müller M, Ordon F. 2003. Utility of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars and new breeding lines for low-input cropping systems. *German Journal of Agronomy*. 2: 49–55.

[45] Seyis F, Lühs W, Friedt W. 2010b. Yield of *Brassica napus* L. Hybrids developed using

Resynthesised rapeseed material. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*. 25(3): 159-167.

[46] Seyis F, Friedt W, Lühs W. 2005b. Development of Resynthesized Rapeseed(*Brassica napus* L.) Forms with Low Erucic Acid Content Through in ovulum Culture. *Asian Journal of Plant Sciences*. 4 (1): 6-10.

[47] Girke A, Becker HC, Engqvist G. 1999. Resynthesized rapeseed as a new gene pool for hybrid breeding. Contrib. 359. Proc. 10th Int. Rapeseed Congr. Canberra, Australia. 26–29 Sept.

[48] Seyis F, Friedt W, Lühs W. 2003b. Resynthesised *Brassica napus* as genetic resource in rapeseed improvement for quality and agronomic performance.: H. Knüpfner & J. Ochsmann (eds.), *Rudolf Mansfeld and Plant Genetic Resources. Proceedings of a symposium dedicated to the 100th birthday of Rudolf Mansfeld, Gatersleben, Germany, 8-9 October 2001*. ZADI/IBV, Bonn, *Schriften zu Genetischen Ressourcen*. 19: 336-340.

[49] Seyis, F., Kurt O, Uysal H., 2010c. Development of resynthesised rapeseed forms with low erucic acid character and their use in hybrid breeding. TUBİTAK TOVAG 104563 Career Project, pp. 58.