

## Patates Bitkisinde Biyoteknolojik Çalışmalar

Yunus Emre Arvas<sup>1\*</sup>, Hasan Murat Aksoy<sup>2</sup>, Yılmaz Kaya<sup>3</sup>

**Özet:** Çağımızda geliştirilen biyoteknolojik metotlar ile birçok hastalık ve stres faktörüne yönelik başarılı sonuçlar sağlanmıştır. Patates bitkisinde görülen yaygın hastalıklara çözüm olacak birçok genetik özellik yabani akraba türlerinde bulunmaktadır. Patates karakteristik özellikleri bakımından biyoteknolojik metotlarla çoğalmaya uygundur ve günümüzde kullanılan birçok biyoteknolojik teknikleri kullanılarak bu bitkilere yeni özellikler aktarmak oldukça kolaydır. Bu nedenlerden dolayı patates, modern biyoteknoloji ile en çok yararlanabilen ürünlerden biridir. Doku kültürü metotları gibi biyoteknolojik yöntemler ile yabani türlerinde bulunan ve farklı renklerde patates oluşmasını sağlayan Antosiyaninler (kırmızı, mavi, mor) ve karotenoidler (beyaz, sarı) kullanılarak kırmızı, mavi, pembe ve mor gibi farklı renklerde patatesler gibi yeni genotipler kısa sürede geliştirilmiştir. Biyoteknolojik yöntemlerle ile geliştirilen patatesler sanayi gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Bu çalışmada, patates bitkisinin üzerinde yapılan güncel biyoteknolojik çalışmalara değinilmekte ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar önerilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Patates, Doku Kültürü, Biyoteknoloji

## Biotechnological Studies in Potato Plants

**Abstract:** Currently, developed tissue culture methods, successful results can be obtained for many diseases and stress factors. Many common features of potato plants are found in the wild relatives. Potatoes are suitable for propagation with biotechnological methods in terms of their characteristic properties, and it is quite easy to transfer new features using many of the biotechnological transformation techniques used today. For these reasons potato is undoubtedly one of the most useful products of modern biotechnology. Potatoes different colours such as red, blue, pink and purple have been developed using biotechnological methods such as tissue culture methods and anthocyanins (red, blue, purple) and carotenoids (white, yellow) found in wild species and allowing the formation of potatoes in different colours. In this study, the general characteristics of potato plant and the current biotechnological studies on it are addressed and future studies are suggested.

**Key words:** Potato, Biotechnology, Tissue Culture

## Giriş

Patates (*Solanum tuberosum* L.), Dünya çapında ve özellikle az gelişmiş ülkelerde günlük kalori ihtiyacının karşılanmasında önemli bir rol almaktadır. Küresel üretimde mısır (*Zea mays* L.), çeltik (*Oryza sativa* L.) ve buğday (*Triticum aestivum* L.)'dan sonra gıda ürünleri arasında

<sup>1</sup> Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye,

\*Sorumlu yazar: [yunusearvas@gmail.com](mailto:yunusearvas@gmail.com)

<sup>2</sup> Bitki Koruma Bölümü, Ziraat Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

<sup>3</sup> Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

üretimde 4. sırada yer almaktadır [1]. Dünya çapında bir milyardan fazla insan patates tüketiyor ve küresel toplam ürün üretimi 300 milyon tonu'yu geçiyor [2]. Patates bitkisine ilgi geçmişten günümüze artmıştır. Üretim ve tüketimi her zaman önemi korumuştur. Yeşil devrim ile birlikte klasik ıslah yöntemleri kullanılarak yeni genotipler geliştirilmiştir. Bu genotiplerin verimi ve kalitesi daha da artmıştır. Rekombinant DNA teknolojilerin gelişimi ile birlikte patates bitkisinde daha önce doğal yollarla gelişmesi mümkün olmayan özellikler kazandırılmıştır. Rekombinant DNA teknolojileri ile elde edilen genetiği değiştirilmiş patates bitkileri stres etmenleri daha dayanıklı olduğu gibi verimi ve kalitesi daha da artmıştır [3].

### **Patates Bitkisinin Doku Kültürü Çalışmaları**

Bitki doku kültürü laboratuvarlarında bitkinin büyümesi ve gelişmesi için kültür ortamı, ışık ve sıcaklık gerekli düzeyde ayarlanabilmekte ve optimum şartlar temin edilebilmektedir. Doku kültürü yöntemlerinden mikro çoğaltım ile bir bitkiden kısa zamanda çok sayıda ari fide elde edilmesi, mikro çoğaltımın yıl boyunca mevsim şartlarının olumsuz etkilerinin olmaması gibi nedenlerden dolayı birçok bitki vejetatif olarak çoğaltılabilmektedir (Karakütük, 2017). Patates bitkisinin son yıllarda artış gösteren virüs, bakteri gibi hastalıklar ve çevresel stres faktörlerinin olumsuz etkilerinden uzak, sağlıklı ürün elde etmede doku kültür laboratuvarları optimum koşullar sağlamaktadır. Doku kültürü metotları kullanılarak bitkisel üretimde kalite arttırmak mümkün olmakta ve hastalıklarla mücadele için geliştirilen ürünlerin çalışmalarının yapılması için önemli bir yer tutmaktadır[4]. Patates bitkisi bu metotlar ile en çok kullanılan bitki türlerinden birisidir[5].

Novak ve ark., (1980) tarafından “Cira, Nora, Radka ve Blanik” patates çeşitlerinde MS ortamında oksin (IAA, NAA), sitokinin (K, BAP) ve GA3 hormonlarının farklı konsantrasyonlarını kullanarak yaptıkları çalışmada, GA3 hormonlarının test konsantrasyonlarının tümünde sürgün ve kök oluşumunu gözlediklerini ifade etmişlerdir. Sonuçta, GA3 hormonunun sürgün ve kök oluşumu üzerinde etkin hormon olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca sitokinin hormonların sürgün gelişimi için uygun olduğunu fakat artan K konsantrasyonunun bitki gelişimini engelleyici etkiye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Çalışmanın devamında farklı hormonların aynı ortama ilave edilmesinin etkilerini de gözlemlemişlerdir. Oksin+sitokinin ve oksin+sitokinin+GA3 hormonlarının aynı ortamda ilave edilmesi sonuçlarında Cira çeşidinde GA3 ile düşük konsantrasyonlarda K ve IAA intreaksiyonunda optimal ve hızlı gelişim gözlemlemişlerdir. Ayrıca NAA hormonu sitokinin hormonları ile uyguladıkları vakit NAA önemli miktarda inhibitör etkide bulunduğu belirtilmiştir[6].

Vecchio ve ark., (1994) tarafından farklı sükröz konsantrasyonları kullanılarak Desiree, Monalisa ve Spunta çeşitlerinin mikro yumru oluşumu üzerine etkisini belirlemeye yönelik yaptığı çalışmada yumrulanmanın kültür ortamı ve genotip ile bağlantılı olduğunu ifade etmiştir. Desiree çeşidinin düşük ve yüksek konsantrasyonlarda büyüme düzenleyicisi ilave edilmiş ortamlarda diğer çeşitlere nazaran daha fazla mikro yumru oluşturduğunu ifade etmiştir[7].

Ranalli ve ark., (1994) tarafından yapılan laboratuvar şartlarında üretilen mini yumrular ile tarla koşullarında elde edilen 13 tohumluk yumruları karşılaştırıldığı bir çalışma yürütülmüştür. Çalışma sonunda normal tohumluk patateslerden elde edilen verim 50,8 t/ha, mini yumrulardan elde edilen verimin ise 31,7 t/ha olduğunu belirtmişlerdir[8].

Khuri ve Moorby (1995) yaptıkları bir çalışmada Estima patates çeşidinde mikro yumru gelişimine uygun ortam belirlenmesi için farklı karbon kaynağı sağlaması bakımından %4'lük sakkaroz, maltoz, glukoz ve früktoz ile %4'lük sakkaroz karbonu karışımının olduğu iki farklı ortamda patates ekimi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonunda mikro yumru oluşumunda %4'lük konsantrasyondaki sakkaroz içeren ortamda en uygun gelişmenin olduğu gözlenmiştir[9].

Chandra ve arkadaşları (1998) tarafından sükröz, fruktoz, glukoz, mannoz, ve mannitolün % 4- %12 oranları arasında değişen konsantrasyonlarda mikro yumru oluşum mekanizması üzerine hormon yüzdesinin etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, en yüksek mikro yumru değerlerinin % 8'lik sükröz konsantrasyonundan elde edildiği, glukoz, fruktoz içeren besin ortamlarından daha küçük mikro yumruların elde edildiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca mannoz ve mannitol ilaveli besin ortamlarından ise hiç yumru elde edemediklerini belirtmişlerdir[10, 11].

Gopal ve ark., (1998) 22 patates çeşidinin nodül bölgelerine farklı ışık periyodu, ışık yoğunluğu, sıcaklık, BAP (10 mg/l) ve BAP'sız ortamların nodüllerde oluşan mikroyumru verimi, mikroyumru sayısı ve mikroyumru ağırlığı tayin etmeye yönelik yaptıkları çalışmada en iyi mikroyumru sayısının BAP'sız ortamda yetişen bitkilerden, en iyi mikroyumru ağırlığının ise BAP'lı ortamdaki bitkilerden elde ettiklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca çalışmada düşük yoğunluk, kısa ışık periyodu (10 saat) ile düşük sıcaklıkta (gündüz 20°±2°C; gece 18°±2°C) çok sayıda mikroyumru elde ettiklerini belirtmişlerdir[12].

Yu ve ark., (2000) patates bitkisinde biyoreaktör ve karbon kaynağı sağlamak amacıyla sakkaroz kullanarak mikro yumru oluşumunu araştırmak için bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda biyoreaktör sistemlerinin kullanılmasının düşük konsantrasyonlarda sakkaroz kullanımını sağladığı görülmüştür. Ayrıca daha kısıtlı şekilde sakkaroz hidrolizi

gerçekleştiği belirtilmiştir. Çalışmadan çıkarılabilecek diğer bir sonucun ise biyoreaktör sistemleri içinde karbon asimilasyonunun mikro yumru gelişimini önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür[13].

Fiegert ve ark., (2000) Tomensa patates çeşidinde sürgün ucu meristemlerinde somatik embriyo oluşumunu inceledikleri çalışmada farklı konsantrasyonlarda NAA (3 mg/l) ve BAP (0,25 mg/l) büyüme düzenleyicisi ilaveli MS ortamında ilk önce kallus oluşturulması sağlanmış daha sonra kallusların NAA (3 mg/l) ve BAP (1 mg/l) içeren ortamda çoğaltılması sağlanmıştır. Burdan elde edilen kalluslar 0,1 mg/l GA3 ve 0,05 mg/l zeatin içeren ortama aktarılıp embriyo oluşumu gözlenmiştir[14].

Seabrook ve Douglass (2001) diploid, monoploid farklı kromozom sayılarındaki yabancı patates türlerinden somatik embriyogenesis yoluyla rejenerasyon elde etmek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada 18 yabancı kültür çeşidinin gövde boğum aralarından, köklerinden ve mikro yumrularından alınan eksplantlar 1. Aşamada 6-BAP ve TDZ, 2. Aşamada zeatin ve IAA hormonlarının kullanıldığı iki basamaklı bir protokolda 14-28 gün içinde explantlardan somatik embriyolar elde ettiklerini ifade etmişlerdir. Bu yöntemle somatik embriyogenesis elde edilmesinin önemi büyüktür çünkü somatik embriyogenez hem rejenerasyon çalışmalarında hem de somatik füzyon sonucu protokollardan bitki rejenerasyonunda önemli avantajlar sağlamaktadır[15].

Yee ve ark., (2001) Desiree, Kennebec, Niska, ve Lenape patates çeşitlerinin yaprak saplarını farklı konsantrasyonlarda TDZ ve IAA ilave edilmiş 3 mg/l BAP, 1 mg/l GA, %3 sakkaroz, %0.7 agar içeren MS ortamlarında eksplantların rejenerasyon kabiliyetlerini araştıran bir çalışma yürütmüşlerdir. 2 mg/l IAA ilaveli ortamlarda explant başına 20'ye kadar sürgün rejenerasyonu frekansı (%) yakalamışlardır. Diğer ortamlarda ise farklı frekanslarda rejenerasyon elde etmişlerdir. Çalışmada beklenen sonuçlara varıldığını ve bu yöntemin patatesten genetik ıslah çalışmalarında rahatlıkla kullanılabileceği ifade edilmiştir[16].

Sabzevar ve ark., (2007), serada yetiştirilmiş Marfona ve Desiree patates çeşitlerine ait yumrularından sürgün ucu ve köklerinden bir veya iki yaprak taslağı ile birlikte meristem izole etmişlerdir. Buradan elde ettikleri patates bitkilerinin transfer edildiği toprak karışımının mini yumru oluşumunda önemli etkisi olduğu ve Desiree çeşidinde ortalama mini yumru ağırlığının Marfonaya göre daha yüksek olduğu görülmüştür[17].

Badoni and Chauhan (2009), patatesin *in vitro* çoğaltımında etkili olan GA3, NAA karışımı ve Kinetin, NAA karışımından oluşan iki ortamda farklı hormonal kombinasyonlarla desteklenen MS ortamlarında izole edilen meristemleri kültüre almıştır. Yaklaşık 40 gün sonra yapılan

sürgün boyu, nod sayısı, kök uzunluğu, kök ve sürgün taze ağırlıkları ölçümlerinde GA3 içeren ortamda kinetine göre sürgün boyunun daha fazla olduğu tespit edilmiştir[18].

## **Patates Bitkisi Biyoteknolojisi**

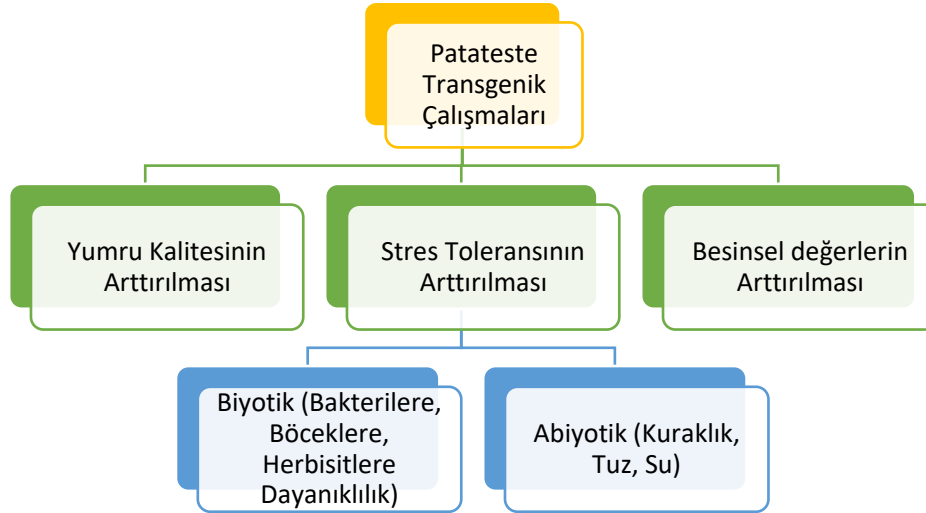
Günümüzde tarımsal değer bakımından önemli bitkilerin yapısına, biyoteknolojik yöntemler kullanılarak yapısında olmayan gen veya genler başarılı bir şekilde aktarılıp ifade ettirebilmektedir. Bu yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalar son yıllarda birçok farklı uygulama alanlarının oluşmasına neden olmuştur. 1980’li yıllarda ilk genetiği değiştirilmiş tütün ve 1996 yılında ilk ticareti yapılan transgenik domates ile bilim dünyasında yer edinen transgenik çalışmalardan bir kısmı ise patates üzerinde yapılmıştır. Patates bitkisinde transgenik çalışmalar 1995 yılında Amerikada Kolarado patates böceğine karşı direnç sağlamak için Russet Burbank çeşidinden olan ve “NewLeaf™” olarak adlandırılan patatese *CryIIIa* geni aktarılmıştır. Ticareti yapılan ilk transgenik patates ise bu çeşit olmuştur. İlk biyoteknolojik ürünlerden biri olan patates bitkisi bu tarz çalışmalar için ideal bir bitki olduğunu göstermektedir[19]. Her ne kadar ilk transgenik ürünlerden birisi patates olsa da ilk başlarda bu bitki için geleneksel ıslah çalışmalarına ağırlık verilmiştir. Fakat geçtiğimiz son yüzyılda patates bitkisinde istenilen düzeyde verim elde edilememiştir. Patates bitkisinde yapılması beklenen ıslah çalışmaları verim ve kalite artışı, hastalıklara ve böceklere karşı direnç ve su ihtiyacının karşılanmasıdır.

Patates üreticileri ilk başlarda verim, taze pazar temini, kalite artırımı, muhafaza veya depolama işlemlerine odaklanmışlardır. Bu işlemleri yaparlarken aynı zamanda patates hastalıklarına çözüm bulmak için uğraşlarda bulunmuşlardır. Patates bitkisinin birçok yabancı formu bulunduğundan dolayı ticari çeşitlerde bulunmayan genetik çeşitlilik ve dayanıklılık ıslah çalışmaları ile karşılanabilmiştir. Bu şekilde zengin bir kaynak olunca da hastalık direnci ve yumru kalitesini artırmak gibi alanlarda kayda değer başarılar elde edilebilmiştir zaten patates çalışmalarında en önemli husus yumru kalitesinin artırılması ve hastalık etmenlerin zararlarını en aza indirmektir[20].

Yabancı formlardan yetiştirilen patateslerde biyotik ve abiyotik stres faktörleri başta olmak üzere zararlılara karşı tolerans artırmada birçok çalışmalar yapılmıştır (Şekil 4). Patates bitkisi kullanılarak yapılan biyoteknolojik çalışmalar incelendiği vakit en fazla tercih edilen çalışmaların bitkinin stres koşullarına dayanıklılığı, yumru kalitesi ve besinsel değerlerinin artırılması üzerine yapıldığı görülmektedir (Tablo 4).

Bazı çeşitlerin sıklıkla tercih edilmesi, bazı genetik karmaşıklar, önceden doğal şartlarda gerçekleşen durumlar ıslah çalışmalarını sınırlandırmaktadır. Bundan ötürü endüstriyel çalışmalarda yabancı formlardan elde edilen sadece birkaç özellik kullanılabilmektedir. Biyoteknolojik yöntemler bazı yeni genlerin kolay teşhis edilmesine, izole edilmesine ve aktarımına olanak sağlamaktadır[21].

Rekombinant DNA yöntemler ile geleneksel yöntemler kıyaslandıklarında bazı avantajlar ve dezavantajlara sahip oldukları görülmektedir. Geleneksel ıslah çalışmaları ile iki heterozigot tetraploid ebeveynin, farklı fenotipik özelliklerinin döllere aktarılmasını sağlamaktadır. Fakat bazı çalışmalarda az miktarda da olsa her iki ebeveynden aktarılması istenmeyen özelliklerinden bir kısmı da aktarılabilmektedir. Dolayısı ile istenmeyen özellikler geri çaprazlama yöntemleri ile uzaklaştırılmalıdır. Bu tarz çalışmalarda yeni bir patates çeşidinin ticarileşmesi uzun bir süre (10-15 yıl) alabilmektedir.



**Şekil 4.** Transgenik patateslere kazandırılan özellikler[22]'dan faydalanılarak yazar tarafından çizilmiştir

Zararlılara karşı direnç kazandırılmış patates türlerinin üretime başlaması kullanılan pestisit miktarını azaltacaktır. Patates bitkisinin suya olan ihtiyacını düzenleyen genin susturulması su eksikliğinde patates yetiştirilmesine olanak tanıyabilmektedir. Son 15 yılda ekili patatesin "*Phytophthora infestans*" adında patates mantarı hastalığı patojenine dirençli hale getirmek için yabancı türlerinden birkaç genin tanımlanması ve klonlanmasında önemli mesafeler alınmıştır. Örneğin *P. infestans* suşuna karşı direnç sağlamak için *Solanum demissum*'dan R1, R2 ve R3a[23], *S. Bulbocastanum*'dan Rpi- blb1 Rpi - blb2 ve Rpi - blb3 (Lokossou[24-26], *S. venturii*'den Rpi - vnt1.1 [27, 28] ve *S. Mochiquense* elde edilen Rpi - mcq1 genleri kullanılabilmektedir[29]. Gen aktarım işlemi kullanılan bu genler, sahip oldukları genetik

varyasyonlardan dolayı geç yanmazlığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesinde kullanılmaktadırlar.

2011 yılında Fortuna adlı biyoteknoloji şirketi (BASF), iki direnç geni, Rpi-blb1 (RB) ve Rpi-blb2 geni aktarılan ve geç yanmazlığa neden olan patates çeşitlerinin serbest bırakılması için başvuru da bulunmuştur. Fakat bu geliştirilen patates çeşidi pazarlarda satılmamıştır. Yine benzer bir çalışmada Simplot tarafından geliştirilen “InnateTm” patatesinin ikinci jenerasyonu geç yanmazlık direnci göstermiştir [22, 29-31]. Du ve ark., 2015 Yabancı patates türlerinden geç yanıklık direnci sağlamak için yukarıda sayılan çeşitlerden ayrı *S. tuberosum* ssp. *Andigena* ve *S. acaule*'den sırasıyla izole edilen Rx1 ve Rx2 genleri; patates virüsü X'e [32], karşı direnç arttırmak için geliştirilmiştir [33].

Yukarıda sayılan çalışmalar sadece birkaç patates hastalığı için geliştirilmiş çalışmalar olsa da yeni hastalıklar için patates bitkisi üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Yaygın olarak kullanılan direnç genleri olan *PRR* ve *R* genlerinden başka *eIF4E* geni gibi yeni genler de kullanılmaya başlanmıştır. *eIF4E* geni de virüslere karşı direnç sağlamak için kullanılmaktadır [34-38].

Patates yabancı tür akrabaları *S. chacoense*, *S. demissum* ve *S. etuberosum*'da bulunan ve patates virüsü Y (PVY)' ye karşı direnç kazandırmak için kullanılan *eIF4E* geni içeren transgenik patatesler gelecekte pazarlarda yerini alacaktır [39]. *eIF4E* geninin ekspresyonunun sağlanması *PRR* veya *R* direnç genlerinden farklı olarak patates bitkisinde direnç sağlaması spesifik bir patojen molekülün varlığını tanımaması ile gerçekleşmektedir. Yani *eIF4E* mutasyonlara neden olur, ifade ettiği protein virüs tarafından kullanılamaz hale getirilmektedir. Bu nedenle virüs, bitki hücresi içinde çoğalamaz [40].

Host induced gene silencing [(HIGS) Konakçıya bağlı gen susturma], patates bitkisinde hedeflenen patojen genlerin ekspresyonunu sağlamak için RNA girişimine dayanan bir yöntemdir. Bu yöntem patates bitkisinde yeni kullanılmaya başlanan yaklaşımdır. Bu yaklaşım yöntemi kullanılarak böcekler dâhil olmak üzere geniş bir kapsamda patojen türlerine karşı direnç sağlamak için kullanılmaktadır [41-44].

**Tablo 5.** Patateste zararlılara ve stres koşullarına karşı yapılan çalışmalar  
(PVX: Patates X virüsü, PVY: Patates Y virüsü, PLVVR: Patates yaprak kıvrıcıklığı virüsü)

| No | Aktarılan gen               | Kaynak              | Kazandırılmak istenen özellik | Referans               |
|----|-----------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1. | <i>PVXCP, PVYCP, PLRVCP</i> | PVX, PVY, PLVV<br>R | Virüs direnci                 | Marianne ve ark., 1992 |
| 2. | Pac 1                       | <i>E. coli</i>      | Virüs direnci                 | Teruro ve ark., 1997   |

|    |                                     |                       |                   |                    |
|----|-------------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| 3. | <i>R1, R2, R3a</i>                  | Patates               | Fungus direnci    | [24, 45]           |
| 4. | <i>Rpi-blb1, Rpi-blb2, Rpi-blb3</i> | Patates               | Fungus direnci    | [24-26, 46]        |
| 5. | <i>Gro1-4; Gpa2</i>                 | Patates               | Nematot direnci   | Paal ve ark., 2004 |
| 6. | <i>CBP20</i>                        | <i>A.thaliana</i>     | Kuraklık tolerans | [47]               |
| 7. | <i>Cry IIIA</i>                     | <i>B.thuringensis</i> | Böcek direnci     | [48]               |
| 8. | <i>Cry III<br/>Cry IB</i>           | <i>B.thuringensis</i> | Böcek direnci     | [49]               |
| 9  | <i>Rpi-vnt1.1</i>                   | Patates               | Fungus direnç     | [27, 28]           |
| 10 | <i>Rpi-mcql</i>                     | Patates               | Fungus direnç     | [27]               |
| 11 | <i>Cry IA</i>                       | <i>B.thuringensis</i> | Böcek direnci     | (Hur vd, 2004)     |

Patateste kullanan tek HIGS sonucunda, patojenite açısından önemli olan *P. Infestans* hastalığına direnç sağlayan bir proteini kodlayan hp-PiGPB1 geninin ifade edilmesi, transgenik bitkilerde sporangia oluşumunun ve hastalık ilerlemesinin azalmasına neden olmuştur [50].Günümüzde modern patates çeşitlerinin çoğu kuraklığa toleranslı olduğu kabul edilmektedir [51-55]. CBP20, çekirdekte translokasyon oluşturmak üzere cap-binding protein 80 (CBP80) ile etkileşime girip aktif bir kompleks oluşturmaktadır [56]. Desiree patates çeşidinde CBP80 geninin susturulması, kuraklık stresine karşı daha yüksek bir tolerans sağlamaktadır [57].

## Sonuç ve Öneriler

Yabani türleri ve ıslah edilmiş çeşitleri ile zengin bir familya oluşturan *Solanum* türleri transgenik ve doku kültürü çalışmalarında şüphesiz en çok tercih edilen bitkiler arasında yer almaktadır. Doku kültürü çalışmaları ile mikro çoğaltım, sekonder metabolit üretimi gibi çalışmalardan ziyade patates bitkisinin hastalıklarına yönelik çalışmaları ağırlık kazanmıştır. Yapılan doku kültürü çalışmaları neticesinde patates bitkisinin hastalıklara karşı direnci, virüsten arındırılmış üstün nitelikler genotiplerin klonlanarak çoğaltılması ve yumru kalitesinin artırılması gibi çalışmalarda önemli başarılar elde edilebilmiştir. 2000’li yılların başlarında ise transgenik ürünlerin pazarlarda ticaretinin başlaması ile patates bitkisinde de transgenik çalışmalar yapılmıştır. En son 2015 yılında Kanada tarafından tüm yasal izinleri alınarak ticarileşmesi beklenen yeni çeşit bir transgenik patates geliştirilmiştir. Yakın bir zamanda transgenik ürün ekimi ve satışı serbest olan ülkelerde pazarlarda yerini alacaktır. Bu transgenik



çalışmaların belirtilen hastalıklara yanıt vermesi ve başarılı bir şekilde uygulanabilmesini sağlamak için saha çalışmaları yapılmalıdır. Elde edilecek sonuçların hastalık yönetimi uygulamalarında kullanılabilmesi için uygun agronomik verilerle genişletilmelidir. Böylelikle gelişmiş hastalık direncine sahip transgenik patatesler, gelecekte bir hastalık yönetim programının değerli bir bileşeni olabilecektir. Geleneksel patates tarımına biyoteknolojik yöntemlerin uygulanması ile patates üzerine çalışmaların daha hızlı ve verimli olacağı kesindir.

#### **Kaynaklar**

1. Faostat. Area harvested and production quantity of potatoes. 2015; Available from: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.
2. IPC. International Potato Center. Potato facts and figures. 2016; Available from: <http://cipotato.org/potato/facts/> [ July 21, 2016].
3. Demirhan, B., Patates ve İşlenmiş Patates Ürünlerinde Genetiği Değiştirilmiş Organizmalarla ilgili Genetik Analizler, in Taamusal Biyoteknoloji. 2018, Ondokuz Mayıs Üniversitesi: Samsun, Türkiye.
4. Srivastava, N., et al., Factors related to the origin of a gradual coronal mass ejection associated with an eruptive prominence on 1998 June 21-22. The Astrophysical Journal, 2000. 534(1): p. 468.
5. Lizarraga, R., et al., Tissue culture for elimination of pathogens. CIP Research Guide 3. International Potato Center, Lima, Peru, 1991.
6. Novak, F., et al., The effect of growth regulators on meristem tip development and in vitro multiplication of *Solanum tuberosum* L. plants. Potato Research, 1980. 23(2): p. 155-166.
7. Vecchio, V., et al., Effect of saccharose and CCC [(2-chloroethyl) trimethylammonium chloride] on in vitro production of microtubers of potato cultivars (*Solanum tuberosum*). Sementi Elette, 1994.
8. Ranalli, P., et al., Microtuber and minituber production and field performance compared with normal tubers. Potato Research, 1994. 37(4): p. 383-391.
9. Khuri, S. and J. Moorby, Investigations into the role of sucrose in potato cv. Estima microtuber production in vitro. Annals of Botany, 1995. 75(3): p. 295-303.
10. Chandra, R., J. Dodds, and P. Tovar, In vitro tuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.) International Association of Plant Tissue Culture Newsletter 1988: p. 55: 10-20.
11. Rahman, M., et al., Role of sucrose, glucose and maltose on conventional potato micropropagation. Journal of Agricultural Technology, 2010. 6(4): p. 733-739.
12. Gopal, J., J. Minocha, and H. Dhaliwal, Microtuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). Plant Cell Reports, 1998. 17(10): p. 794-798.
13. Yu, W.-C., et al., Sucrose utilization during potato microtuber growth in bioreactors. Plant Cell Reports, 2000. 19(4): p. 407-413.
14. Fiegert, A., G. Mix-Wagner, and K. Vorlop, Regeneration of *Solanum tuberosum* L. cv. Tomensa: induction of somatic embryogenesis in liquid culture for the production of "artificial seed". Landbauforschung Völkenrode, 2000. 50(3/4): p. 199-202.
15. Seabrook, J. and L. Douglass, Somatic embryogenesis on various potato tissues from a range of genotypes and ploidy levels. Plant Cell Reports, 2001. 20(3): p. 175-182.
16. Yee, S., et al., High-efficiency regeneration in vitro from potato petioles with intact leaflets. American journal of potato research, 2001. 78(2): p. 151-157.
17. Sabzevar, R.F., et al., Mini-tuber production as affected by planting bed composition and node position in tissue cultured plantlet in two potato cultivars. J. Agri. & Biol, 2007. 9: p. 416-418.
18. Badoni, A. and J. Chauhan, Effect of growth regulators on meristem-tip development and in vitro multiplication of potato cultivar 'Kufri Himalini'. Nature and Science, 2009. 7(9): p. 31-34.
19. USDA-APHIS. Petitions for determination of nonregulated status. Amerika Birleşik Devletleri Tarım Teşkilatı. 2015; Available from: [http://www.aphis.usda.gov/biotechnology/petitions\\_table\\_pending.shtml](http://www.aphis.usda.gov/biotechnology/petitions_table_pending.shtml).
20. Jansky, S., Breeding for disease resistance in potato. Plant Breeding Reviews. vol. 19. 2000.

21. Hirsch, C.N., et al., Retrospective view of North American potato (*Solanum tuberosum* L.) breeding in the 20th and 21st centuries. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 2013. 3(6): p. 1003-1013.
22. Halterman, D., et al., Biotech potatoes in the 21st century: 20 years since the first biotech potato. *American journal of potato research*, 2016. 93(1): p. 1-20.
23. Ballvora, A., et al., The R1 gene for potato resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) belongs to the leucine zipper/NBS/LRR class of plant resistance genes. *The Plant Journal*, 2002. 30(3): p. 361-371.
24. Lokossou, A.A., et al., Exploiting knowledge of R/Avr genes to rapidly clone a new LZ-NBS-LRR family of late blight resistance genes from potato linkage group IV. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 2009. 22(6): p. 630-641.
25. Song, J., et al., Gene RB cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight. *Proceedings of the national academy of sciences*, 2003. 100(16): p. 9128-9133.
26. Van Der Vossen, E., et al., An ancient R gene from the wild potato species *Solanum bulbocastanum* confers broad-spectrum resistance to *Phytophthora infestans* in cultivated potato and tomato. *The plant journal*, 2003. 36(6): p. 867-882.
27. Foster, S.J., et al., Rpi-vnt1. 1, a Tm-22 homolog from *Solanum venturii*, confers resistance to potato late blight. *Molecular plant-microbe interactions*, 2009. 22(5): p. 589-600.
28. Pel, M.A., et al., Mapping and cloning of late blight resistance genes from *Solanum venturii* using an interspecific candidate gene approach. *Molecular plant-microbe interactions*, 2009. 22(5): p. 601-615.
29. Jones, D.A., et al., Isolation of the tomato Cf-9 gene for resistance to *Cladosporium fulvum* by transposon tagging. *Science*, 1994. 266(5186): p. 789-793.
30. Bouwmeester, K., et al., The Arabidopsis lectin receptor kinase LecRK-I. 9 enhances resistance to *Phytophthora infestans* in Solanaceous plants. *Plant Biotechnology Journal*, 2014. 12(1): p. 10-16.
31. Ron, M. and A. Avni, The receptor for the fungal elicitor ethylene-inducing xylanase is a member of a resistance-like gene family in tomato. *The Plant Cell*, 2004. 16(6): p. 1604-1615.
32. Bendahmane, A., et al., Agrobacterium transient expression system as a tool for the isolation of disease resistance genes: application to the Rx2 locus in potato. *The Plant Journal*, 2000. 21(1): p. 73-81.
33. Du, Z.-W., et al., Generation and expansion of highly pure motor neuron progenitors from human pluripotent stem cells. *Nature communications*, 2015. 6: p. 6626.
34. Kang, B.C., et al., The pvr1 locus in *Capsicum* encodes a translation initiation factor eIF4E that interacts with Tobacco etch virus VPg. *The Plant Journal*, 2005. 42(3): p. 392-405.
35. Kanyuka, K., et al., Evidence that the recessive bymovirus resistance locus rym4 in barley corresponds to the eukaryotic translation initiation factor 4E gene. *Molecular Plant Pathology*, 2005. 6(4): p. 449-458.
36. Nicaise, V., et al., The eukaryotic translation initiation factor 4E controls lettuce susceptibility to the potyvirus Lettuce mosaic virus. *Plant Physiology*, 2003. 132(3): p. 1272-1282.
37. Yoshii, M., et al., The Arabidopsis cucumovirus multiplication 1 and 2 loci encode translation initiation factors 4E and 4G. *Journal of Virology*, 2004. 78(12): p. 6102-6111.
38. Paal, J., et al., Molecular cloning of the potato Gro1-4 gene conferring resistance to pathotype Ro1 of the root cyst nematode *Globodera rostochiensis*, based on a candidate gene approach. *The Plant Journal*, 2004. 38(2): p. 285-297.
39. Duan, H., C. Richael, and C.M. Rommens, Overexpression of the wild potato eIF4E-1 variant Eval elicits Potato virus Y resistance in plants silenced for native eIF4E-1. *Transgenic research*, 2012. 21(5): p. 929-938.
40. Ruffel, S., et al., A natural recessive resistance gene against potato virus Y in pepper corresponds to the eukaryotic initiation factor 4E (eIF4E). *The Plant Journal*, 2002. 32(6): p. 1067-1075.
41. Baum, J.A., et al., Control of coleopteran insect pests through RNA interference. *Nature biotechnology*, 2007. 25(11): p. 1322.
42. Huang, G., et al., Engineering broad root-knot resistance in transgenic plants by RNAi silencing of a conserved and essential root-knot nematode parasitism gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2006. 103(39): p. 14302-14306.
43. Sindhu, A.S., et al., Effective and specific in planta RNAi in cyst nematodes: expression interference of four parasitism genes reduces parasitic success. *Journal of experimental botany*, 2008. 60(1): p. 315-324.
44. Yadav, A., et al., Functional finishing in cotton fabrics using zinc oxide nanoparticles. *Bulletin of Materials Science*, 2006. 29(6): p. 641-645.

45. Huang, S. and D.E. Ingber, Cell tension, matrix mechanics, and cancer development. *Cancer cell*, 2005. 8(3): p. 175-176.
46. Vossen, E.A., et al., The Rpi-blb2 gene from *Solanum bulbocastanum* is an Mi-1 gene homolog conferring broad-spectrum late blight resistance in potato. *The Plant Journal*, 2005. 44(2): p. 208-222.
47. Papp, I., S. Dulai, and C. Koncz, A mutation in the Cap Binding Protein 20 gene confers drought. *Plant molecular biology*, 2004. 55(5): p. 679-686.
48. Kamenova, I., et al., Transgenic resistance of Bulgarian potato cultivars to the Colorado potato beetle based on Bt technology. *Agronomy for sustainable development*, 2008. 28(4): p. 481-488.
49. Lee, K.-R., et al., Glycoalkaloids and metabolites inhibit the growth of human colon (HT29) and liver (HepG2) cancer cells. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2004. 52(10): p. 2832-2839.
50. Jahan, S.N., et al., Plant-mediated gene silencing restricts growth of the potato late blight pathogen *Phytophthora infestans*. *Journal of experimental botany*, 2015. 66(9): p. 2785-2794.
51. Cabello, R., et al., Large-scale evaluation of potato improved varieties, genetic stocks and landraces for drought tolerance. *American Journal of Potato Research*, 2012. 89(5): p. 400-410.
52. MacKerron, D. and R. Jefferies, The distributions of tuber sizes in droughted and irrigated crops of potato. I. Observations on the effect of water stress on graded yields from differing cultivars. *Potato Research*, 1988. 31(2): p. 269-278.
53. Monneveux, P., D.A. Ramírez, and M.-T. Pino, Drought tolerance in potato (*S. tuberosum* L.): Can we learn from drought tolerance research in cereals? *Plant Science*, 2013. 205: p. 76-86.
54. Weisz, R., J. Kaminski, and Z. Smilowitz, Water deficit effects on potato leaf growth and transpiration: utilizing fraction extractable soil water for comparison with other crops. *American Potato Journal*, 1994. 71(12): p. 829-840.
55. Yuan, B.-Z., S. Nishiyama, and Y. Kang, Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of drip-irrigated potato. *Agricultural water management*, 2003. 63(3): p. 153-167.
56. Kierzkowski, D., et al., The Arabidopsis CBP20 targets the cap-binding complex to the nucleus, and is stabilized by CBP80. *The Plant Journal*, 2009. 59(5): p. 814-825.
57. Pieczynski, M., et al., Down-regulation of CBP80 gene expression as a strategy to engineer a drought-tolerant potato. *Plant biotechnology journal*, 2013. 11(4): p. 459-469.