|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **EJONS**  Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi  International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences | | |
| Research / Review Article | e-ISSN: 2602 - 4136 | https://doi.org/ |

|  |  |
| --- | --- |
| Bitki Islahında Kullanılan Moleküler Marker Sistemleri | |
| Mustafa XXX \*1, Eda XXX 2 | |
| 1 X Üniversitesi, Y Fakültesi, Z Bölümü, Sivas, Türkiye  2 X Üniversitesi, Y Fakültesi, Z Bölümü, Sivas, Türkiye  Sorumlu Yazar Email: | |
| **Makale Tarihçesi** | **Özet:** Bitki ıslahı, tarımsal üretimde verim, kalite ve hastalıklara dayanıklılık gibi önemli özelliklerin geliştirilmesini hedefler. Geleneksel ıslah yöntemleri zaman alıcı ve çevresel faktörlerden etkilenebilir nitelikteyken, moleküler marker sistemleri bu süreci daha hızlı, hassas ve güvenilir hale getirmiştir. Moleküler markerlar, bitki genomu üzerindeki spesifik DNA bölgelerinin tanımlanmasını sağlar ve bu sayede istenilen özelliklerin genetik düzeyde izlenmesine olanak tanır. RFLP, RAPD, AFLP, SSR, ISSR, SNP ve DArT gibi farklı marker sistemleri, çeşitli avantaj ve dezavantajlara sahip olup, genetik haritalama, genetik çeşitliliğin analizi, marker destekli seleksiyon (MAS) ve kuantitatif özellik lokuslarının (QTL) belirlenmesi gibi birçok alanda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu derlemede, bitki ıslahında kullanılan başlıca moleküler marker sistemleri karşılaştırmalı olarak ele alınmış, kullanım alanları ve tarımsal biyoteknolojiye katkıları özetlenmiştir. |
| Geliş:  Kabul: |
| **Anahtar Kelimeler** |
| RFLP,  SNP,  MAS |
| Molecular Marker Systems Used in Plant Breeding | |
| **Article Info** | **Abstract:** Plant breeding aims to improve key traits such as yield, quality, and resistance to diseases in agricultural crops. While traditional breeding methods can be time-consuming and influenced by environmental conditions, molecular marker systems have significantly enhanced the speed, precision, and reliability of breeding programs. These markers allow for the identification of specific DNA regions within the plant genome, enabling the tracking of desirable traits at the genetic level. Marker systems such as RFLP, RAPD, AFLP, SSR, ISSR, SNP, and DArT each have their own advantages and limitations and are widely utilized in genetic mapping, diversity analysis, marker-assisted selection (MAS), and the identification of quantitative trait loci (QTL). This review summarizes the main molecular marker systems used in plant breeding, compares their features, and highlights their contributions to agricultural biotechnology. |
| Received:  Accepted: |
|  |
| **Keywords**  RFLP,  SNP,  MAS |

**1. Giriş**

Tarımın temel yapı taşlarından biri olan bitki ıslahı, insanlığın yerleşik hayata geçmesinden itibaren sürekli gelişim göstermiştir. Bitki ıslahı, genetik varyasyonlardan yararlanarak bitkilerin verim, kalite, hastalık ve zararlılara dayanıklılık, çevresel streslere tolerans gibi agronomik özelliklerinin iyileştirilmesini amaçlayan bilimsel bir süreçtir. Geleneksel ıslah yöntemleri, fenotipik gözlemlere dayalı seçimlerle yürütülmekte olup, bu yöntemler genellikle zaman alıcıdır ve çevresel koşullardan büyük ölçüde etkilenmektedir. Bu durum, yeni çeşitlerin geliştirilmesini zorlaştırmakta ve ıslah sürecini yavaşlatmaktadır.

Moleküler biyoteknolojideki gelişmeler sayesinde, ıslah çalışmalarında DNA düzeyinde bilgi sağlayan moleküler marker (işaretleyici) teknolojileri yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu marker sistemleri, genetik materyal üzerinde bulunan polimorfik bölgeleri hedef alarak genetik varyasyonların hızlı ve doğru bir şekilde belirlenmesine olanak tanır. Böylece, istenilen özellikleri taşıyan bireylerin daha erken dönemde tespit edilmesi ve bu bireylerin ıslah programlarına dahil edilmesi mümkün hale gelmiştir. Moleküler markerlar, sadece genetik haritalama ve çeşit tanımlama gibi amaçlarla değil; aynı zamanda marker destekli seleksiyon (MAS), genomik seleksiyon ve kuantitatif özellik lokuslarının (QTL) haritalanması gibi ileri düzey ıslah uygulamalarında da etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

**2. Materyal ve Yöntem**

Bu çalışma, bitki ıslahında kullanılan moleküler marker sistemlerinin teknik temellerini, avantaj ve dezavantajlarını, kullanım alanlarını ve ıslah çalışmalarındaki rollerini ortaya koymak amacıyla yürütülmüş bir **literatür derlemesidir.** Çalışmanın yöntemi, konuya ilişkin güncel ve bilimsel içerik taşıyan ulusal ve uluslararası kaynakların taranmasına dayanmaktadır.

**Tablo 1.** Marker çeşitleri

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| A | C | E | G | I |
| B | D | F | H | İ |

**3. Bulgular ve Tartışma**

Çalışmada kullanılan veriler; Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, Web of Science ve TÜBİTAK ULAKBİM gibi bilimsel veri tabanlarında yer alan makaleler, tezler ve kitaplar aracılığıyla elde edilmiştir. Tarama sırasında şu anahtar kelimeler kullanılmıştır:

* "molecular markers in plant breeding",
* "DNA marker systems",
* "MAS in crops",
* "RFLP, RAPD, AFLP, SSR, SNP, DArT",
* "bitki ıslahı ve moleküler genetik".



**Şekil 1.** DNA sarmal yapısı

Elde edilen kaynaklar doğrultusunda, yaygın olarak kullanılan moleküler marker sistemleri (RFLP, RAPD, AFLP, SSR, ISSR, SNP, DArT) teknik açıdan sınıflandırılmış; her bir marker sisteminin:

* Kullanım prensibi,
* Uygulama alanları,
* Avantaj ve dezavantajları,
* Islah çalışmalarına katkısı gibi özellikleri karşılaştırmalı tablolar ve özet bilgiler aracılığıyla analiz edilmiştir.

Farklı marker sistemlerinin buğday, mısır, pirinç, domates, pamuk gibi önemli tarım bitkilerinde kullanımına dair örnek vakalar ele alınmış; bu markerların kullanıldığı QTL haritalama, marker destekli seleksiyon (MAS) ve genetik çeşitlilik analizleri değerlendirilmiştir.

**4. Sonuçlar**

Moleküler marker teknolojileri, bitki ıslahında geleneksel yöntemlerin karşılaştığı sınırlamaları büyük ölçüde aşarak, ıslah sürecinin daha hızlı, güvenilir ve hedef odaklı yürütülmesini sağlamıştır. Bu çalışma kapsamında incelenen RFLP, RAPD, AFLP, SSR, ISSR, SNP ve DArT gibi marker sistemleri, her biri farklı teknik özellikler sunmakla birlikte, çeşitli ıslah amaçları için önemli avantajlar sağlamaktadır. Özellikle SSR ve SNP markerlarının yüksek polimorfizm gücü, tekrar edilebilirlikleri ve genetik haritalama çalışmalarına uygunlukları, bu sistemleri modern ıslah programlarının vazgeçilmez bileşenleri haline getirmiştir. Moleküler marker sistemlerinin en önemli katkılarından biri de, marker destekli seleksiyon (MAS) ve kuantitatif özellik lokuslarının (QTL) belirlenmesi gibi stratejilerin uygulanabilirliğini artırmasıdır. Bu sayede, verim, kalite, stres toleransı ve hastalık direnci gibi karmaşık özelliklerin kontrolünde görev alan gen bölgeleri daha erken evrede tanımlanarak, ıslah süreci büyük ölçüde hızlandırılmaktadır.

**Yazarların Katkı Beyanı (varsa)**

**Çıkar Çatışması Beyanı (varsa)**

**Finansman (varsa)**

**Etik Kurul Onayı (varsa)**

**Açıklama (varsa)**

**Kaynaklar**

Abdel-Nasser, M., Mahmoud, K., 2019. Accurate photovoltaic power forecasting models using deep LSTM-RNN. *Neural Computing and Applications*, 31(7): 2727–2740.

Anonymous, 2025a. Our World in Data. (<https://ourworldindata.org/>), (Access Date: 01.01.2025).

Anonymous, 2025b. Türkiye Electricity Production-Transmission Statistics. (<https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>), (Access Date: 01.01.2025).

Badwawi, R., Al Abusara, M., Mallick, T.K., 2015. A Review of hybrid solar pv and wind energy system. *Smart Science*, 3(3): 127–138.

Bou-Rabee, M., Sulaiman, S.A., Saleh, M.S., Marafi, S., 2017. Using artificial neural networks to estimate solar radiation in Kuwait. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72: 434–438.

Cai, T., Duan, S., Chen, C., 2010. Forecasting power output for grid-connected photovoltaic power system without using solar radiation measurement. *2nd International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems PEDG 2010*, pp. 773–777.

Chen, C., Duan, S., Cai, T., Liu, B., 2011. Online 24-h solar power forecasting based on weather type classification using artificial neural network. *Solar Energy*, 85(11): 2856–2870.

Dandil, E., Gürgen, E., 2017. Prediction of photovoltaic panel power output using artificial neural networks learned by heuristic algorithms: A comparative study. *2nd International Conference on Computer Science and Engineering UBMK 2017*, pp. 397–402.

Diagne, M., David, M., Lauret, P., Boland, J., Schmutz, N., 2013. Review of solar irradiance forecasting methods and a proposition for small-scale insular grids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27: 65–76.