

İKLİM DEĞİŞİMİNİN BİYOLOJİK ETKİLERİ

İKLİM DEĞİŞİMİNİN GENETİK ETKİLERİNE GİRİŞ (Banu Şebnem Önder - 24/10/2018)

İklim değişiminin genetik etkilerine başlamadan önce bazı kavramları tanımlamak ilerleyen derslerde kolaylık sağlayacaktır. Bu kavramlar;

1. Adaptasyon
2. Doğal Seleksiyon
3. Evrim
4. Adaptasyon Genetiğidir.

Populasyonların Adaptasyonu ve Evrimi:

Doğada organizmaların hayatta kalmasını sağlayan organizmaların karşılaştıkları çevrelere karşı gösterdikleri adaptasyonlardır. Eğer bir populasyonda varyasyonlar varsa adaptasyon meydana gelir.

Bilindiği üzere mutasyon, bir bireyin genetik yapısında tesadüfi meydana gelen değişikliklerdir. Genetik bilgidaki bu mutasyonlar faydalı, zararlı veya etkisiz olabilirler. Zararlı olan mutasyonlar üreme dönemi öncesi öldürücü etkiye veya üreme başarısında düşüklüğe neden oluyorsa populasyonda frekansı zamanla düşer ve yok olur. Bunun dışında avantaj sağlayan ve etkisiz mutasyonlar gelecek nesillere aktarılır. Avantajlı olanların frekansı zamanla populasyon içerisinde artar.

EVİRİM

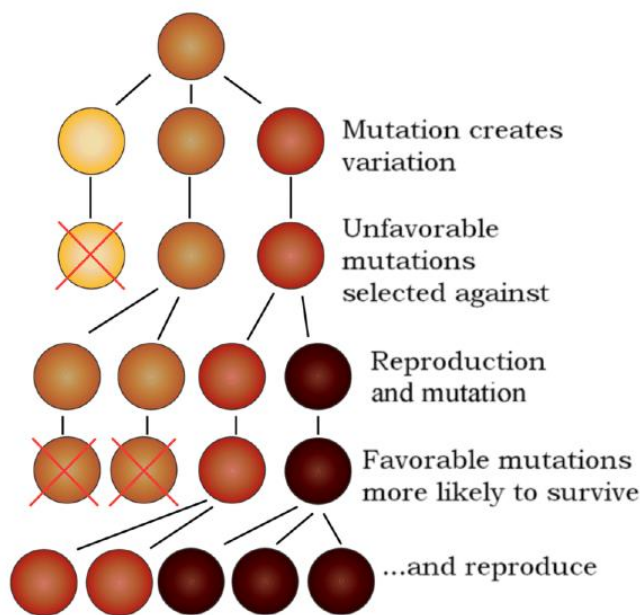
Evrım, populasyonun genetik yapısındaki değişikliklerin zaman içinde birikmesidir. Evrim, bir soya ait olanların atalarından çok farklı olmasına neden olur. Sonunda, yeni bir türün ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu süreç zaman içerisinde kendiliğinden ve sürekli olarak meydana gelmektedir.

DOĞAL SELEKSİYON

Bir populasyonda hayatta kalmak konusunda daha avantajlı olanların yani fitness'ı (uyum başarısı) daha yüksek olanlar kalıtsal özelliklerini gelecek

nesillere daha çok aktarabilir. Böylece daha uyumlu olan bireyler popülasyonda yaygınlaşır. Bu “doğal seleksiyon” olarak adlandırılır ve evrimin gerçekleşebileceği bir süreçtir.

Özelliklerin ne kadar yararlı olduklarına bağlı olarak bir populasyonda az ya da çok yaygınlaşabilir (Şekil 1). Doğal seleksiyon hem pozitif hem de negatif varyasyonlara dayanır ve organizmaların adapte olmasına ve gelişmesine yardımcı olur.



Şekil 1. Bir populasyonda belirli bir çevrede meydana gelen doğal seleksiyonun şematik gösterimi.

ADAPTASYON

Bir popülasyonda bulunduğ u çevrede uyum başarısı en yüksek olan bireyler o çevreye adapte olur diğ er bir deyiş le uyum sağ lar. Adaptasyon, doğ al seç ilimin bir sonucudur ve tür iç i varyasyonlar doğ al seleksiyonun etki ettiğ i ham materyallerdir. Yani adaptasyon bir popülasyonun sahip olduğ u genetik varyasyon tarafından belirlenir.

Çevre, populasyon üzerinde etkili seçici bir kuvvettir.

İklim Değişimi:

Dünya iklimi, dünya tarihi boyunca sıcak ve soğuk dönemler geçirmiştir. Şu anda son buzul çağından sonraki ısınma çağını yaşıyoruz. Ancak, 1800'lerden bu yana özellikle insan faaliyetlerine bağlı olarak meydana gelen ısınma ön görülenden oldukça fazla olarak gerçekleşmektedir. Biz bu dramatik durumu "küresel ısınma" olarak adlandırıyoruz.

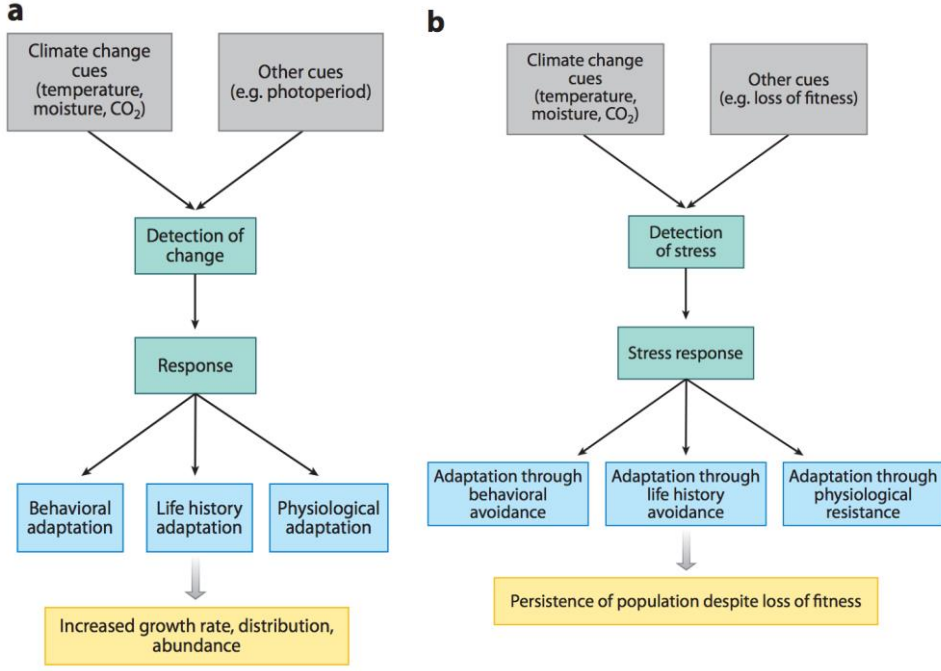
Küresel olarak meydana gelen bu iklim değişiminin hızlı gerçekleşmesi canlıları olumsuz etkilemektedir. Bu hızlı değişimlere türlerin verdiği cevaplar değişiklik göstermektedir. Örneğin birçok türün bolluğu ve dağılımının etkilendiği, yine yaygın olarak birçok türün fizyolojisinin ve davranışının değiştiği görülmektedir. İklim değişiminin ekolojik ve bazı biyolojik etkileri hakkında oldukça fazla bilgi sahibi olmamıza rağmen genetik etkileri hakkında çok az bilgi sahibiyiz. İklim değişimi evrime neden olmaktadır. Özellikle organizmanın tanıdığı seçim örüntülerinin değişmesi, yani koşulların hızla değişmesinin sonucu olarak evrime neden olan doğal seleksiyonu daha kısa bir zaman aralığında meydana gelmektedir. Küresel ısınmanın avantajlı bir durumu kısa bir zaman aralığında meydana gelen iklim değişimine adaptasyonun genetik temelini anlamak için bir fırsat sunmasıdır. Bilim insanları bu fırsatı hem bazı mekanizmaların anlaşılması hem de iklim değişimi karşısında canlıların karşı karşıya olduğu tehlikeleri ön görmek ve engellemek için kullanmaktadır.

İklim değişimi adaptif evrime neden olmaktadır. Örneğin vücut büyüklüğü, termal cevap, dispersal kapasitesi, diyapoz ve üreme zamanı gibi karakterlerin birçok türde küresel ısınmaya bağlı olarak evrim geçirdiği görülmektedir.

Evrime, mevcut genetik varyasyon üzerine seçim ile meydana gelmektedir. Diğer taraftan iklim değişimi kalıtlanabilir epigenetik değişikliklerin meydana gelmesine ve hızlı bir evrim modu için bir alternatif olma potansiyeline de sahiptir.

Başka bir açıdan bakınca "evrimin" populasyonları iklim değişiminin etkilerinden kurtarabilir. Ancak, bu durumun yaygın olarak ortaya çıkacağına ve dolayısıyla iklim değişiminin bir kitlesel yok oluşa ve genetik biyoçeşitlilik kaybına yol açmayacağına dair henüz bir kanıt bulunmamaktadır. Buna karşın aslında, yeni bir meta-analiz, iklim değişikliği nedeniyle kuzey bitkilerinin genetik çeşitliliğinde büyük kayıplar öngörmektedir. Kurgulanan senaryolar

temelde iki tanedir. Birine göre **populasyonlar bu durumdan avantaj sağlayabilir ve dağılımlarını genişletebilirler** (Şekil 2 A), diğerine göre ise **populasyonlarda yok oluşlar gerçekleşebilir, evrimsel değişim çevresel değişkenlere verilen cevaplarda alternatif yollar geliştirebilir** (Şekil 2 B).



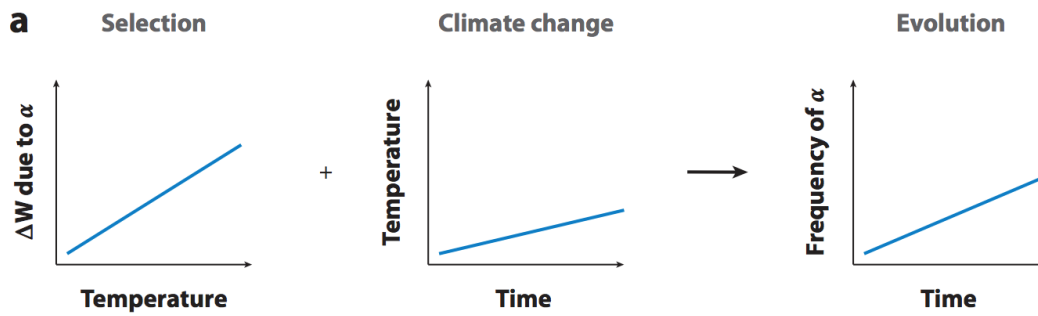
Şekil 2. İklim değişimi karşısında populasyonların verebileceği olası tepkilerin şematik gösterimi.

Organizmalar iklim değişimine karşı iki yol ile evrimleşebilir:

- 1) Populasyonların yeni koşullardan yeni veya artan kaynakları kullanacak biçimde avantaj sağlamak üzere evrimleşmesi (Şekil 2A).
- 2) populasyonların en uygun adaptasyona sahip olmadığı yeni koşulları tolere etmek için evrimleşmesi (Şekil 2B).

Organizmalar yeni kaynaklara ulaşmak için dağılım alanlarını genişletebilir veya aktif oldukları periyodu genişletebilirler. Örneğin, birçok canlı iklimle uyumlu olarak daha yüksek enlem veya rakımlara doğru genişler. Belki bu coğrafi genişleme dispersal yeteneğinin artmasına doğru bir seçilime neden olmaktadır. Artan mevsim süreleri birçok türün göç ve üreme örüntülerini değiştirmektedir. Uygun olmayan koşullarla başa çıkma yolunu seçen populasyonlarda ise ekstrem koşullara dayanıklı olanların seçilmesi yönünde bir baskı oluşacaktır.

Örneğin alfa aleli termal tolerans ile ilgili bir özelliğe etki etsin (Şekil 3). Bu aleli taşıyan bireylerin termal toleransları yüksek olsun ve bu alel artan sıcaklıkta uyum başarısını (örneğin; yaşayabilme ve üreme başarısı) yükseltsin. Zamanla herhangi bir sıcaklık artışı durumunda bu alele sahip bireyler avantajlı olacaklardır. Bu basit modelde alel frekansındaki artışı anlamak ve tahmin etmek için, iklim değişikliğinin tercih ettiği alellerin, farklı iklim koşullarında uyum başarısına olan etkileriyle birlikte tanımlanması gerekmektedir. Ancak bu zor bir süreçtir çünkü organizmalar iklim değişimine evrimsel cevaplardan ziyade fenotipik plastisite ile cevap verir.



Şekil 3. Termal tolerans ile ilişkili hipotetik bir alfa alelinin artan sıcaklık ve zamana bağlı olarak populasyonda frekansının arttırması.

Fenotipik Plastisite Nedir?

Aynı genotipin farklı çevrelerde farklı fenotipik ifadeler üretmesine fenotipik plastisite (fenotipik esneklik) denir. Burada verilen cevabın genetik bir temeli yoktur yani değişen cevapların nedeni genetik değişiklikler değildir. Evrimsel cevaplarda ise fenotipik plastisitenin aksine alel frekanslarında değişiklik vardır. Ancak, fenotipik plastisitenin, yani bir populasyonun esneklik sınırlarının genetik olarak belirlendiğine dair çalışmalar vardır. Bu nedenle iklim değişiminin fenotipik plastisitenin evrimine etki edebildiğine dair kuvvetli görüşler mevcuttur. Eğer esneklik derecesindeki varyasyonun (karakterin kendisindeki varyasyonundan ziyade) genetik temeli varsa, daha yüksek plastisiteye yol açan aleller artan iklimsel varyasyonlarda organizmanın uyum sağlamasına neden oluyorsa tercih edilebilirler.

ÇEVRESEL DEĞİŞİME VERİLEN ADAPTİF GENETİK CEVABI ANLAMAK YAKLAŞIM VE TEKNİKLER

Çevresel değişime verilen adaptif genetik cevabı anlamak için kullanılan birçok yaklaşım ve teknik vardır. Bunlar temel olarak iki ana başlık altında toplanmaktadır. Birincisi doğal populasyon karşılaştırmalarına dayanan metotlar, ikincisi ise değiştirilmiş populasyon karşılaştırmalarına dayanan metotları içermektedir. Kullanılan bu metotlar ve bunların avantaj ve dezavantajları aşağıda özetlenmiştir.

A. Doğal populasyon karşılaştırmalarına dayanan metotlar

1. Klinal karşılaştırmalar

Klinler boyunca (enlem, yükseklik) bulunan populasyonların karşılaştırılması.

Avantajları / Dezavantajları

Örnekleri hemen toplamak mümkündür. Evrimsel geçmiş ve lokal adaptasyonun avantajlarını kullanır.

Örüntülerin iklim değişikliğini veya diğer faktörleri yansıtıp yansıtmadığını belirlemek her zaman mümkün değildir.

2. Doğal Evrim

Zamana bağlı olarak doğal populasyonların karşılaştırmaları sonucu farklılaşmalarına dayanır.

Avantajları / Dezavantajları

Hangi populasyonların günümüzde iklimsel değişikliklere adapte olduğuna dair tek kaynak.

Genellikle hızlı evrimleşme için doğal örneklerin bulunması zordur.

3. Populasyonların genom taramaları

Beklenen nötraliteden daha fazla farklılaşmış belirteçleri (marker) belirlemek için birçok belirtecin dahil olduğu populasyon karşılaştırmaları.

Avantajları / Dezavantajları

Uygulanması nispeten kolaydır, farklı tipte belirteçler kullanılabilir, seçilim ve populasyon arasındaki etkiler için doğrudan bir karşılaştırma sağlar.

Farklılaşma görülen belirteçler, bağlantı dengesizliğine (linkage disequilibrium) bağlı olarak seçilim altındaki belirteçten uzak olabilir.

4. Doğal populasyonlardan DNA sekans karşılaştırmaları

Mikroarrayler üzerinde DNA hibridizasyonu veya genomda yüksek oranda farklılaşan alanlarını tanımlamak için kullanılan teknikleri içerir, genellikle klin uç noktaları kullanılır.

Avantajları / Dezavantajları

Adaptif ayırmaya dahil olan genom parçalarını tarafsız bir değerlendirmesini sağlar (kullanılan yaklaşımın teknik sınırları dahilinde).

Adaptif fenotipik varyasyona bağlamak zor olabilir; farklılıklar tarihsel süreçlerle ilişkili olabilir.

5. Bilinen Genetik Polimorfizmler

İklimsel adaptasyon ile ilişkili polimorfizmlerin zamansal olarak değişimi takip edilir.

Avantajları / Dezavantajları

Adaptif fonksiyonu bilinen polimorfizmlerdeki değişiklikleri tanımlayabilir.

İncelenen polimorfizmlerin karakterler üzerinde küçük etkileri olabilir; genomun çoğunu yok sayar.

6. Bilinen Morfolojik Polimorfizmler

Genetik temeli bilinen bir fenotipin zamana bağlı olarak takip edilmesi

Avantajları / Dezavantajları

Fenotipler genellikle pigmentasyondaki değişikliklerde olduğu gibi adaptif fonksiyonlarla kolayca ilişkilendirilebilir.

Sadece belirli bir polimorfizm sınıfına uygulanabilir.

B. Değiştirilmiş popülasyon karşılaştırmalarına dayanan metotlar

1. Yapay Seleksiyon ve Deneysel Evrim

İklim değişimi ile ilişkili karakterler direkt olarak seçilir (yapay seçilim), ya da popülasyonlar iklim değişimini simüle eden ortamlarda tutulur (deneysel evrim).

Avantajları / Dezavantajları

Karakterler doğru bir şekilde tanımlanabilir, seçilim baskıları ayarlanabilir. Çaprazlar ve sekans karşılaştırmaları doğal ortamları yansıtan seçilimin genetik temelini değerlendirmek için kullanılabilir; Potansiyel adaptasyon oranları değerlendirebilir.

Yapılan seçilimin sınırları populasyon tarafından belirlenir ve trade-off'ları yansıtmayabilir.

2. Aday Gen Karşılaştırmaları

Bilinen polimorfizmlere veya DNA sekanslarına dayanan, adaptif ayrılma için aday olan gen grupları.

Avantajları / Dezavantajları

Belirli bir gen ve polimorfizm arasında direk bir bağlantı kurmayı sağlar; karakterlerin etkileri fonksiyonel çalışmalar ile doğrulanabilir.

Özellikle promotor bölgede ya da regülatör bölgede yer alan kritik polimorfizmi izole etmek zor olabilir.

3. Transkriptom Karşılaştırmaları

Gen ifade mikroyarrayleri (sadece bazı hedef genler için de kullanılabilir).

Avantajları / Dezavantajları

İleri adaptif çalışmalar için klin uçları ve populasyonlar arasında farklılık gösteren gen ve gen networklerini belirler.

Gen ifadesine etkisi olmayan adaptif cevapları tespit edemez.

4. Kantitatif Karakter Lokusu (QTL)

Soylar genetik olarak homozigot hale getirilir ve kantitatif karakterler için karşılaştırmalar yapılır.

Avantajları / Dezavantajları

Aynı soy hatları birçok karakter için kullanılabilir. Sekanslanmış soy hatları birçok amaç için kullanılabilir.

Soylar tipik olarak kendileşmiştir. Bu durum soylarda kendileşme depresyonunun olacağına işaret eder.

5. İlişkilendirme Haritalaması

İklim değişimi adaptasyonu ile ilişkili kantitatif karakterler ile genetik belirteçler karşılaştırılır.

Avantajları / Dezavantajları

Outbred populasyonlarda yapılır, kısa üreme zamanına gerektirmemektedir ve tüm genomu kapsar.

Birden fazla belirteç mevcut olduğunda birçok sinyal elde edilir.