BÖLÜM 6

POPULASYON YAPISI

Populasyon; ekolojinin temel kavramlarından biridir. Kısaca, belirli bir alanda bulunan ve potansiyel olarak tek bir üreme birliği oluşturan, aynı türün bireylerinin oluşturduğu bir grup olarak tanımlanabilir. Populasyonlar, kavramsal varlıklar olmalarına rağmen yine de gerçektirler. Bir gen havuzu, hem zamansal hem de mekansal olarak süreklidir. Belirli bir populasyona ait olan organizmalar, yakın bir ataya ve potansiyel olarak kendi aralarında üreme yeteneğine sahiptir. Populasyon, alternatif olarak, diğer bir populasyondaki bireylerle çiftleşme olasılığına göre birbirleriyle çiftleşme olasılığı daha yüksek olan bir bireyler grubu olarak tanımlanabilir.

Populasyon tek düze değildir; aksine, kendisinin daha kararlı hale gelmesini sağlayan, uyumunu artıran bazı yapısal ya da ekolojik varyasyonlara sahip, küçük alt birimlerin oluşturduğu bir grup olarak görülmektedir. Bu nedenle evrimsel olaylar sadece uzun süreçte, populasyonlar içinde gerçekleşir; tek tek bireylerin evrimleşmesi söz konusu değildir. Bu nedenle evrim ve ekoloji çalışmalarının odak noktasını populasyon oluşturur.

Populasyon yapısı birbiri ile ilişkili fakat birbirinden ayrı iki birimden oluşur: (1) Demografik yapı, (2) Genetik Yapı. Populasyonun demografik yapısı, doğum, ölüm, dispersal, çiftleşme ve hayat-döngüsü ile ilişkili tüm süreçleri kapsar. Genetik yapı ise populasyondaki genetik varyasyonun dağılımı şeklinde tanımlanabilir. Genetik yapı populasyonun demografik yapısından etkilendiği gibi aynı zamanda seçilim, rekombinasyon ve mutasyon gibi süreçler tarafından da belirlenir. Doğada seçilim baskılarının populasyonların genetik yapıları üzerindeki etkilerini anlayabilmek için seçilimin; populasyonların dispersal, çiftleşme, hayatta kalma başarıları gibi yaşam öyküsü parametrelerini nasıl etkilediği bilinmeli ya da bir başka değişle populasyonun **demografik yapısı** analiz edilmelidir. Çünkü bir alanda geçekleşen evrimsel sürecin mekanizmasını ve nedenlerini anlayabilmek için organizmanın ekolojisi ve biyolojisi hakkında detaylı bilgi edinilmesi şarttır.

Populasyonun genetik yapısının belirlenmesi ile ilgili yöntemler çok geniş kapsamlı ve bu yöntemlerin uygulamasında karşılaşılan olanak eksikliğinden dolayı bu laboratuar kapsamında populasyon yapısının sadece demografik alt birimi incelenecektir.

DEMOGRAFİK YAPI

Populasyonlar, kavramsal varlıklar olmalarına rağmen yine de gerçektirler. Bir gen havuzu, hem zamansal hem de mekansal olarak süreklidir. Belirli bir populasyona ait olan organizmalar, yakın bir ataya ve potansiyel olarak kendi aralarında üreme yeteneğine sahiptir. Populasyon, alternatif olarak, diğer bir populasyondaki bireylerle çiftleşme olasılığına göre birbirleriyle çiftleşme olasılığı daha yüksek olan bir bireyler grubu olarak tanımlanabilir. Böyle populasyonlar aynı zamanda **deme** olarak adlandırılır ve demelerin temel istatistikleriyle ilgili olan çalışmalara **demografi** denir.

Populasyon, bireylere uygulanamayacak istatistiksel ölçümleri içeren çeşitli grup özelliklerine sahiptir. Sürekli olarak değişen ve ölçülebilen bir karakteri (boy ya da kilo gibi) düşündüğümüzde, ele alınan populasyonun bir ortalaması ve bir varyansı olacaktır. Herhangi bir birey, sadece tek bir değere sahiptir, ancak bireylerden oluşan populasyon hem bir ortalamaya hem de bir varyansa sahiptir. Bizim için en önemli temel populasyon özelliği populasyonun büyüklüğü ya da yoğunluğudur. Doğum (natalite), ölüm (mortalite), içe göç (imigrasyon) ve dışa göç (emigrasyon) birincil populasyon parametreleridir ve bir populasyon ele alınmadığı sürece belirlenmeleri imkansızdır. Populasyonlar ayrıca, doğum ve ölüm oranları, yaş yapısı, eşey oranı, gen frekansı, genetik çeşitlilik, gelişme oranları, gelişme tipleri ve yoğunluk gibi özelliklere de sahiptir. Bu nedenle, ister eşeyli ister eşeysiz üresinler, organizmaları populasyon seviyesinde düşünmek, bireylerin aktiviteleriyle ilgili bakış açımızı genişletir.

HAYAT TABLOLARI

Belirli bir türde, populasyon yoğunluğunun neden azaldığını ya da arttığını sorduğumuzda aslında populasyon parametrelerinden hangisinin ya da hangilerinin değiştiğini soruyoruz demektir.

Mortalite, populasyon büyüklüğünü etkileyen dört kilit parametreden biridir. Bir populasyonda mortalitenin nasıl oluştuğunu özetlemek için bir tekniğe ihtiyacımız vardır. Mortalite, jüvenil organizmalar arasında mı yüksektir? Yaşlı hayvanlar, gençlere göre daha yüksek bir ölüm oranına mı sahiptir? Bu tip soruları bir hayat tablosu düzenleyerek cevaplayabiliriz. Hayat tablosu, bir populasyonun mortalite durumunu açıklayabilmek için uygun bir formattır. Hayat tabloları, ilk olarak sigorta şirketleri için çalışan demograflar tarafından, insanların ne kadar süre yaşayabildiklerini tespit edebilmek için kullanılmıştır. *Hayat tablosu, bir populasyon üzerinde etkili olan mortalite oranlarının yaşa özgü bir özetidir* (Krebs, 1985).

Southwood (1984) iki tip hayat tablosu önermiştir:

1. <u>Yaşa Özgü (Horizontal, Cohort) Hayat Tablosu</u> : Böcekler gibi çok döl veren, jenerasyonlar arasında duraksama olmayan organizmalar için bu tip hayat tabloları kullanılır. Sürekli üreyen ya da jenerasyonların çakıştığı bir populasyonda, yaşa özgü mortalite ve doğurganlığı (fekonditeyi) belirlemenin en güvenilir yolu, aynı zaman aralığında doğan bir grup bireyin geleceğini takip etmektir. Böyle bir grup **cohort** olarak adlandırılır.
2. <u>Zamana Özgü (Vertical) Hayat Tablosu</u> : Memeliler gibi az döl veren, jenerasyonları arasında duraksama olan organizmalar için kullanılır.

Hayat tablosundaki sütunlar, harflerle sembolize edilir ve bu semboller ekolojide sıklıkla kullanılır.

x (gün)	lx	%lx	dx	%qx	mx (hipotetik)	mx (gözlenen)	lxmx (hipotetik)	lxmx (gözlenen)	mx1 (hipotetik)	mx1 (gözlenen)	lxmx1 (hipotetik)	lxmx1 (gözlenen)	Xlxmx (hipotetik)	Xlxmx (gözlenen)	Xlxmx1 (hipotetik)	Xlxmx1 (gözlenen)	ex	Vx	1/β
0-44	yumurta - larva - pupa süresi (gün)																		
45-46	25	1.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.82	1.12	0.80
47-48	25	1.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.82	1.39	0.64
49-50	25	1.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.82	1.73	0.52
51-52	25	1.00	2	0.08	1.48	1.54	1.48	1.54	1.10	1.14	1.10	1.14	76.96	80.04	57.20	59.49	2.94	2.16	0.40
53-54	23	0.92	7	0.28	4.00	4.16	3.68	3.83	3.00	3.12	2.76	2.87	198.72	206.67	149.04	155.00	2.38	2.93	0.26
55-56	16	0.64	6	0.24	14.41	14.99	9.22	9.59	12.31	12.80	7.88	8.19	516.45	537.11	441.19	458.84	2.08	5.24	0.14
57-58	10	0.40	5	0.20	8.40	8.74	3.36	3.49	3.65	3.80	1.46	1.52	194.88	202.68	84.68	88.07	1.87	10.45	0.06
59-60	5	0.20	2	0.08	6.40	6.66	1.28	1.33	5.10	5.30	1.02	1.06	76.80	79.87	61.20	63.65	1.63	26.05	0.03
61-62	3	0.12	2	0.08	25.17	26.18	3.02	3.14	8.67	9.02	1.04	1.08	187.26	194.76	64.50	67.08	1.25	54.10	0.01
63-64	1	0.04	1	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
65-66	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	Ro
mx (gözlenen)	22.92
mx1 (gözlenen)	15.87
mx (hipotetik)	22.04
mx1 (hipotetik)	15.26

	X				X + D			
	mx (gözlenen)	mx (hipotetik)	mx1 (gözlenen)	mx1 (hipotetik)	mx (gözlenen)	mx (hipotetik)	mx1 (gözlenen)	mx1 (hipotetik)
rm	0.110	0.109	0.098	0.097	0.062	0.061	0.055	0.054

X = Tc / 2 X + D = Tc + ergin öncesi süre

Tc* = 56,757	d = 0,189
Tc' = 56,218	b/d = 1,584
Σ Vx* = 105,17	rm/b = 0,369
$\overline{ex}$ = 2,51	λ = 1,116
b = 0,299	λ' = 1,103

*gün

x	lx	%lx	dx	%qx	Lx	Tx	ex
0-44	yumurta - larva - pupa süresi (gün)						
45-46	25	1.00	0	0.00	25.00	155.50	6.22
47-48	25	1.00	0	0.00	25.00	130.50	5.22
49-50	25	1.00	0	0.00	25.00	105.50	4.22
51-52	25	1.00	0	0.00	25.00	80.50	3.22
53-54	25	1.00	5	0.20	22.50	55.50	2.47
55-56	20	0.80	10	0.40	15.00	33.00	2.20
57-58	10	0.40	4	0.16	8.00	18.00	2.25
59-60	6	0.24	2	0.08	5.00	10.00	2.00
61-62	4	0.16	2	0.08	3.00	5.00	1.67
63-64	2	0.08	1	0.04	1.50	2.00	1.33
65-66	1	0.04	1	0.04	0.50	0.50	1.00
67-68	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00

$\overline{ex}$ = 2,65

x = yaş aralığı

l_x = x yaş aralığında hayatta kalan organizma sayısı

d_x = x yaşından x+1 yaşına kadar ölenlerin sayısı

q_x = x yaşından x+1 yaşına kadarki süre boyunca mortalite oranı

e_x = x yaşının başlangıcında hayatta olan organizmalar için beklenen ortalama ömür uzunluğu

Bir hayat tablosu oluşturulurken verileri (datayı – *data*'nın tekili *datum*) gruplandırmak için yaş aralıklarını belirlemek gerekir. İnsanlar için yaş aralığı 5 yıl, geyikler için 1 yıl, tarla faresi içinse 1 ay olabilir. Yaş aralığı ne kadar kısa tutulursa, hayat tablosu tarafından gösterilen mortalite hakkında o kadar detaylı bilgi edinilir.

Başlangıçta dikkat edilmesi gereken ilk nokta, hayat tablosunun sütunlarından birinin belirlenmesi halinde, geri kalanının hesaplanabileceğidir. Bir başka deyişle l_x, d_x, q_x ve e_x sütunlarından hiçbirinde yeni olan birşey yoktur. Bunların hepsi, bir data setini özetlemenin farklı yollarıdır. Sütunlar arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir:

$$l_{x+1} = l_x - d_x$$

$$q_x = d_x / l_x$$

Beklenen ömür uzunluğunun hesaplanması biraz daha karışıktır. Öncelikle, L_x adı verilen ve her yaş aralığında hayatta olan bireylerin ortalama sayısını elde etmek gerekir.

L_x = x'ten x+1'e kadarki süre boyunca hayatta kalan ortalama birey sayısı

$L_x = (l_x + l_{x+1}) / 2$

Daha sonra L_x'ler hayat tablosunun tepesinden itibaren toplanır ve T_x olarak adlandırılan ve birey süreleri birimleri şeklinde ifade edilen bir değerler seti elde edilir.

$$T_x = \sum_{x}^{\infty} L_x$$

Sonuç olarak, T_x'i birey sayısına (l_x) bölerek, ortalama ömür uzunluğu bulunabilir:

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

Hayat tablolarının en çok kullanılan kısmı, x yaşının başlangıcında hayatta kalanların sayısını gösteren l_x sütunudur. Bu sütun genellikle 1000 bireyden oluşan bir cohort şeklinde ifade edilir. l_x verileri, logaritmik bir skala üzerinde bir hayatta kalma eğrisi şeklinde grafiklendirilir. Kesin sayısal değişiklikler yerine, değişme oranları üzerinde duruluyorsa populasyon verileri bu şekilde grafiklendirilmelidir. Basit bir sayısal örnekle bunu gösterebiliriz:

Bir populasyonun yarısı ölürse,

başlangıç pop. büyüklüğü	ölen sayısı	son pop. büyüklüğü
1000	500	500
500	250	250

250	125	125

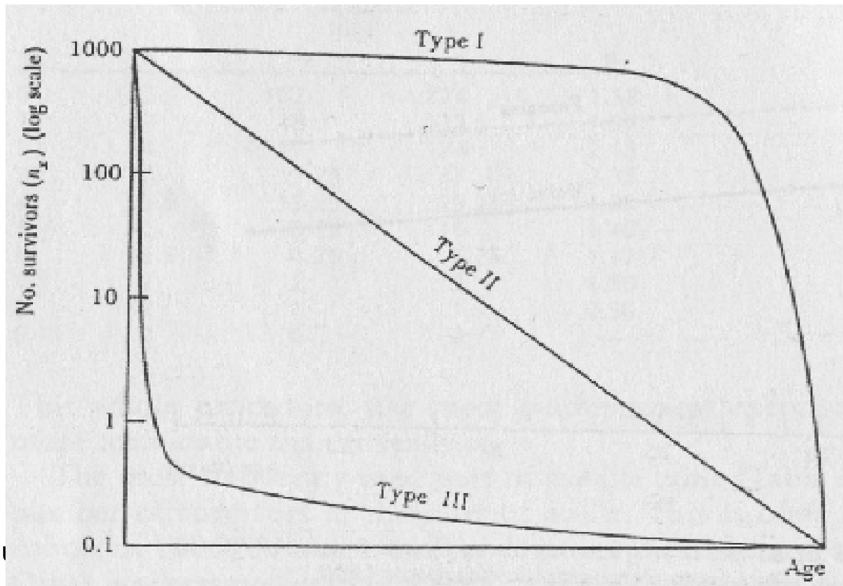
Bütün bu azalmalar logaritmik bir skalada (10 tabanına göre) eşittir:

$$\log(1000) - \log(500) = \log(500) - \log(250)$$
$$3.00 - 2.70 = 2.70 - 2.40$$

Yani, sayısal olarak azalmalar arasındaki fark çok büyük olmasına rağmen, azalma oranları, birbirine eşittir.

Hayat tablosu ekolojide ilk defa Raymond Pearl (1921) tarafından kullanılmıştır. Pearl (1928), üç temel hayatta kalma eğrisi tanımlamıştır. **Birinci tip eğri**, hayat döngüsünün büyük bir kısmında çok az ölüm olan ve daha sonra yaşlı organizmalar arasında yüksek ölüm gerçekleşen populasyonlara aittir. **Diyagonal hayatta kalma eğrisi (tip 2)**, yaştan bağımsız, sabit bir ölüm oranını gösterir. **Üçüncü tip eğriler**, hayat döngüsünün başlangıcındaki yüksek ölüm oranını takip eden çok daha düşük ve bağıl olarak sabit ölümlerin gerçekleştiği bir periyoda işaret eder.

Şekil 5.1



Hiçbir popu erine sahip değildir; ancak bazıları bu üç tipe benzerlik gösterir. Gelişmiş ülkelerde, insan populasyonları birinci tipe benzer bir eğriye sahip olma eğilimindedir. Bir çok kuş türü populasyonu ikinci tipte bir eğriye sahiptir. Populasyonların çoğu, birinci ve ikinci tipler arasındaki bir alana düşer. Erken jüvenil evrelerde yüksek ölüm oranının gerçekleştiği periyot, sıklıkla bu ideal birinci ve ikinci eğrileri değiştirir. Üçüncü tip eğriler bir çok balık, deniz omurgasızı ve parazit türlerinde görülür.

Buraya kadar elde ettiğimiz hayat tablosu verilerini kullanarak populasyona ait doğal artış kapasitesi (r_m), net üreme oranı (R_0) ve jenerasyon zamanı (T_c) gibi değerleri hesaplayabiliriz.

Doğal artış kapasitesi: Bir hayat tablosu, bir populasyonun mortalite durumunu özetler. Net populasyon değişikliklerini belirlemek için önce mortalitenin belirlenir. Sonra üreme-mortalite hesaplamalarını birleştirmek gerekir ki bunun için populasyonun üreme oranı ve teknikleri üzerinde durmak gerekir. Populasyonların üreme ve mortalite verilerini birleştirmenin bir yolu **doğal artış kapasitesi** olarak adlandırılan demografik parametrenin kullanılmasıdır.

Belirli bir çevrede bulunan her populasyonun ortalama bir ömür uzunluğu ya da hayatta kalma oranı, ortalama bir natalite oranı yani doğum oranı ve ortalama bir bireysel gelişme oranı ya da hızı olacaktır. Bu ortalama değerler, kısmen çevresel, kısmen de organizmanın içsel özellikleriyle belirlenir. Bu özellikler sabit olmadıkları için kolayca ölçülemezler, ancak bunların özel koşullar altındaki ifadeleri değerlendirilebilir ve bu şekilde her populasyonun doğal artış kapasitesi **(Malthusian Parametresi)** belirlenebilir. Doğal artış kapasitesi, bir populasyonun istatistiksel bir özelliğidir ve çevresel koşullara bağlıdır.

Doğada çevresel koşullar sürekli olarak değişiklik gösterir. Her zaman uygun ya da elverişsiz değildir; bu iki uç arasında değişir. Koşullar uygun olduğu zaman, populasyonun doğal artış kapasitesi pozitif bir değer alır. Elverişsiz koşullarda doğal artış kapasitesi negatif bir değer alır. Hiçbir populasyonun sonsuza dek artmayacağı açıktır.

Doğada, populasyon içindeki yaş dağılımına, sosyal yapıya ve genetik kompozisyona ve çevresel faktörlerdeki değişikliklere verilen bir cevap olarak pozitiften negatife (ve tersine) sürekli olarak değişim gösteren aktüel (gerçek) bir artış oranı gözlemlenir. Buna karşılık laboratuarda olumsuz hava koşulları, predatör ve parazitleri elenir, ideal besinler sağlanır. Bu yapay koşullarda,kontrollü olarak "doğal artış kapasitesi (r_m)" gözlemlenebilir. Ancak bu durum, doğadaki durumu anlamak bakımından r_m'in kullanışsız olduğu anlamına gelmez. Bu hesaplama, doğada gözlenen aktüel artış kapasitesiyle bir karşılaştırma yapabilme imkanını verdiği için önemlidir.

Bir organizmanın r_m'i fekonditesine, ömür uzunluğuna ve gelişim hızına bağlıdır. Tüm populasyonlar için bu değerler, ölüm ve doğum oranlarının bulunmasıyla hesaplanır.

Hem doğum hem de ölüm oranı yaşa bağlı olarak değiştiği için populasyonun hangi oranda artıp azaldığını nicel (kantitatif) olarak hesaplamak güçtür.

Alfred Lotka, populasyon büyüklüğü üzerinde bazı matematiksel analizler yapmış, 1925'te **artışın doğal oranı** adını verdiği, ölüm ve doğum oranlarında yaşa bağlı olarak gözlenen değişiklikleri hesaplamak için bir fonksiyon geliştirmiştir.

Hayat tablosunun r_m değerini hesaplayabilmek için gerekli olan kısmı, x yaşına kadar hayatta kalmış bireylerin sayısını veren l_x sütunudur. Benzer olarak, bir populasyonun doğum oranı en iyi şekilde, doğumların yaş tarifesi olarak ifade edilir. Bu, birim zamanda x yaşındaki dişiler tarafından üretilen dişi döllerin sayısını veren bir tablodur ve **fertilite (verimlilik) tablosu** ya da **m_x fonksiyonu** olarak adlandırılır. Fertilite tablosu, her yaş grubu (aralığı) boyunca hayatta kalan herbir dişi başına üretilmesi beklenen dişi döl sayısını verir. Elimizdeki bu datayla, kullanışlı bir istatistik olan **net üreme oranı (R_0)**'nı bulabiliriz. Net üreme oranını, aşağıdaki şekilde tanımlarız:

R_0=(t+1) jenerasyonunda doğan kız çocukları sayısı / t jenerasyonunda doğan kız çocukları sayısı

Bu nedenle, R_0 her jenerasyon için çoğalma oranıdır ve her yaş grubundaki l_x ve m_x sütunlarının çarpımlarının toplanmasıyla elde edilir:

$$R_0 = \sum_{0}^{\infty} l_x \, m_x$$

Bu şekilde doğum oranı, her yaş grubu için hayatta kalması beklenenlerin oranı olarak ifade edilmiş olur. Eğer tüm bireyler hayatta kalıyorsa R_0, m_x sütununun toplamı olacaktır.

$R_0 = 1$ ise populasyon durağan,

$R_o < 1$ olduğu zaman populasyon azalıyor,

$R_0 > 1$ olduğu zamansa populasyon çoğalıyor demektir

Hayatta kalma ve fekonditenin yaşa özgü oranlarını ifade eden bu iki tablonun (fertilite ve hayat tablosu) varlığında, bu oranların sabit kaldığı ve populasyon üzerinde hiçbir limitin olmadığı varsayıldığında, bu oranlara sahip bir populasyonun hangi oranda artacağı öğrenilmek istenebilir. Hayatta kalma ve fekondite oranları yaşa bağlı olarak değiştiği için populasyonun aktüel doğum ve ölüm oranları, var olan yaş dağılımına bağlı olarak değişir. Bu durumda populasyonun artış oranını hesaplamadan önce, **(1)** yaşa özgü hayatta kalma oranlarını (l_x), **(2)** yaşa özgü doğum oranlarını (m_x) ve **(3)** yaş dağılımını belirlemek gerekir. Ancak Lotka (1922), sabit doğum ve ölüm oranlarına maruz kalan bir populasyonun, başlangıç yaş dağılımı ne olursa olsun, dereceli olarak fikse olmuş ya da kararlı bir yaş dağılımına ulaşacağını ve bu yaş dağılımını sınırsız koruyacağını göstermiştir. Populasyon, bu kararlı yaş dağılımına ulaştığında, aşağıda belirtilen diferansiyel eşitliğe göre sayıca artış gösterecektir.

$$\frac{dN_t}{dt} = r_m N$$

(birim zamanda sayısal değişme oranı)=(doğal artış kapasitesi)x(populasyon büyüklüğü)

Aynı eşitlik, integral olarak da ifade edilebilir:

$$N_t = N_0 e^{rm}$$

N_0	=	0 anındaki (başlangıçtaki) birey sayısı
N_t	=	t anındaki birey sayısı
e	=	2.71828 (sabit)
r_m	=	belirli çevresel koşullardaki doğal artış kapasitesi
t	=	zaman

Bu, genişleyen bir populasyondaki geometrik artış (ya da r_m negatif ise azalış) eğrisini tanımlayan bir eşitliktir. Örneğin, N_0 = 100 (başlangıç populasyonu), r_m = her yıl dişi başına 0.5 olsun. Takip eden populasyonlar aşağıdaki gibi olacaktır:

0	$(100)e^{0}$	=	100
1	$(100)e^{0.5}$	=	165
2	$(100)e^{1.0}$	=	272
3	$(100)e^{1,5}$	=	448
4	$(100)e^{2.0}$	=	739
5	$(100)e^{2.5}$	=	1218

Şöyle özetleyebiliriz: **1.** Her yaş aralığında sabit doğum ve ölüm oranlarına sahip bir populasyon, geometrik olarak artış gösterecektir. **2.** Bu geometrik artış, **'kararlı yaş dağılımı'** olarak adlandırılan fikse olmuş ve değişmeyen bir yaş dağılımını ortaya çıkaracaktır.

Bu noktaları göstermek için basit bir model organizma ele alalım. Organizmamız üç yıl yaşadıktan sonra ölen, partenogenetik bir hayvan olsun. 1 yaşındayken 2 genç birey, 2 yaşındayken 1 genç birey üretirken, 3 yaşındayken hiç genç birey üretmemektedir.

Model hayvanımıza ait bu biyolojik datayı kullanarak r_m'ini hesaplayabiliriz. l_x ve m_x sütunlarındaki data, doğal artış kapasitesini hesaplamak için yeterlidir. Bunun için de öncelikli olarak R_0 değerini hesaplamak gerekir. Bizim model hayvanımızda R_0 = $\sum_0^4 l_x m_x$ = 3.0 olarak bulunur ki bu da populasyonun her jenerasyonda büyüklüğünü 3 kat artırdığı anlamına gelir. Bir jenerasyonun ortalama süresi **(T_c)** ebeveynlerin doğumu ile döllerin doğumu arasında geçen ortalama süredir. Döller belirli bir süre boyunca doğdukları (ama aynı anda doğmadıkları) için bu süre sadece yaklaşık bir belirlemedir. Bir jenerasyonun ortalama uzunluğu, yaklaşık olarak aşağıdaki gibi hesaplanır (Dublin ve Lotka, 1925):

$$(T_c) = \frac{\sum l_x m_x x}{\sum l_x m_x} = \frac{\sum l_x m_x x}{R_0}$$

Model organizmamız için (T_c) = 4.0 / 3.0 = 1.33 yıl olarak bulunur.

Her jenerasyon için çoğalma oranını (R_0) ve her jenerasyonun süresini (T_c) bildiğimizde r_m değerini doğrudan hesaplayabiliriz:

$$r_m = \frac{\log_e(R_0)}{T_c}$$

Model organizmamız için $r_m = \frac{\log_e(3.0)}{1.33}$ = 0.824 (her yıl için, her birey başına) olarak buluruz.

Jenerasyon süresi, yaklaşık bir değer olduğu için bu r_m değeri, jenerasyonlar çakıştığında sadece yaklaşık bir değer olur.

Doğal artış kapasitesi, Lotka (1907, 1913) tarafından geliştirilen formülün çözülmesiyle daha doğru (kesin) bir şekilde hesaplanabilir:

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r_m} l_x m_x \mathbf{= 1}$$

r_m için deneme değerleri kullanarak bu eşitliği çözebiliriz. Model hayvanımız için r_m = 0.824 olarak tahmin etmiştik. Bu değeri yukarıdaki eşitliğe koyduğumuzda, 1'den küçük çıktığını görürüz. Daha sonra r_m yerine 0.85, ... ve diğer değerleri koyduğumuzda, r_m = 0.881'in $\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r_m} l_x m_x$ = 1.004 eşitliğini sağladığını görürüz ki bu da yeterli bir yaklaşık değerdir. Mertz (1970) bu formüllerin daha kolay tartışılabilmesi için başka bir formül türetmiştir. Doğal artış kapasitesi anlık bir değerdir ve aşağıdaki formülle sınırlı bir orana dönüştürülebilir:

$$\text{Artışın sınırlı oranı} = \lambda = e^{rm}$$

Model organizmamız için r_m = 0.881 ise her yıl birey başına λ = 2.413 olacaktır. Yani, bu yıl var olan her birey için gelecek sene 2.413 birey olacaktır.

Sonuç olarak üzerinde tartıştığımız doğal artış kapasitesi kavramı, doğadan soyut olarak ele aldığımız bir kavramdır. Doğada kararlı yaş dağılımlarına sahip ya da yaşa özgü sabit mortalite ve fertilite oranlarına sahip populasyonlar bulamayız. Bu nedenlerle, doğal populasyonlarda gözlemlediğimiz aktüel artış oranı, teorik olarak hesapladığımızdan daha karmaşıktır.

Hayat tablosu ve fertilite tablosu çevresel koşullardan çok fazla etkilendikleri için çevresel koşulların değerlendirilmesinde kullanılabilirler.

Üreme değeri: Hayat tabloları ve fertilite tabloları bir dişi bireyin gelecek populasyona yapacağı katkıyı belirlemek için kullanılabilir. Bu, x yaşındaki bir dişinin üreme değeri olarak adlandırılır ve büyüklük olarak kararlı olan bir populasyon için;

$$\text{x yaşındaki üreme değeri} = V_x = \sum_{t=x}^{w} \frac{l_t}{l_x} m_t$$

şeklinde hesaplanır. t ve x yaşı, w ise son üreme yaşını gösterir. Burada ele aldığımız 0 yaşındaki üreme değeri, daha önce bahsettiğimiz net üreme oranı (R_0) ile aynıdır.

Üreme değeri, yaşam öyküsü özelliklerinin evriminde önemlidir. Doğal seçilim yüksek üreme değerine sahip yaş sınıfları üzerinde daha güçlü bir etkiye sahip olurken, düşük üreme değerine sahip olanlarda daha zayıf bir etkiye sahiptir.

Yaş Dağılımları: Yaş dağılımının doğal artış kapasitesiyle ilişkili olduğunu daha önce tartışmıştık. Sabit bir yaşa özgü mortalite ve fertilite oranına sahip, geometrik olarak büyüyen bir populasyonun, kararlı bir yaş dağılımına sahip olacağını ve bunu koruyacağını belirtmiştik. Kararlı yaş dağılımı, hayat tabloları ve fertilite tablolarının herhangi bir seti için hesaplanabilir. Kararlı yaş dağılımı aşağıdaki gibi belirlenir:

C_x = geometrik olarak artan bir populasyonda, (x) – (x+1) yaş kategorisi içindeki organizmaların oranı.

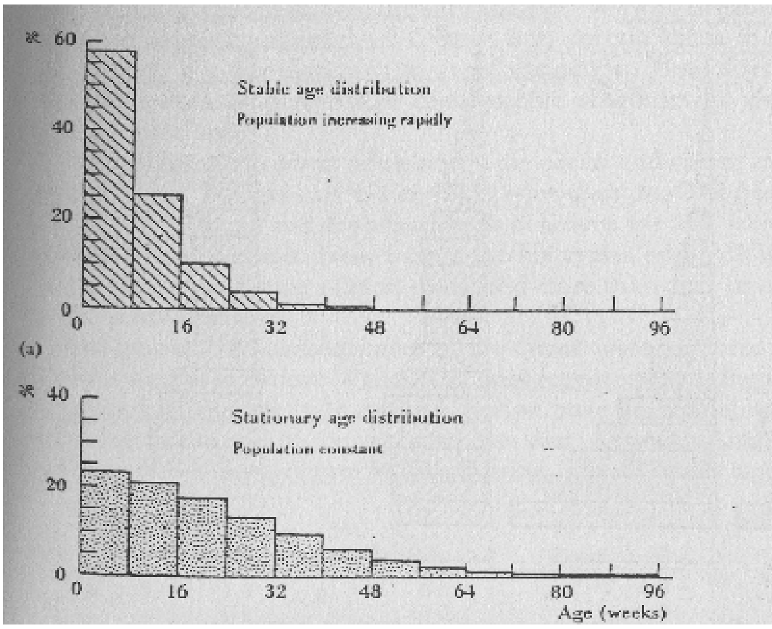
$$\text{Mertz (1970) } C_x = \frac{\lambda^{-x} l_x}{\sum_{i=0}^{\infty} \lambda^{-i} l_i} \text{ olduğunu belirtmiştir.}$$

$\lambda = e^{rm}$ = sınırlı artış oranı

l_x = hayat tablosundaki hayatta kalma fonksiyonu

x,i = yaşı belirten üsler

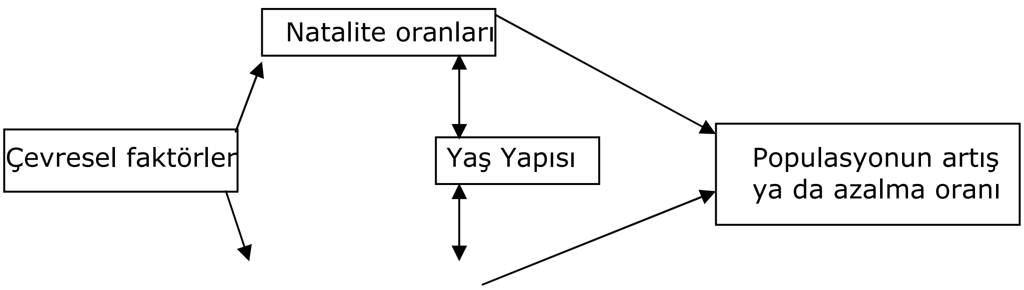
Sabit bir büyüklüğe ulaşmış, doğum oranı ölüm oranına eşit populasyonlar, aynı zamanda kararlı (hayat tablosu yaş dağılımı) yaş dağılımı denilen, fikse olmuş bir yaş dağılımı sergilerler ve hayat tablosunda L_x olarak ifade edilen bu dağılımı korurlar. Bu



dağılım hipotetiktir ve doğum oranı tam **Şekil 5.2**

olarak ölüm oranına eşitse, belirli bir mortalite (q_x) oranları setinde bir populasyonun yaş kompozisyonunun ne olabileceğini gösterir.

Bunlar bir populasyonda, sabit bir yaş yapısının sağlandığı durumlardan sadece ikisidir. Diğer koşullar altında populayon sabit bir yaş yapısı sergilemez, zaman içinde değişir. Doğal populasyonlarda yaş yapısı neredeyse sabit olarak değişir. Populasyonlar, sınırsız olarak artış göstermediği için kararlı bir yaş yapısına sahip doğal bir populasyonu nadiren bulabiliriz. Populasyonlar, uzun süre sabit bir fazda nadiren kaldıklarından dolayı, kararlı bir yaş dağılımını da sıklıkla göremeyiz. Bu ilişkileri aşağıdaki gibi gösterebiliriz:



Mortalite oranı

Yaş kompozisyonu hakkında elde edilen bilgi bir populasyonun durumunun değerlendirilmesinde kullanılabilir. Artış gösteren populasyonlar tipik olarak genç birey predominansına sahipken, kararlı ya da azalan populasyonlar için böyle bir dominansiden söz etmek mümkün değildir.

Doğal populasyonlarda daha fazla varyasyon görülür. Uzun ömürlü türlerde, örneğin ağaçlarda ve balıklarda dominant yıl sınıfları bulunabilir. Bu gibi durumlarda yaş kompozisyonu bir yıldan diğerine büyük değişiklik gösterebilir.

Özet: Bir hayat tablosu, bir populasyon üzerinde etkili olan mortalite oranlarının yaşa özgü bir özetidir. Hayat tabloları önemlidir, çünkü mortalite her yaş grubu üzerinde eşit olarak etkili değildir.

Bir populasyonun üreme oranı, yaşa bağlı olarak görülen üremeyi özetleyen bir fertilite tablosu olarak tanımlanabilir. Bir populasyon için doğal artış kapasitesi, belirli bir çevresel koşul için hayat tablosu ve fertilite tablosunun birleştirilmesiyle elde edilir. Bu kavram, önemli bir demografik prensibi ortaya koyar: Sabit doğum ve ölüm oranlarına sahip bir populasyon,

1. doğal artış kapasitesine eşit bir oranda, geometrik olarak artar,
2. fikse olmuş ya da kararlı bir yaş dağılımına sahip olur,
3. bu dağılımı sınırsız olarak korur.

Bir populasyonun yaş dağılımı, sadece geometrik artış süresince ve sabit bir populasyon büyüklüğü süresince sabittir (kararlı yaş dağılımı). Diğer koşullar altında, yaş dağılımı – doğal populasyonlar için genel bir durum olan – zaman içinde kaymalar gösterir.

Demografik teknikler, yıllık bir hayat döngüsüne sahip olmak ile mevsimsel bir hayat döngüsüne sahip olmanın populasyon üzerindeki etkilerini karşılaştırmak bakımından kullanışlıdır. Bir organizma tekrarlı üremeye sahip olmakla ne kazanır? Her jenerasyonda bir çok kez üreyen bir türde populasyon artışı için çok az bir kazanç vardır ve tekrarlı üreme, zigottan ergin evreye kadarki sürede hayatta kalma başarısının, belirsiz bir şekilde fazla ya da az olabileceği türlerde, koşullara verilen evrimsel bir cevap gibi görünmektedir. Bu nedenle de bir organizma, şansını bir çok kez üremeden yana kullanır.

LABORATUAR UYGULAMASI 5

Konu: Hayat tablosu deneyleri

Amaç: 20 ve 28°C sıcaklık koşullarına maruz bırakılan bir böcek türünün bu koşullar altındaki üreme kapasiteleri ve hayatta kalma başarılarının ortaya çıkarılması amacıyla iki farklı sıcaklık için kurulmuş olan hayat tablosu modelleri kullanılacaktır.

Analiz

Modelde böcek türünün yumurta, larva, pupa ve ergin evrelerini temsil eden 5 farklı renkte boncuklar kullanılacaktır. Deneye her bir sıcaklık koşulunda 25 ergin birey içeren F_0 soyları ile başlanacaktır. Bu soy günlük olarak takip edilerek birey sayısında meydana gelen değişiklikler ve her gün bırakılan yumurta sayısı **F_0 Sayım Çizelgesine** kayıt edilecektir. F_0 soyundan elde ettiğimiz yumurtalar toplanarak başka bir kaba aktarılacaktır. Farklı günlerde bırakılan yumurtalar farklı kaplara konacaktır ve gelişimleri ayrı olarak takip edilecektir. Bu oluşturulan yeni kaplar F_1 soyumuzu temsil etmektedir. F_1 soyları yumurtadan son ergin çıkışına kadar günlük olarak takip edilecek ve meydana gelen değişiklikler **F_1 sayım çizelgesine** kayıt edilecektir. Her bir yumurta kabında meydana gelen değişiklikleri farklı çizelgelere kayıt etmeyi unutmayınız!

F_0 ve F_1 soylarına ait elde ettiğiniz verileri kullanarak 20°C ve 28°C'deki populasyonlarınız için **Hayat Tablosu Çizelgesini** doldurarak populasyonlarınıza ait aşağıdaki parametreleri hesaplayınız:

1) Ro
2) rm
3) Tc
4) Eşey Oranı
5) Ortalama yumurta açılıma süresi
6) Ortalama larva süresi
7) Ortalama pupa süresi
8) Ergin ömür uzunluğu (dişi-erkek)
9) Larva, pupa ve erginleşme oranları

20 °C SICAKLIK KOŞULU ÇALIŞMA ÇİZELGELERİ

F_0 Sayım Çizelgesi

20 °C	Ergin	Yumurta
1. Gün		
5. Gün		
9. Gün		
13. Gün		
17. Gün		
21. Gün		
25. Gün		

F_1 Sayım çizelgesi (1)

20 °C	Yumurta	Larva	Pupa	Ergin	
				Dişi	Erkek
1. Gün					
5. Gün					
9. Gün					
13. Gün					
17. Gün					
21. Gün					
25. Gün					
Toplam					

F_1 Sayım çizelgesi (2)

20 °C	Yumurta	Larva	Pupa	Ergin	
				Dişi	Erkek
1. Gün					
5. Gün					
9. Gün					
13. Gün					
17. Gün					
21. Gün					
25. Gün					
Toplam					

28 °C SICAKLIK KOŞULU ÇALIŞMA ÇİZELGELERİ

F_0 Sayım Çizelgesi

28 °C	Ergin	Yumurta
1. Gün		
5. Gün		
9. Gün		
13. Gün		
17. Gün		
21. Gün		
25. Gün		

F_1 Sayım çizelgesi (1)

28 °C	Yumurta	Larva	Pupa	Ergin	
				Dişi	Erkek
1. Gün					
5. Gün					
9. Gün					
13. Gün					
17. Gün					
21. Gün					
25. Gün					
Toplam					

F_1 Sayım çizelgesi (2)

28 °C	Yumurta	Larva	Pupa	Ergin	
				Dişi	Erkek
1. Gün					
5. Gün					
9. Gün					
13. Gün					
17. Gün					
21. Gün					
25. Gün					
Toplam					

Hayat Tablosu Çizelgesi

20°C									
x	lx	dx	qx	mx	lxmx	Xlxmx	Lx	Tx	ex
Σ									

Ro = ____________

Rm = ____________

Tc = ____________

Hayat Tablosu Çizelgesi

28°C

x	lx	dx	qx	mx	lxmx	Xlxmx	Lx	Tx	ex
Σ									

Ro =

Rm =

Tc =

Yararlanılan ve Tavsiye Edilen Kaynaklar

Futuyma, D.J. 1998. Evolutionary Biology. Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts U.S.A. pp. 763

Krebs, C.J. 1985. Ecology, s. 235-272.

Edwards, A. L., Donnelly M. A. 2004. Editors. Ecology Laboratory Manual. Version 1.5. Florida International University, Department of Biological Sciences.

Erişöz, Ö. 2004. Farklı Sıcaklıkların *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae)'nin Biyolojisi Üzerine Etkisi. Bilim Uzmanlığı Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı. Pp. 126.