



Dean Madden for the Wellcome Trust

National Centre for Biotechnology Education, University of Reading, 2 Earley Gate, Whiteknights Rd, Reading RG6 6AU UK

Jag är en mask, tag bort mig härifrån

Naturlig selektion av "spaghetti-maskar"

Syfte

Denna laboration visar riktat urval med hjälp av en "open-ended" undersökning. Man undersöker hur vilda fåglar väljer "maskar" gjorda av spagetti.

Introduktion

För etthundrafemtio år sedan publicerade Charles Darwin sin förklaring till varför det finns så många olika levande arter här på jorden, var och en så välanpassad för sin omgivning. Andra hade föresökt att förklara detta tidigare, men i motsats till dessa hade Darwin under många år samlat bevis, som skulle stödja hans teori om evolution genom naturligt urval.

Många tycker att Darwin's förklaring till hur livet har utvecklats (och fortsätter att utvecklas) är den viktigaste teori, som någonsin har utvecklats inom naturvetenskapen. Dessutom är den också mycket enkel - så enkel att en av hans vänner, Thomas Henry Huxley, sa, efter att ha läst *Om arternas uppkomst*:

"... hur utomordentligt dumt att inte ha tänkt på detta".

Darwin's viktigaste idé om hur man skulle förklara evolutionen var naturlig selektion. Han insåg att:

- levande varelser bildar avkomma som varierar - de är inte alla likadana.
- det är brist på resurser (föda, ljus, platser att leva på, fortplantningspartner etc).
- individer som är bäst i "kampen för överlevnad" lämnar flest avkomma och för därmed sina egenskaper vidare till nästföljande generationer.

Organismer med vissa egenskaper blir därför med tiden vanligare, medan andra blir ovanligare och kanske t o m dör ut. Under en lång



KORRESPONDENS TILL

Email:

D.R.Madden@reading.ac.uk

tidsperiod kan dessa små skillnader mellan individer bli till stora skillnader och även till nya arter, som inte längre kan bilda avkomma med ursprungsarten. Undersökningen, som beskrivs här, är en simulering av det naturliga urvalet. Vid undersökningen använder man sig av fåglar - dvs en evolution driven av fåglar.

Evolution driven av fåglar

Metoden som beskrivs här baseras på en metod, som utvecklats av John Allen, hans kollegor och elever mellan slutet 1960-talet och tidigt 1990-tal, för att simulera flera aspekter av naturligt urval [1, 2]. Vid utförandet väljer man olikfärgat byte (spagetti-"maskar"), som väljs ut och äts av fåglar. Öatna "maskar" räknas efter en viss tid och "maskpopulationen" förnyas i proportion till de färger som finns kvar. Efter flera cykler av predation och 'fortplantning', ändrar sig proportionerna mellan färgerna, något som direkt efterliknar det naturliga urvalet. Denna metod var tidigare en välkänd och vanligt använd metod i brittiska skolor, som en praktisk övning i samband med det klassiska exemplet på naturligt urval, som ofta citeras i skolböcker: björkmätaren *Biston betularia* [3].

Detta praktiska försök har många fördelar över andra försök inom evolutionsundervisningen, som t ex datorsimuleringar. Några av fördelarna är, att eleverna aktivt får delta i planeringen av experimentet, delta i analys av data, användningen av verkliga organismer i urvalsprocessen, har låga kostnader och är lätt att förbereda. Experimentet går lika bra att utföra i stads- och landsortsmiljö, och det går också att byta data mellan skolor och/eller klasser.

Experimentet visar urvalet, ett nyckelbegrepp i Darwins utvecklingslära. Man kan också fundera över fåglarnas syn och fjäderdräkternas färger och i samband med detta göra eleverna uppmärksamma på Darwins andra stora utvecklingsprincip - det sexuella urvalet [4].

VIKTIGT

För att få bra resultat i detta experiment är platsen för undersökningen, där man matar fåglarna, mycket viktig. Helst skall platsen vara i närheten av ett fönster (så att man lätt kan observera fåglarna), samt nära till en häck eller till träd, så att fåglarna kan söka skydd (många fågelarter vill inte vistas alltför länge i det öppna landskapet). För att fåglarna lätt skall kunna äta, skall området helst inte störas under dagen, varken av människor eller predatorer som t ex katter. Om "maskarna" försvinner under natten är den troligaste orsaken nattdjur, som råvar, katter eller råttor. Om någon av dessa faktorer orsakar problem, kan det vara bra att sätta upp ett fågelbord, dit inte rovdjuren når. Man kan eventuellt också sätta upp en webbkamera, så att området kan observeras utan att man stör fåglarna.

Beskrivning av den praktiska aktiviteten

Efter att den lokala fågelpopulationen fått vänja sig vid en ny sorts föda, presenteras ett lika antal av två olika färgade "spagettimaskar" för fåglarna. Varje dag (eller vid regelbundna intervall), skall de återstående "maskarna" fortplanta sig och de två färgerna ersätts i den proportion, som de som finns kvar. Allteftersom tiden går kommer den typ av "maskar" som lämnas oätta av fåglarna att öka och därmed får vi ett riktat urval.

Eleverna skall aktivt vara med att planera experimentet, att sätta upp det, samt att samla och analysera data. Det kan också vara nödvändigt för dem att utföra några undersökningar i början, för att bestämma vilka typer av föda som de lokala fåglarna äter och också bestämma vilken plats som är den bästa att använda.

Arbetet kan utföras av små elevgrupper, men eftersom antalet utfodringsplatser för fåglarna är begränsat, så är det troligen bäst att hela klassen deltar i samma experiment.



Utrustning och material

Detta behövs för varje klass

Torkad spagetti, 500 g
Hushållsfärg, röd, 40 ml
Hushållsfärg, svart, 40 ml
Hushållsfärg, grön, 2 x 40 ml
5 ml pipetter, 3 st (för att fördela hushållsfärgen)
Vildfågelfrön, 500 g
Förslutbara plastpåsar, 50 st (för att förvara "maskar")
Engångshandskar, 25 par (för att handskas med "maskarna", särskilt när man skall ta bort dem från utfodringsplatsen)
Bionedbrytbar tråd, ~10 m (för att markera utfodringsplatsen)
Golf-pegs, 20 (för att markera utfodringsplatsen)
Fågelbok eller fågelplansch
Linjaler, 150–300 mm (för att mäta "maskarna")
Saxar eller relativt trubbiga knivar, *t ex* plastknivar (för att skära spagetti)
Tillgång till handfat för att kunna tvätta händerna samt pappershanddukar

Om eleverna tillverkar sina egna "maskar".

Bunsenbrännare, trefot med nät, samt värmetålig bänkskiva eller värmeplatta
Stora glasbägare eller små kastruller
Skyddsglasögon

Extra

För att ställa i ordning och observera/registrera undersökningen:

Fågelbord

Webbkamera med mjukvara som registrerar rörelse, för att få bilder på fåglarna, när de tar "maskar", t ex; Macintosh: *Evocam* (www.evological.com/evocam.html); Windows: *webcamXP* (www.webcamxp.com).

Digitalkamera för fotografering av utfodringsplatsen.

Kikare

Förberedelser

Om utfodringsplatsen som skall användas inte redan använts som sådan, så är det nödvändigt att först "lära" fåglarna att föda finns på denna plats. Vi föreslår att mat (frön som säljs som vildfågelfrön) läggs ut på utfodringsplatsen varje dag under åtminstone en vecka, helst två veckor, innan försöket påbörjas. Du kan också om du vill lägga ut bröd och andra matrester för att attrahera fler fågelarter till utfodringsplatsen.

Undersökningen sker under flera lektioner; den fordrar att eleverna samlar in data mellan lektionerna och ger också möjligheter till olika efterarbeten (t ex hemarbeten).

Lektion 1: Planera undersökningen

Eleverna måste få en introduktion om naturligt urval och också en allmän översikt till den praktiska undersökningen och dess syfte. Eleverna skall så mycket som möjligt själva vara med och planera detaljerna i undersökningen. Lärarna vill kanske fördela "maskproduktionen", datainsamlingen och andra uppgifter till olika elever eller grupper. Det är också nödvändigt att organisera underhållet av fågelutfodringsplatsen, liksom utsätandet av "maskar".

Beroende på förmåga och motivation i gruppen kan planeringen av försöket omfatta allt eller något av följande.

val av lämpliga "mask"-färger,

val av lämpliga bakgrundsfärger,

val av lämplig plats för fågelutfodringen,

att bestämma hur "maskarna" skall placeras på utfodringsplatsen och hur många som skall placeras,

att bestämma längden på "maskarna" (både för att förebygga att fåglarna plockar "maskarna" på grund av storlek och också så att man kan identifiera halvätta "maskar"),

att bestämma frekvensen av datainsamlingen och när dessa data skall samlas in,

att bestämma metoden för räkning av "maskar" och hur man skall ersätta de som ätits upp,

att bestämma proceduren för hur man skall räkna halv-

ätna "maskar" eller "maskar" som blivit hackade,
att bestämma proceduren för hur man skall räkna de "maskar", som har kastats ut från utfodringsplatsen,
att bestämma hur man skall redovisa de perioder när man inte har möjlighet att samla in data, t ex vid veckoslut,
att bestämma proceduren för hur man skall observera fåglarna (om det är möjligt),
att bestämma proceduren för hur man skall redovisa resultaten,
att bestämma hur resultaten skall presenteras och analyseras.

Byte och bakgrundsfärgning

De flesta undersökningar av denna typ som finns i tidskrifter för undervisning, vill visa vilken effekt bytets skyddsfärg har och visar inte riktat urval. Av denna anledning så ersätts bytet, så att det konstant har ett 1:1 förhållande med avseende på de två färgerna. I en undersökning gjord av Allen, Anderson and Tucker [7] med avseende på skyddsfärgens effekt, användes träbrickor fyllda med färgade stenar och grus som bakgrund, på vilket kakorna, som utgjorde bytet, placerades. Författarna fann, att det var arbetsamt, att producera dessa stenbrickor och att matcha bytesfärgen till bakgrunden. Cooper, Raymond och Allen [6] använde senare enkla och randigt målade brickor som bakgrund. Men dessa försök att matcha byte och bakgrund kan ha varit ineffektiva, på grund av olikheter i människans och fåglarnas seenden. Flera studier har också visat att vissa fågelarter väljer vissa färger på bytet oberoende av bakgrundsfärg [1, 2].

I denna undersökning är syftet att stimulera direkt urval, så att bakgrunden och bytesfärgen är viktiga bara om det är skillnader i hastigheten med vilken de två bytesfärgerna väljs av fåglarna. Färg, relativ ljushet, form, storlek, lukt och smak på bytet kan allt påverka urvalet, liksom faktorer som bytets rörelser (eller brist på rörelser). Det finns idag vissa tecken som tyder på att fåglarnas dubbla koniska struktur i ögat har betydelse för att upptäcka rörelser [8].

Det är inte möjligt för eleverna att undersöka alla faktorer, som kan inverka på bytesurvalet. Det är emellertid viktigt ur undervisningssynpunkt, att eleverna förstår och försöker kontrollera några av dessa faktorer. Eleverna kan t ex göra färgade eller mönstrade skivor, där de kan lägga "maskarna". De flesta vill kanske inte ha allt detta besvär. Ett alternativ är att helt enkelt använda marken (t ex gräs eller barmark), som Allen et al. gjorde i de ursprungliga experimenten. Om man gör så, är det viktigt att märka ut området ordentligt, så att man lätt kan leta efter kvarvarande "maskar". En golf-peg vid

varje hörn och med snöre emellan dessa är tillräckligt för att märka ut utfodringsplatsen och för att försäkra sig om, att det är lätt att hitta och räkna "maskarna".

Allen *et al.* rapporterade att fåglarna i deras studier i allmänhet föredrog bruna före grönfärgade byten. De hade inte någon förklaring till denna iakttagelse. För människor är gröna "maskar" kamouflage färgade mot en grön gräs bakgrund, men fåglar har ett större elektromagnetiskt spektrum. Gröna "maskar" kan fluorescera i ultraviolett ljus, så att de är lätta att se för fåglar. Eleverna kan få leta efter information om fåglarnas seende och välja färg på sina "testmaskar" och också välja den bakgrund de skall placeras på. De kan kanske också vilja testa om vissa färger fluorescerar i UV-ljus. Givetvis ger detta bara en grov uppfattning om hur "maskarna" framträder för fåglarna - men det hjälper till att understryka betydelsen av dessa faktorer för eleverna, när experimentet utformas.

Om det är möjligt vill kanske eleverna utföra ett första försök, för att kunna besluta vilken "mask-" och bakgrundsfärg de skall välja för experimentet (i våra tester har det visat sig att duvor tycks undvika klarröda "maskar", medan mer än 50% av de gröna "maskarna" åts varje dag).

Försöksområdet

I flera undersökningar har man rapporterat att försöksområdet kan göras relativt litet, t o m storleken av ett fågelbord, 500 mm x 500 mm [6] eller 410 mm x 410 mm [7] är möjligt. I våra försök har vi märkt ut två gräsområden: ett 1 m x 1 m och ett annat 2 m x 2 m. Det större området valde vi så, att flera fåglar kunde utfodras samtidigt (en flock stora duvor kom dagligen till platsen). Det tog lång tid att samla och räkna "maskarna" från det större området. Detta kanske inte är något problem om en liten grupp elever utför undersökningen, men det är antagligen enklare att använda ett mindre område, 1 m x 1 m, eller ett ännu mindre fågelbord.

Platsen

Försöksområdet kan antingen vara på marken eller på ett fågelbord (det sistnämnda förhindrar rovdjur). Om man lägger försöksområdet i närheten av människor eller rovdjur kan det givetvis hända att fåglar inte besöker platsen. En idealisk plats är nära ett fönster (så att den går lätt att observera) och nära en häck eller träd där fåglarna kan söka skydd (många arter tycker inte om att vistas öppet alltför länge). Området kan också placeras där man kan observera det med en webbkamera.

Bytestäthet

För att minska effekten av de fel som kan uppstå vid in-

samlingen om man använder alltför få "maskar", är en rätt hög täthet att föredra. I en undersökning, Allen, Anderson och Tucker [7] placerades 40 byten på brickor av storleken 410 mm x 410 mm (20 "maskar" av vardera färg), d v s en bytestäthet på 238 per kvadratmeter, vilket är mycket mer än normalt för skyddsfärgade byten, något som också författarna uppger. Vi föreslår att området och bytestätheten väljs så att datainsamling och beräkning av data underlättas (t ex ett avrundat tal i kvadratmeter och antal bytesdjur som lätt kan omvandlas till procent). Eftersom nivån av predation varierar är det svårt att föreslå en bytestäthet, som fungerar i alla situationer. Vi föreslår att bytena sprids ut så att tätheten blir mellan 50 och 250 per kvadratmeter, beroende på hur stor predationen är och frekvensen av datainsamlingen.

Lektion 2: Preparation av spagetti 'maskar'

Spagetti är en enkel, robust och billig form av byte. Läraren bör förklara hur den färgade pastan är framställd, skuren i maskstorlek och lagrad. Om tillfälle finns kan eleverna själva koka och färga spagetti. (Man kan kanske använda ett kök med kastruller och spis, i stället för att behöva använda Bunsenbrännare, trefot och bågare i ett laboratorium).

Alternativt, kan pastan kokas och färgas av läraren innan försöket. Eleverna kan sedan själva få skära pastan i maskstorlek. Spagettin måste färgas i åtminstone två färger och kokas, därefter skall den skäras i lika stora bitar (50 mm är en lämplig storlek). Om tiden tillåter skall eleverna lägga ut den första omgången "maskar" i försöksområdet under denna lektion. Alternativt, kan maskarna förvaras i väl tillslutna behållare eller plastpåsar, antingen i en kyl (endast några få dagar) eller i en frys, tills de behövs. (Om spagettitrådar är hopklistrade efter förvaringen, så kan man sära dem med hjälp av lite vatten).

Det enklaste och snabbaste sättet att färga spagettin är att tillsätta hushållsfärg till vattnet man kokar spagettin i (utan att tillsätta olja). Spagettin skall sjudas i 10–12 minuter, varefter det färgade vattnet kan hällas av. Vi rekommenderar inte att man använder samma färgade vatten för ett andra eller tredje spagettikok, eftersom färgintensiteten hos spagettin minskar, vilket försvårar reproduktion av försöket, om man skulle vilja göra detta.

Pasta, som färgats på detta sätt, kan hanteras utan att händerna färgas särskilt mycket. Färgen binder till pastan och sitter kvar mycket bra även om det blir kraftig nederbörd.

Olika elever vill utan tvivel prova olika färger och färgintensitet. Vi fann att man kan få en gräsliknande grön färg genom att tillsätta 15 ml grön färg till en liter kokande vatten. En mörkröd/brun färg kan man få genom att blanda 5 ml svart färg och 10 ml röd färg i en li-

ter kokande vatten.

Om vissa elever vill experimentera med sina egna färger, kan man minska volymen av dessa färger genom att använda 250 ml färgat vatten i 500 ml bägare.

Koncentrerad hushållsfärg färgar hud, så det är lämpligt att använda skyddshandskar, när man tillverkar det färgade vattnet. Om bänkar, bord etc. färgas av den koncentrerade färgen, kan man vanligen ta bort den med ett utspätt blekmedel.

Tillräckligt antal "maskar" måste tillverkas, så att man kan ersätta dem varje gång man räknar (se nedan). Eleverna måste förstå hur man räknar antal "maskar", som skall sättas ut i försöksområdet varje dag. Detta kan man förklara under denna lektion.

Utrustning och material

Detta behövs för varje elev eller arbetsgrupp

Torr spagetti (20 strån är tillräckligt för 100 x 50 mm 'maskar'). OBS: "Snabbkokande" spagetti tar inte upp färgen innan den är överkokt och är därför inte lämplig att använda.

Hushållsfärg: 10 ml röd, 15 ml grön (och eventuellt 5 ml svart) användes för att göra bruna och gröna "maskar" enligt ovanstående beskrivning.

5 ml pipetter, för att fördela hushållsfärgen (en för vardera färg)

Bunsenbrännare, trefot med nät eller kokplatta

500 ml glasbägare eller små kastruller, 2 st

Glasstav, sked eller liknande för att röra om i spagettin, när den kokar

Skyddsglasögon (eventuellt)

Sax eller trubbig kniv (t ex en plastkniv) för att skära spagettin i maskliknande bitar

Linjal för att mäta "maskarna"

Plastpåsar eller förslutningsbara burkar, som förvaringskärl för "maskarna"

Ytterligare utrustning som behövs för klassen

Durkslag för att sila de kokta "maskarna"

En klocka för att ta tiden för kokningen

Grytlappar eller handskar för att kunna hantera bägaren med varmt vatten

Tillgång till en kyl eller frys för att kunna förvara "maskarna"

Vattenfast märkpenna för att märka påsarna med "maskarna"

Frivilligt: Chillipulver, som man kan tillsättas "maskarna" för att förhindra att de äts upp av däggdjur

Utförande

Om du inte har fått färdigkokt och färgad spagetti att skära, så skall du använda 5 ml pipetter och noggrant lösa en viss mängd hushållsfärg i en uppmätt volym vatten (ca 15 ml hushållsfärg behövs vanligen per liter vatten). Din lärare kan kanske föreslå volymen av färg, som du skall tillsätta, för att få en viss färgintensitet.

Sätt på dig skyddsglasögon.

Koka upp vattnet.

Tillsätt spagettin. När den mjuknar skall du använda en glasstav eller en sked för att föra ner spagettistråna under vattnet.

Vrid ner värmen så att vattnet precis sjuder. Koka inte spagettin mer än 10–12 minuter, rör om då och då så att spagettin inte fastnar i botten av bägaren eller kastrullen. Om du kokar för länge, blir spagettin mjuk och svår att hantera utan att den trasas sönder; om du inte kokar den tillräckligt länge tar den inte till sig färgen ordentligt. Det är viktigt att koka exakt rätt tid för att få "maskarna" precis lagom.

När spagettin har kokat, stäng av värmen och håll av vattnet och samla upp spagettin i en sil.

Använd en linjal och en sax eller en kniv och klipp spagettistråna i lika längder (vardera ca 50 mm lång). Var försiktig så att du inte sträcker ut "maskarna", när du skär dem. Om du inte har beslutat något annat, så skall de vara av samma längd.

Förvara spagetti-"maskarna" i en märkt plastpåse, så att de inte torkar, tills du skall använda dem. "Maskarna" kan förvaras i en kyl under några dagar eller i en frys, om de skall förvaras under en längre tid. Om "maskarna" har klistrat ihop under förvaringen, så kan de säras åt genom att spola över lite vatten.

Säkerhet

Kommersiella hushållsfärger, som finns i livsmedelsbutiker är säkra för elever att använda. The *Royal Society for the Protection of Birds* (RSPB) i UK har meddelat, att det är acceptabelt att ge fåglar pasta.

När det behövs skall eleverna bära skyddsglasögon, t ex när de kokar vätskan.

Mellan lektionerna, dagligen

Räkna och sätta ut nya "maskar"

Det blir nödvändigt för eleverna, parvis eller i små grupper, att sätta upp en "tjänstgöringsordning" för att räkna och ersätta "maskar" varje dag. Eleverna behöver antagligen göra detta på sin lunchrast eller vid någon annan lämplig tidpunkt.

Det lättaste sättet att göra detta på är att samla in alla återstående "maskar" och dra detta tal från antalet "maskar" som satts ut vid föregående tillfälle. Passande antal nya "maskar" placeras därefter på utfordringsplatsen. *OBS: Det är viktigt att eleverna förstår hur man räknar ut hur många "maskar" av varje sort, som skall återinsättas.* Mellan lektionerna: Placera, räkna och återinsätt "maskarna".

Det finns en viktig nackdel med att använda spagetti i stället för de bakverk som Allen *et al.* föredrog. Efter 24 timmar (eller mindre under soliga och vindiga förhållanden) torkar spagettin ut. Under blöta förhållanden börjar "maskarna" brytas ner efter 48 timmar. Detta innebär att "maskarna" måste bytas ut varje gång de räknas (troligen varje dag). Detta kan vara en fördel, eftersom detta innebär att man måste samla in alla återstående spagetti "maskar" och subtrahera detta antal från det antal som ursprungligen placerats ut. Detta hjälper till att överbrygga ett av de praktiska problem som Allen upplevde, nämligen att "maskar" kan missas eller räknas flera gånger. (Allen föreslog att man skulle använda en träbit eller en käpp som långsamt fördes över undersökningsområdet och bytet räknades när käppen korsade över det).

Utrustning och material

Detta behövs för varje elev eller elevgrupp

Golf-pegs och snöre för att markera utfordringsplatsen eller ett fågelbord

Måttstock eller måttband

Två olika "masksorter", t ex två olika färger

Behållare för att samla "maskarna" i, t ex muggar eller plastpåsar

Engångshandskar

Tvål, vatten och pappershanddukar för handtvätt

EXTRA

Webbkamera med utlösare som reagerar på rörelse, för att ta bilder på fåglar som tar "maskar", t ex Macintosh: *Evocam* (www.evological.com/evocam.html); Windows: *webcamXP* (www.webcamxp.com)

Digitalkamera för att fotografera utfodringsplatsen**Kikare****Fågelbok** eller fågelplansch**Utförande**

A. Placering av "maskarna"

Mät ut en utfodringsplats där du placerar ut "maskarna", markera den t ex med golf-pegs och snöre (om du använder ett fågelbord behöver du inte göra detta).

Placera lika antal av de två sorternas "maskar" på utfodringsplatsen. "Maskarna" sprids troligen slumpvis.

EXTRA: Ta ett foto över området för att märka positionerna och antalet "maskar". Se till att du skriver på fotografiet när det är taget. *Obs att detta endast är möjligt om man har en liten utfodringsplats t ex ett fågelbord.*

EXTRA: Ställ in en webbkamera över området och installera den mjukvara som registrerar rörelse, så att foton endast tas vid dessa tillfällen, vilket gör det möjligt för dig att identifiera vilka fågelarter (eller andra djur), som har besökt utfodringsplatsen.

B. Räkning och återutsättning av "maskar"

EXTRA: Fotografera utfodringsplatsen och använd fotot för att räkna antalet och sorten av de återstående "maskarna". Detta är praktiskt utförbart endast om man har en liten utfodringsplats, som ett fågelbord.

Sätt på dig engångshandskar. Detta är nödvändigt, eftersom fåglar kan sprida sjukdomar.

Samla de två typerna av "maskar" och placera dem i separata behållare eller plastpåsar.

Räkna hur många av vardera sorten "maskar" som finns kvar. Räkna sedan ut hur många "maskar" som har blivit uppätta genom att subtrahera antalet du har räknat från det antal som av båda "masktyperna", som ursprungligen placerats på utfodringsplatsen.

Varje "maskgeneration" innehåller samma totala antal (den totala populationens storlek förändras inte). Förhållandet mellan de två typerna förändras emellertid i varje generation, beroende på hur många som ätits av fåglarna och därmed hur många "maskar" av var sort som är kvar och kan föröka sig. Räkna ut hur många nya "maskar" som nu skall placeras på utfodringsplatsen enligt följande:

Totala antalet "maskar" av båda sorterna som placerats i den sista generationen = N

Antalet "maskar" av Typ 1 (t ex, bruna) som samlats = a

Antalet "maskar" av Typ 2 (t ex gröna) som samlats = b

Totala antalet "maskar" som samlats (av båda typerna) =



$$a + b = n$$

Därför skall antalet nya "maskar" av varje sort som placeras ut vara:

Nya "maskar" av Typ 1 (t ex bruna) som fordras = $N \times a : n$
Nya "maskar" av Typ 2 (t ex gröna) som fordras = $N \times b : n$

Placera korrekt antal nya "maskar" slumpvis i utfordringsområdet.

Tvätta händerna.

Denna insamlingsprocedur skall utföras varje dag eller oftare om så erfordras.

Säkerhet

Fåglar bär på parasiter och bakterier som *Salmonella*. Det är därför viktigt att eleverna har engångshandskar på sig när de handskas med mat som fåglar eller andra djur kan ha varit i kontakt med och att de tvättar sina händer efter försökstillfällena.

Lektion 3: Undersökning och tolkande av resultat

När data har inhämtats under minst en vecka skall eleverna föra in sina data i en graf och tyda resultaten. Resultaten skall plottas som en graf med antalet av varje närvarande "masktyp" mot tiden.

Ytterligare undersökningar

Flera varianter av undersökningen är möjliga: t ex kan färgat garn eller färgat bröd användas i stället för spaghetti eller eleverna kan själva spela "predatorer" och fånga så många "maskar" som möjligt under en begränsad tid. Allen och hans medarbetare har föreslagit flera varianter i sina skrifter [5, 6], men som allra enklaste försök kan eleverna undersöka urvalet av byte på olika bakgrunder utan att ersätta det som fåglarna har tagit [7].

En viktig utveckling som skett sedan de första experimenten av denna typ ägt rum är, att man nu vet, att fåglarnas syn överträffar människans syn. Särskilt har man visat att många fågelarter kan se i området UV-A (400–315 nm) av spektrum [8]. Eleverna kan försöka dra nytta av denna kunskap och beskriva hur världen kan te sig för fåglarna i stället för hur den ser ut för oss människor — fastän det är svårt att göra det i nuvarande utförandedesign.

Referenser

1. Allen, J.A. and Clarke, B.C. (1968) Evidence for apostatic selection by wild passerines. *Nature* 220, 501–502.
2. Allen, J.A. (1976) Further evidence for apostatic selection by wild passerine birds — 9:1 experiments. *Heredity* 36, 173–180.
3. Majerus, M.E.N. (2008) Industrial melanism in the Peppered moth, *Biston betularia*: An excellent teaching example of Darwinian evolution in action. *Evolution: Education and Outreach* 2 (1) [Available on-line at: <http://www.springerlink.com/content/h7n4r6h026q1u6hk/fulltext.html>]
4. Bennett, A.T.D., Cuthill, C. and Norris, K.J. (1994) Sexual selection and the mismeasure of color. *The American Naturalist* 144, 848–860.
5. Allen, J.A., Cooper, J.M., Hall, G.J. and McHenry, C. (1993) 'Evolving pastry': a method for simulating microevolution. *Journal of Biological Education* 27 (4) 274–282. [This paper is provided as a supplement to these instructions.]
6. Cooper, J.M., Raymond, D.L. and Allen, J.A. (1993) Birds, baits and boards: a method for investigating cryptic colouration. *School Science Review* 74 (268) 69–73.
7. Allen, J.A., Anderson, K.P. and Tucker, G.M. (1987) More than meets the eye — a simulation of natural selection. *Journal of Biological Education* 21 (4) 301–305.
8. Hart, N.S. and Hunt, D.M. (2007) Avian visual pigments: Characteristics, spectral tuning and evolution. *The American Naturalist* 169 Supplement pages S7–S26.

Ytterligare källor

Från mars 2009, kommer Wellcome Trust's 'Survival Rivals' webbsidor (www.survivalrivals.org), att innehålla ytterligare resurser, t ex ett animerat spel som passar detta försöksprotokoll.

Tillkännagivanden

Detta försöksprotokoll var ursprungligen planerat för Wellcome Trust's 'Survival Rivals' project. 'Survival Rivals' är Wellcome Trust's *Darwin 200* satsning för högstadieskolor i UK (www.survivalrivals.org). Wellcome Trust är en oberoende stiftelse som delar ut pengar till forskning som kan förbättra människors och djurs hälsa. (Registered charity No 210183).

Tack till Jenny Edrich och andra högstadieskolor, som har hjälpt till att utföra och kontrollera denna praktiska undersökning så att den fungerar.

Creative Commons License

Detta försöksprotokoll täcks av *Creative Commons* (www.creativecommons.org) 'tillhörigt icke kommersiellt,

dela lika' licens. Detta innebär att du får använda det, utveckla det, översätta det o s v. Du får inte använda det för kommersiellt bruk och du måste nämna källan där det ursprungliga arbetet har hämtats (*The Wellcome Trust*). Alla arbeten som härstammar från denna källa skall spridas enligt samma regler.