

**Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet**

**Institutt for biologi**

-

## **EKSAMENSOPPGAVER/ EXAM QUESTIONS:**

**Faglig kontakt under eksamen / Contact person during exam):**

**Eksamensdato / Exam Date: 21/05/2013**

**Eksamenstid / Exam duration: 4**

**Studiepoeng/ Study points: 7,5**

**Tillatte hjelpemidler / Allowed aids: authorized calculator**

**Antall sider/ Totalt (total # of pages bokmål + nynorsk + English): 6**

**Antall sider vedlegg / No. of pages in Appendix): 1**

**Sensurdato / Exam results :**

---

**The weight of the different questions is indicated in parenthesis**

**Question 1 (10%)**

Researchers use similarity in traits among a group of species to infer phylogeny.

- Explain what kind of similarity they often use and why is it very important in phylogenetic inference.
- Describe briefly the major problems to reconstruct phylogeny.

**Question 2 (15%)**

Define inbreeding and describe its numerous consequences on populations

**Question 3 (10%)**

To study the genetic linkage between traits in sweet pea, a true breeding line with purple flowers (*PP*) and long pollen (*LL*) is crossed with a line with red flowers (*pp*) and round pollen (*ll*). All plants in the F<sub>1</sub> generation had purple flowers and long pollen. Four different phenotypic categories were observed in the F<sub>2</sub> generation by self-fertilization of F<sub>1</sub> plants (table below).

Phenotype category	Observed number
Purple flowers and long pollen	296
Purple flowers and round pollen	19
Red flowers and long pollen	27
Red flowers and round pollen	85

Test whether the flower colour and pollen shape are linked together (consult Appendix 1).

**Question 4 (15%)**

To understand how the allele frequency determines the rate of evolution, an experiment has been conducted by studying a locus with two alleles. Two experimental populations were established with an initial allele frequency for the allele (*A*) of 0.9 and 0.1, respectively. The proportion of individuals from each genotype surviving was: *AA* = 100%, *Aa* = 100%, and *aa* = 50%. These proportions were the same in both populations.

- Determine the change in frequency of allele *A* in both populations assuming that populations were at Hardy Weinberg equilibrium at the start of the experiment.
- Which population evolves faster than the other? Justify your answer.

**Question 5 (15%)**

Flower colour in *Phlox drummondii* varies geographically. Furthermore, the geographic range of this species partly overlaps with that of a congener, *P. cuspidata*. Both species have the light-blue flower colour characteristic of most *Phlox* species. However, *P. drummondii* has dark-red flowers in regions where they grow in sympatry with *P. cuspidata*. When growing in close proximity both species can produce hybrids that have high ovule and pollen sterility.

A - Two hypotheses can explain why we observe differences in colour in the different populations of *P. drummondii*. Explain these two hypotheses.

B – Hopkins and Rausher (2012) presented a study where they first performed a common-garden experiment where all different phenotypes of *P. drummondii* (light-blue, light-red, dark-blue and dark-red flowers) were grown in the absence of *P. cuspidata*. They recorded the survival of the different plants and fruit production and they estimated the fitness as the product of survival and fruit production. Additionally, in another field, they established blocks consisting of 30 plants of each phenotype (light-blue, light-red, dark-blue, and dark-red) with 115 *P. cuspidata* plants in each block. They recorded the frequency of hybrid offspring for the

different phenotypes. Results are presented in the following figure. Interpret these results and explain which of the two hypotheses regarding the variation in flower colour in *P. drummondii* is supported by these results.

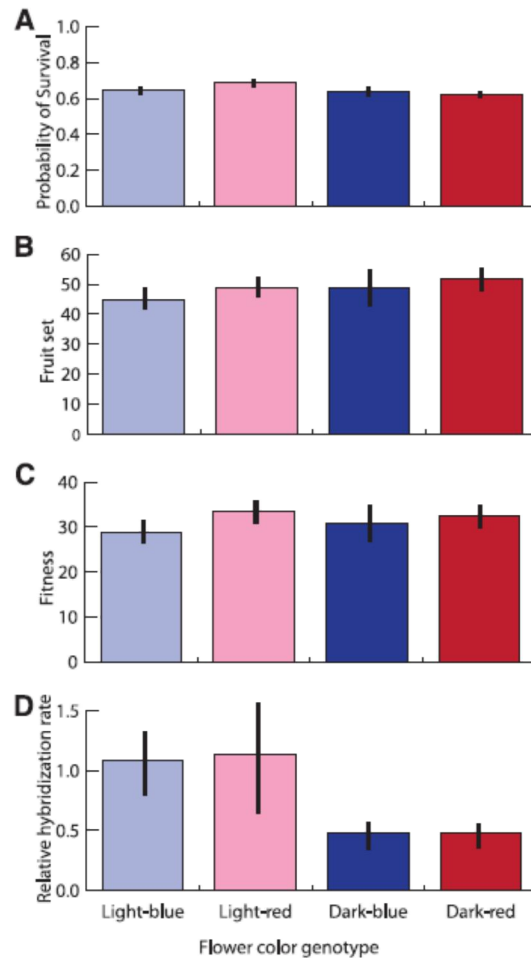


Figure 1: Fitness components (A,B and C) and proportion of hybrids produced for the four phenotypes of *P. drummondii* (light-blue, light-red dark-blue, and dark-red flowers). Fitness (C) is the multiplication of the probability of survival (A) and fruit production (B).

**Question 6 (10%)**

Why is it difficult to demonstrate that speciation has occurred in parapatry or in sympatry?

**Question 7 (10%)**

Explain gradualism and punctuated equilibrium and provide some of the arguments developed by each theory.

**Question 8 (15%)**

Explain what generates genetic correlations and why they have been considered as potential sources of limitation for the evolution of phenotypic characters.

**Bokmål**

**Spørsmål 1 (10%)**

For å finne den fylogeni til en gruppe arter bruker forskerer likheten til trekk.

A) Forklar hva slags likhet de ofte bruker, og hvorfor disse likhetene er viktige for å trekke fylogenetiske slutninger.

B) Beskriv kort problemene i å rekonstruere fylogeni.

### Spørsmål 2 (15%)

Definer innavl og beskriv konsekvensene dette har på populasjoner.

### Spørsmål 3 (10%)

For å studere genetisk kobling mellom egenskaper er en linje med lilla ertebloomster (PP) og langt pollen (LL) krysset med en linje med røde ertebloomster (pp) og rundt pollen (ll). Alle plantene i F1-generasjonen hadde lilla blomster og langt pollen. Fire ulike fenotypekategorier ble observert i F2 generasjonen, som ble laget gjennom selv-befruktning av F1 plantene (se tabellen nedenfor).

fenotype kategorier	Observert antall
lilla blomster og langt pollen	296
lilla blomster og rundt pollen	19
rød blomster og langt pollen	27
rød blomster og rundt pollen	85

Test om det er genetisk kobling mellom blomsterfarge og pollenform (se vedlegg 1).

### Spørsmål 4 (15%)

For å forstå hvordan allelfrekvensene påvirker evolusjonshastigheten har man studert et locus med to alleler. To eksperimentelle populasjoner ble etablert med en allelfrekvens for allelet A på 0.9 i populasjon 1 og 0.1 i populasjon 2. Andelen individ fra hver genotype som overlevde var: AA = 100%, Aa = 100%, og aa = 50%. Disse andelene var de samme i begge populasjonene.

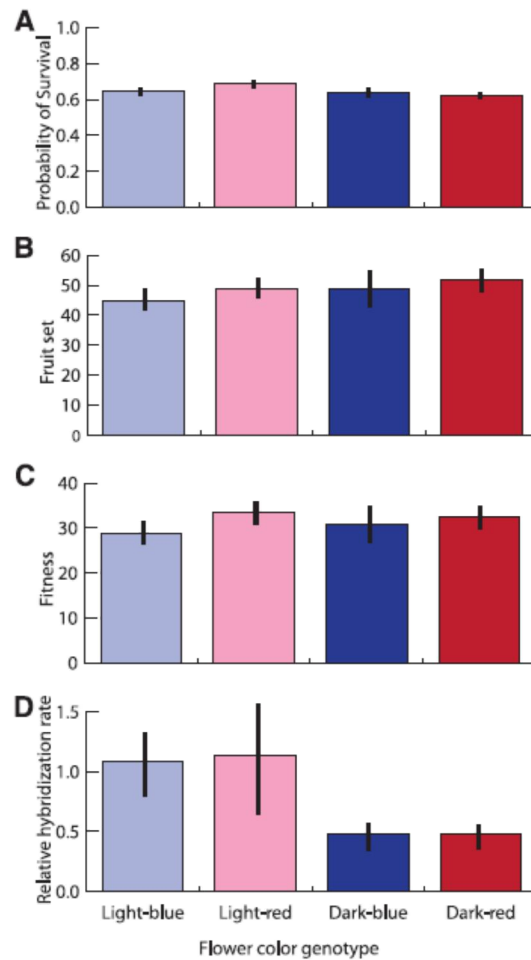
- Regn ut endringen i frekvensen av allel A i begge populasjonene forutsatt at populasjonene var i Hardy Weinberg likevekt ved starten av eksperimentet.
- Hvilken populasjon forandret seg raskest? Begrunn svaret.

### Spørsmål 5 (15%)

Blomsterfargen i *Phlox drummondii* varierer geografisk. Den geografiske utbredelsen av denne arten overlapper delvis med den geografiske utbredelsen til arten *P. cuspidata*. Begge artene har lyseblå blomsterfarge, noe som er karakteristisk for de fleste *Phlox* arter. Imidlertid har *P. drummondii* mørkerøde blomster i regioner der de vokser i sammen med *P. cuspidata*. Når de vokser i samme område kan begge artene produsere hybrider med høy ovule- og pollen-sterilitet.

A - To hypoteser kan forklare hvorfor vi observerer forskjeller i farge i de ulike populasjonene av *P. drummondii*. Forklar disse to hypotesene.

B – Hopkins og Rausher (2012) gjorde en studie hvor de først utførte et «common garden» eksperiment der alle de forskjellige fenotypene av *P. drummondii* (lyseblå, lyserøde, mørkeblå og mørkerøde blomster) ble dyrket i fravær av *P. cuspidata*. De målt overlevelse av ulike planter og produksjon av frukt. De målte også fitness, produktet av overlevelse og fruktproduksjon. I tillegg, i et annet felt, etablerte de forskjellige blokker som bestod av 30 planter av hver fenotype (lyseblå, lyserød, mørkeblå og mørkerød) med 115 *P. cuspidata* planter i hver blokk. De målte hyppigheten av hybrider for de ulike fenotypene. Resultatene er presenterte i figuren nedenfor. Tolk disse resultatene og forklar hvilke av de to hypotesene (om variasjonen i blomsterfarge hos *P. drummondii*) som støttes av disse resultatene.



Figur 1: Fitnesskomponentene (A, B og C) og andel hybrider produsert av de fire fenotypene av *P. drummondii* (lyseblå, lyserøde, mørkeblå og mørkerøde blomster). Fitness (C) er multiplikasjon av sannsynligheten for overlevelse (A) og fruktproduksjon (B).

**Spørsmål 6 (10%)**

Hvorfor er det vanskelig å bevise at artsdannelse har oppstått i parapatri eller i sympatri?

**Spørsmål 7 (10%)**

Forklar «gradualisme» og «punctuated equilibrium» og gjengi noen av argumentene for hver teori.

**Spørsmål 8 (15%)**

Forklar hva som genererer genetiske korrelasjoner og hvorfor dette har vært ansett som potensielle kilder til begrensning for evolusjonen av fenotypiske trekk.

## Nynorsk

### Spørsmål 1 (10%)

For å finne den fylogeni til ei gruppe arter bruker forskarar likskap til trekk.

A) Forklar kva for likskap dei ofte brukar, og kvifor disse likskapane er viktige for å trekke fylogenetiske slutingar.

B) Beskriv kort problema i å rekonstruere fylogeni.

### Spørsmål 2 (15%)

Definer innavl og beskriv konsekvensane dette har på populasjonar.

### Spørsmål 3 (10%)

For å studere genetisk kopling mellom eigenskapar er ei linje med lilla ertebloomster (PP) og langt pollen (LL) krysset med ei linje med raude ertebloomster (pp) og rundt pollen (ll). Alle plantene i F1-generasjonen hadde lilla blomster og langt pollen. Fire ulike fenotypekategoriar ble observert i F2 generasjonen, som ble laget gjennom sjølv-befruktning av F1 plantene (se tabellen nedanfor).

fenotype kategoriar	Observert mengde
lilla blomster og langt pollen	296
lilla blomster og rundt pollen	19
rød blomster og langt pollen	27
rød blomster og rundt pollen	85

Test om det er genetisk kopling mellom blomsterfarge og pollenform (se vedlegg 1).

### Spørsmål 4 (15%)

For å forstå korleis allelfrekvensane påverkar evolusjonsfarta har man studert eit locus med to allel. To eksperimentelle populasjonar ble etablert med ein allelfrekvens for allelet A på 0.9 i populasjon 1 og 0.1 i populasjon 2. Prosentdel individ frå kvar genotype som overlevde var: AA = 100%, Aa = 100%, og aa = 50%. Disse prosentdelane var dei same i begge populasjonane.

A) Regn ut endringa i frekvensen av allel A i begge populasjonane ut frå føresetnaden om at populasjonane var i Hardy Weinberg likevekt ved starten av eksperimentet.

B) Kva populasjon forandra seg raskast? Grunnlegg svaret.

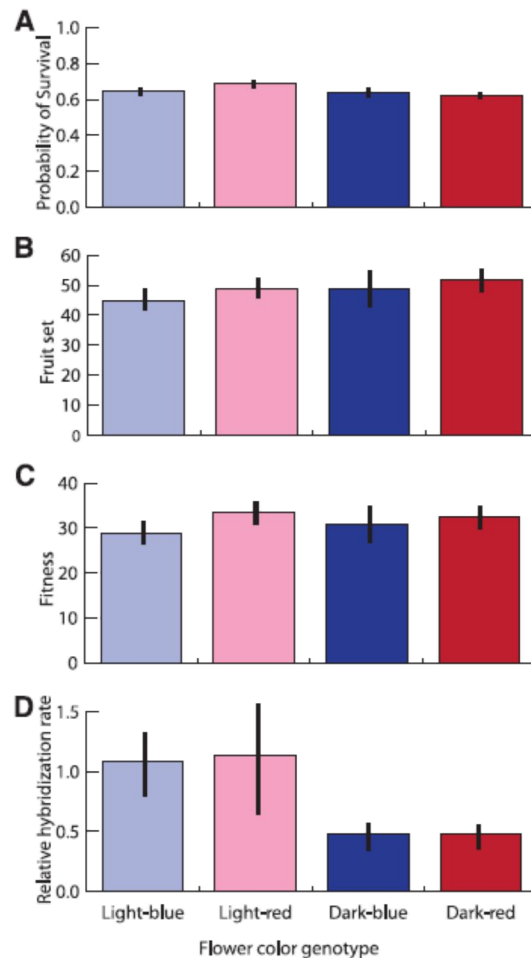
### Spørsmål 5 (15%)

Blomsterfargen i *Phlox drummondii* varierar geografisk. Den geografiske utbreiinga av denne arten overlappar delvis med den geografiske utbreiinga til arten *P. cuspidata*. Begge artene har lyseblå blomsterfarge, noko som er karakteristisk for dei fleste *Phlox* artar. Likevel har *P. drummondii* mørkeraude blomstrar i regionar der dei veks i saman med *P. cuspidata*. Når dei veks i same område kan begge artene produsere hybridar med høyt ovule- og pollen-sterilitet.

A - To hypotesar kan forklare kvifor vi observerer forskjellar i farge i de ulike populasjonane av *P. drummondii*. Forklar desse to hypotesane.

B – Hopkins og Rausher (2012) gjorde ei studie der dei først utførte eit «common garden» eksperiment der alle de forskjellige fenotypane av *P. drummondii* (lyseblå, lyseraude,

mørkeblå og mørkeraude blomster) blei dyrka i fråvær av *P. cuspidata*. De målt overleving av ulike plantar og produksjon av frukt. De målte og fitness, produktet av overleving og fruktproduksjon. I tillegg, i et anna felt, etablerte dei forskjellige blokker som bestod av 30 planter av kvar fenotype (lyseblå, lyseraud, mørkeblå og mørkeraud) med 115 *P. cuspidata* planter i kvar blokk. De målte mengd av hybridar for de ulike fenotypene. Resultata er presenterte i figuren nedanfor. Tolk desse resultata og forklar kva for ein av de to hypotesane (om variasjonen i blomsterfarge hos *P. drummondii*) som vert støtta av desse resultata.



Figur 1: Fitnesskomponentane (A, B og C) og mengda hybridar produsert av dei fire fenotypene av *P. drummondii* (lyseblå, lyseraude, mørkeblå og mørkeraude blomster). Fitness (C) er multiplikasjon av sannsynet for overleving (A) og fruktproduksjon (B).

### Spørsmål 6 (10%)

Kvifor er det vanskeleg å bevise at artsdanning har oppstått i parapatri eller i sympatri?

### Spørsmål 7 (10%)

Forklar «gradualisme» og «punctuated equilibrium» og gjengi noen av argumenta for kvar teori.

### Spørsmål 8 (15%)

Forklar kva som genererar genetiske korrelasjonar og kvifor dette har vore sett på som potensielle kjelder til begrensning for evolusjonen av fenotypiske trekk.

### Appendix 1: Critical values of the $\chi^2$ distribution

<i>df</i>	<i>P</i>								
	0.995	0.975	0.9	0.5	0.1	0.05*	0.025	0.01	0.005
1	0.000	0.000	0.016	0.455	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.051	0.211	1.386	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.216	0.584	2.366	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.484	1.064	3.357	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.831	1.610	4.351	9.236	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	1.237	2.204	5.348	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.690	2.833	6.346	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	2.180	3.490	7.344	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.700	4.168	8.343	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	3.247	4.865	9.342	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.816	5.578	10.341	17.275	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	4.404	6.304	11.340	18.549	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	5.009	7.042	12.340	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	5.629	7.790	13.339	21.064	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	6.262	8.547	14.339	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801