



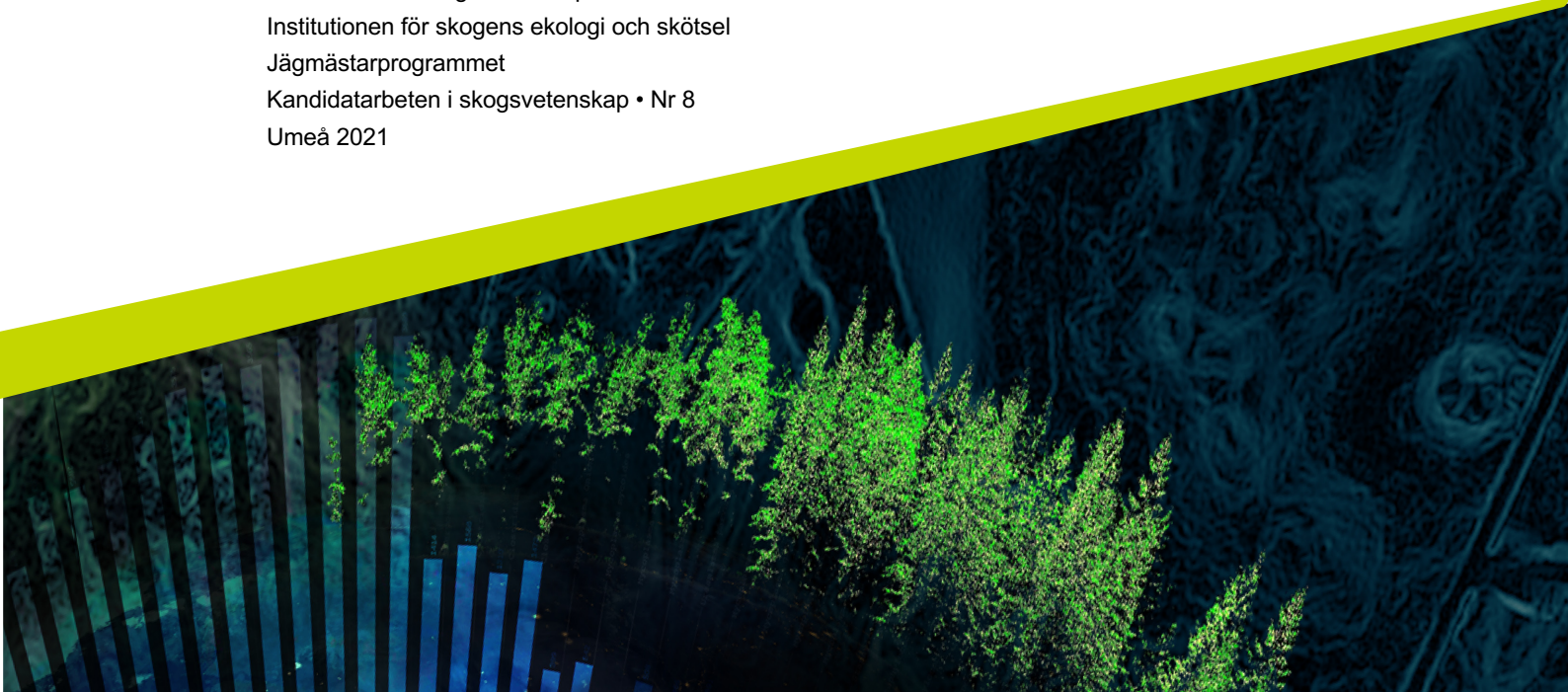
Födovalspreferenser hos en arktisk specialist

– Vad föredrar *Gynaephora groenlandica* (*Lepidoptera: Erebidæ*) att äta på Wrangelön?

Food preferences of an Arctic specialist - What does Gynaephora groenlandica (Lepidoptera:Erebidae) prefer to eat on Wrangel Island?

Beatrice Elfvenfjärd & Erika Åmansson

Kandidatarbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Jägmästarprogrammet
Kandidatarbeten i skogsvetenskap • Nr 8
Umeå 2021



Födovalspreferenser hos en arktisk specialist - Vad föredrar *Gynaephora groenlandica* (Lepidoptera:Erebidae) att äta på Wrangelön?

Food preferences of an Arctic specialist - What does Gynaephora groenlandica (Lepidoptera: Erebidae) prefer to eat on Wrangel Island?

Beatrice Elfvenfjärd & Erika Åmansson

Handledare: Petter Axelsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Vilt, fisk och miljö
Bitr. handledare: Joakim Hjältén, Sveriges lantbruksuniversitet, Vilt, fisk och miljö
Examinator: Gustaf Egnell, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Kandidatarbete i skogsvetenskap
Kurskod: EX0911
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2021
Serietitel: Kandidatarbeten i skogsvetenskap
Delnummer i serien: 8

Nyckelord: *Gynaephora groenlandica*, arktisk ullbjörns-larv, födopreferenser, arktisk tundra, arktisk specialist, växtegenskaper

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Den arktiska tundran har många utforskade områden. På grund av det kärva klimatet och den svåra tillgängligheten finns en brist på kunskap om de olika arter som lever under dessa förutsättningar. Herbivorer i denna miljö har en stor påverkan på växtsamhället den lever i. Malfjärilen *Gynaephora groenlandica* är en unik herbivor som har en livscykel på 14 år där merparten av åren är i larvstadiet och med korta födosökningsperioder måste de effektivt skaffa energi via föda för att överleva de långa dvalaperioderna. Vid utbrott av malfjärilspopulationen förekommer de i stort antal och kan ha en negativ påverkan på födoväxternas tillväxt och reproduktion. I denna rapport undersöktes födopreferensen hos den arktiska specialisten *G. groenlandica* i larvstadiet samt försök görs att förklara födopreferensen för att bidra till en ökad kunskap och förståelse inom ämnet. Detta med hjälp av ett no-choice experiment för insamlad data från Wrangelön samt med värden för olika växtegenskaper samlad från bland annat databasen TRY. Resultatet visar att larverna främst föredrar växter inom videsläktet samt *Rhodiola integrifolia*, *Dryas octopetala* och en art av *Potentilla* framför andra. Dock fanns inget samband för hur de olika växtegenskaperna påverkar denna födopreferens. Vad detta har sin grund i är svårt att besvara. Fylogenetisk signal, temperaturvariationer, variation av näringskvalitet, ljustillgång och kemiska försvarssubstanser kan vara några förklaringar till detta.

Nyckelord: *Gynaephora groenlandica*, arktisk ullbjörnslarv, födopreferenser, arktisk tundra, arktisk specialist, växtegenskaper, herbivor

Abstract

The Arctic tundra has many unexplored areas. Due to the harsh climate and the difficult accessibility, there is a lack of knowledge about the different species that live under these circumstances. Herbivores in this environment have a large effect on the plant community, one of these is the moth butterfly larva *Gynaephora groenlandica*. In the event of an outbreak of the moth butterfly population, they occur in large numbers and can have a negative effect on plants reproductive ability. With its unique life cycle of 14 years with short foraging periods, they must efficiently obtain energy through food to survive the long dormancy periods. This report examines the Arctic specialist *G. groenlandica*'s food preferences in its larval stages and tries to explain the food preference in order to contribute to increased knowledge and understanding of the subject. This with the help of a no-choice experiment for collected data from Wrangel Island and values for various plant traits from among other things database TRY. The results showed that the larvae prefer the willow genus and also *Rhodiola integrifolia*, *Dryas octopetala* and one species of *Potentilla* over others. But there is no signification that the different plant characteristics affect this preference. What this is based on is difficult to answer. Phylogenetic signal, temperature variations, variation in nutrient quality, light availability and chemical defence substances may be some explanations for this.

Keywords: *Gynaephora groenlandica*, arctic woolly bears larvae, food preference, arctic tundra, arctic specialist, plant trait, herbivore

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
Förkortningar	10
1. Inledning	11
2. Material och metod	14
2.1. Studiesystem.....	14
2.2. No-choice experiment	14
2.3. Växtegenskaper	15
2.4. Statistiska analyser	16
3. Resultat.....	18
3.1. Födopreferens.....	18
3.2. Kan variation i födopreferens förklaras av växternas egenskaper?	19
4. Diskussion	21
4.1. Födopreferens.....	21
4.2. Metod: Styrkor och svagheter	23
4.3. Slutsats	23
Referenser.....	24

Tabellförteckning

Tabell 1.....	15
Tabell 2.....	20

Figurförteckning

Figur 1.	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Figur 2.	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Figur 3.	21
Figur 4.	22
Figur 5.	22

Förkortningar

P	Fosfor
G. groenlandica	Gynaephora groenlandica
C	Kol
N	Kväve
H ₀	Nollhypotes
α	Signifikansnivå
SLA	Specifik leaf area

1. Inledning

Herbivorer kan på grund av sin storlek och talrikhet ha en stor inverkan på det växtsamhälle de lever i. Exempelvis påverkar herbivorer överlevnad och reproduktion av individuella växtarter och dessutom kompositionen av hela växtsamhällen (Kim et al. 2013). Förändringar i ekosystemprocesser uppstår också på grund av de herbivorer som lever och betar där (Tuomi et al. 2019). En viktig del i interaktionen mellan växter och herbivorer är födopreferenser hos herbivorena och växtegenskaper som påverkar födopreferenser. Kunskapen om växt-herbivorerers interaktioner är i dagsläget begränsad, särskilt inom det arktiska tundrasystemet (Rickberg & Polarforskningssekretariatet 2006). Detta eftersom den arktiska tundran skapar väldigt speciella förutsättningar för både växter och herbivorer.

Den arktiska tundran består av en specifik vegetation på grund av det kalla och hårda klimatet tillsammans med den korta växtsäsongen (Strathdee & Bale 1998). Den korta växtperioden bidrar till de utvecklade egenskaperna hos växterna, bland annat att de är köldtåliga, lågväxande i en utbredd form. I och med detta växtsätt är växterna anpassade att snabbt få igång sin metaboliska aktivitet efter att snön börjat smälta (Crawford 2014). Detta bidrar dessutom till att de på ett enkelt sätt kan ta upp koldioxid som frisläpps i jorden under denna period (ibid.). Växterna är utrustade med små hår i början av växtperioden vilket behåller värmen en längre tid. Tjockare blad är ytterligare en anpassning vilket medför att de lättare kan lagra större mängder koldioxid (ibid.). För områden med högre latituder och lägre temperaturer anses växters blad innehåll av C och N öka (Lovelock et al. 2007; Cronin et al. 2015) vilket exempelvis skulle kunna förklaras av anpassning till den lägre temperaturen genom snabbare tillväxt och därmed ökat behov av näringsämnen (Cronin et al. 2015). Näringsinnehållet i växterna skapar speciella förutsättningar för insekts herbivorer som lever vid den arktiska tundran. (Greyson-Gaito et al. 2016). I andra ekosystem är näringskvalitet av till exempel kol (C), kväve (N), fosfor (P) viktiga växtegenskaper som främjar herbivorerers tillväxt, reproduktion och överlevnad (Awmack & Leather 2002; Tielens & Gruner 2020). Tillgänglighet och smaklighet av växterna är också viktiga egenskaper (ibid.). Awmack & Leather (2002) har studerat larver i andra ekosystem av malen *Samea multiplicalis* som påverkades negativt i bland annat biomassa och tillväxthastighet.

De visade på att biomassan minskade med 40 % när de åt av växter med lågt näringsinnehåll.

En viktig herbivor inom den arktiska tundran är *Gynaephora groenlandica* (Figur 1). *G. groenlandica* kan ha en stor påverkan på dess värdväxter, detta eftersom de har en bred geografisk utbredning och kan ibland förekomma väldigt talrikt, 26.4 st/m² (Danell et al. 1999 se Rickberg & Polarforskningssekretariatet 2006). Morewood & Mølgaard (1996) förklarar att larverna äter bladknoppar och hängen, vilket Mulder (1999) menar kan påverka värdväxtens reproduktionsförmåga och tillväxt. Detta kan orsaka stor påverkan på växtsamhällens struktur och mångfald (Morewood & Mølgaard 1996). En kort födosöksperiod med ökad metabolism som också sammanfaller med växternas reproduktion och tillväxtperiod (Kukal et al. 1988) gör att herbivorererna kan ha stor påverkan på växtekosystemet.



Figur 1. *Gynaephora groenlandica* (Mike Beauregard) (CC BY 2.0).

Malfjärilen *Gynaephora groenlandica* (Figur 1) från familjen *Erebidae* är en arktisk specialist och lever på den arktiska tundran. Den geografiska utbredningen för *G. groenlandica* är relativt stor i de arktiska regionerna, från östra Grönland till nordliga delarna av Amerika och Sibirien (Morewood & Mølgaard 1996). Det unika med denna art är att den lever väldigt lång tid i larvstadiet, upp till 14 år, innan den utvecklas till en vuxen malfjäril (Kukal & Kevan 1987). När larven väl har utvecklats till en mal lever den en väldigt kort tid, ca 24 timmar (ibid.). De anpassningar som insekter i de högarktiska områdena har är oftast långvarig dvala och förlängda livscyklar, vilket betyder att det kalla klimatet påverkar hur länge födosökning pågår (Kukal & Dawson 1989). *G. groenlandica*s aktivitet är väldigt kort, endast en månad kring juni, resterande tid på året ligger de i dvala. Under samma period infaller även den högsta näringskvaliteten för växterna, framför allt hos *Salix arctica* (ibid.). Larven har en förmåga att effektivt öka ämnesomsättningen och skaffa energi under gynnsamma förhållanden. Detta med hjälp av fysiologiska mekanismer och beteendet att värma sig på solexponerade platser där den uttorkande vinden inte når dem (Bennett et al. 2003). Parasiter som lever på *G. groenlandica* anses vara en viktig faktor för dels var de befinner sig men även populationsstorleken av larverna (Kukal & Kevan 1987). Larven anses vara oaptitlig för fåglar i Alexandra fjorden på Ellesmereön, då de sågs undvika dem och istället valde annan föda (ibid.). Tidigare födopreferensstudier har visat att *G. groenlandica* har en födopreferens för framför allt *Salix arctica* och *Saxifraga*

oppositifolia. Det är oklart om denna födopreferens är begränsad till dessa arter och vilka egenskaper i växterna som styr födoval.

Bland fåtalet tidigare studier som gjorts ingår bland annat Kukal och Kevan (1987) där de i Alexandra fjorden på Ellesmereön studerade *Gynaephora groenlandica* diet. Forskarna samlade larver och 15 olika växtarter som de sedan utförde experimentet på. Åtta larver studerades tillsammans med olika växtskivor i tre dagar innan äten mängd beräknades. Larvernas diet studerades även i fält. De kom fram till att *Salix arctica*, *Dryas integrifolia*, *Saxifraga oppositifolia*, *Oxyria digyna* och *Eriophorum angustifolium* var de växter som larverna föredrog mest. En annan studie som visade liknande resultat är Kukal och Dawson (1989), också i Alexandra fjorden. Där de via fältobservation studerade larvernas födobeteende sammanlagt i sex dagar i fält, tre dagar i början och slutet av deras födoperiod. Resultatet visade att största delen, 97 %, av larverna i början åt på *Salix arctica* och senare även *Saxifraga oppositifolia* och *Dryas integrifolia*. Om födopreferensen för larverna är begränsad till detta är okänt, samt vad i växterna som styr denna födopreferens.

På grund av att tidigare kunskaper inom detta ämne är begränsad och även till viss del föråldrad skulle ytterligare studier vara befogat. I den här studien avsågs att förbättra kunskapen om vilka födopreferenser *Gynaephora groenlandica* larver har samt om möjligt förklara varför larverna föredrar de växter de gör.

För att besvara frågan som rör vilka växter som larverna föredrar kommer dessa frågeställningar att användas:

- Har larverna en födopreferens för vissa växtarter?
- Kan variation i födopreferens förklaras av växternas egenskaper?

2. Material och metod

2.1. Studiesystem

Materialet för denna studie samlades in 2005 vid en arktisk expedition vid Berings sund på Wrangelön av institutionen för vilt, fisk och miljö på SLU genom Polarforskningsorganisationen. Wrangel ön ligger nordväst om Beringssundet, Ryssland (71° 14' 0" N, 179° 24' 0" W) i den arktiska regionen. Klimatet tillhör den arktiska subzonen och påverkas av hårda vindar och cykloner från stillahavsområdet (Claudino-Sales 2019). Med en årstemperatur på 11,3 C° och årsnederbörd på 200 mm (ibid.) ligger landskapet från början av september till slutet av maj under ett snötäcke (Semikhatova et al. 2007). Under sommarmånaderna går temperaturen ned till -4 C°, nederbörden ligger kring 60 mm och midnattssolen varar till slutet av juli. Den frostfria perioden är väldigt kort och varar endast i cirka två till tre veckor (Claudino-Sales 2019). Artdiversiteten på ön är hög i jämförelse med andra arktiska områden (ibid.) och vegetationen består av 189 arter från 26 olika familjer där många arter är sällsynta (Semikhatova et al. 2007).

2.2. No-choice experiment

Via helikopter tog forskare sig till forskningsområdet på Wrangelön och arbetet gjordes därefter ombord på isbrytaren Oden. På ön samlades ett antal larver av *Gynaephora groenlandica* in tillsammans med 28 olika växtarter, 18 olika växtfamiljer, under ca 24 timmar. Vid transporter från ön tillbaka till båten sågs det till att växterna var försörjda med vatten och att larverna hade tillgång till mat. Ett no-choice experiment utfördes därefter, vilket innebär att arten som testas placeras på en begränsad yta tillsammans med ett provexemplar (Driesche & Murray 2004). Arten kan alltså inte välja mellan olika provexemplar som i ett choice experiment. En växtart placerades alltså i en petriskål tillsammans med en

larv under en viss tid. Denna utformning av experiment är vanligt för dessa typer av undersökningar där en uppskattning av ett intervall för en värd vill uppnås (Driesche & Murray 2004). Därefter användes tre nivåer för att kontrollera om larven ätit på växten eller inte. De tre nivåerna formulerades som: 0 - inte ätit, 1 - smakat och 2 - tydligt ätit. Detta upprepades tio gånger per växtart, totalt antal observationer var 280.

2.3. Växtegenskaper

De egenskaper som betraktades i denna studie är en del av växternas bladmorfologi och bladkemi. För bladkemi togs ett medelvärde ut för innehållet av N, P, C, C/N förhållande och C/P förhållande i bladen, (Tabell 1). För bladmorfologi togs ett medelvärde på SLA ut och en indelning över dess hårlighet gjordes (Tabell 1). Det fanns värden för endast nio av dessa 28 växter (Tabell 1). Trots det låga antalet växter som ligger till grund för dessa värden valdes ändå att göra tester eftersom det ändå anses bidra med relevant information till studien. Värdena för växtegenskaperna är till största del samlat från TRY plant trait database (Kattge et al. 2020) men även från litteratur (Tabell 1).

Tabell 1. Medelvärde för växtegenskapernas innehåll för respektive växtart som användes. Bladkemi - N: Bladens innehåll av kväve (N) per bladtorrvikt i mg/g, P: Bladens innehåll av fosfor (P) per bladtorrvikt i mg/g, C: Bladens innehåll av kol (C) per bladtorrvikt i mg/g, C/N: Kol/Kväve förhållande och C/P: Kol/Fosfor förhållande.

Bladmorfologi - SLA: Bladarea per bladtorrvikt (specifik leaf area, SLA) (oidentifierat om bladskäft är inkluderat eller ej) i mm²/mg och hårlighet där 0 - inget hår, 1 - glest håriga och 2 – tätt håriga/ludna.

Litteratur utöver TRY plant trait database: ¹(Skarpe & Wal 2002) ²(Baddeley et al. 1994) ³(Flora of North America Editorial Committee 2008) ⁴(Stenberg & Mossberg 2003).

	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>C/N</i>	<i>C/P</i>	<i>SLA</i>	<i>Hårlighet</i> ^{3,4}
<i>Dryas octopetala</i>	18,603	1,455	528,473	28,407	363,211	39,867	2
<i>Epilobium latifolia</i>	17,980	2,318	-	-	-	24,920	1

<i>Kobresia myosuroides</i>	21,929	2,190	441,058	20,113	201,396	26,192	0
<i>Rhodiola integrifolia</i>	34,564	-	417,949	12,092	-	42,760	0
<i>Rumex acetosa</i>	27,740	3,436	438,548	15,809	127,618	19,293	0
<i>Salix arctica</i>	24,716	2,500	476,870	19,294	190,748	12,595	2
<i>Salix polaris</i>	31,725	2,100 ²	509,000 ¹	16,044	241,381	11,838	2
<i>Salix pulchra</i>	29,427	2,212	495,564	16,840	224,034	11,188	2
<i>Salix reticulata</i>	19,100	1,162	531,150	27,808	456,981	12,022	1

2.4. Statistiska analyser

För att statistiskt testa ifall *Gynaephora groenlandica* har en övergripande födopreferens för vissa växtarter över andra gjordes ett chi-square oberoendehets test med samtliga 28 växtarter. Där nollhypotesen, H_0 , var att inget samband finns mellan att larverna äter eller inte och växtart. En signifikansnivå, $\alpha = 0,05$ användes och en frihetsgrad, $df = 27$. Samma analys gjordes även för de specifika nio arterna som växtegenskaperna tagits ut för, där ($df = 8$) istället. Chi-square oberoendehets testet beräknades enligt $\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ där O_i är det observerade värdet för växtegenskaperna, E_i det förväntade värdet och n är antalet observationer.

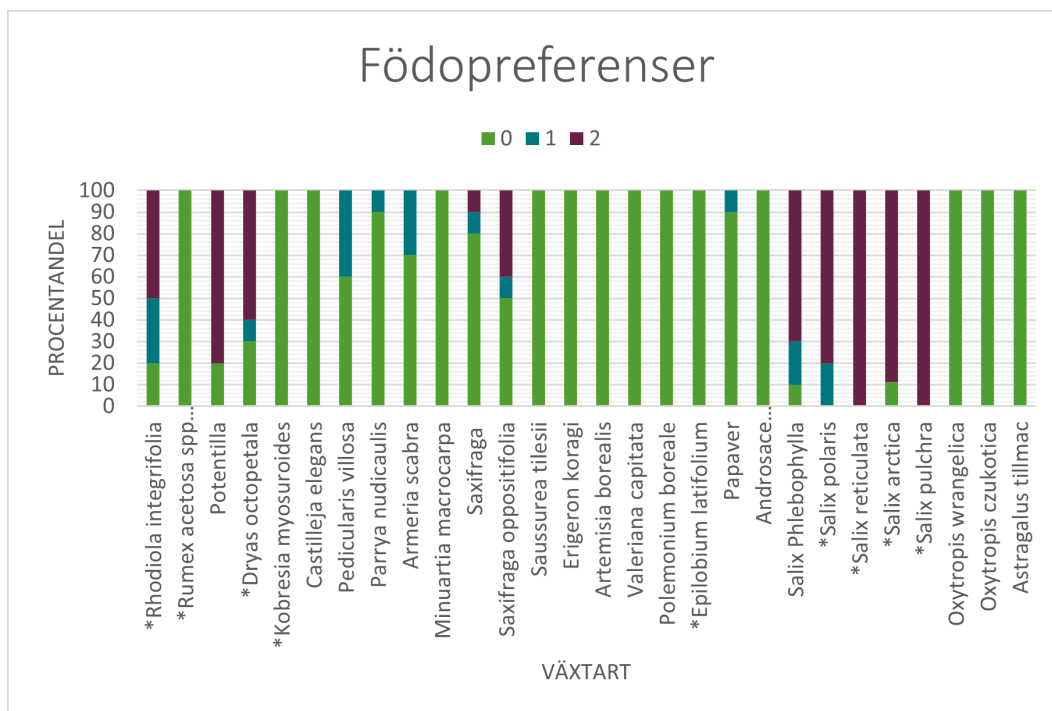
För att testa ifall variation i födopreferens kan förklaras av växternas egenskaper gjordes först chi-square oberoendehets test för de 9 växtarterna ($df = 8$) och sedan ett Spearman korrelations test. Detta för att se hur stark korrelation det finns mellan växtegenskaperna N, P, C, C/N förhållande, C/P förhållande, SLA och födopreferens 2, att larverna tydligt ätit av växten. Där H_0 är att det inte finns något samband. För växtegenskapen hårlighet gjordes däremot ett Kruskal Wallis test. Där hypotesen är att åtminstone en median skiljer sig från de andra. Signifikansnivå $\alpha = 0,05$ användes även här. För födopreferensen beräknades och användes en justerad proportion då antalet observationer ansågs något låg (Agresti & Coull

1998). Spearman correlation testet beräknades enligt $\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2-1)}$ där $d_i = x_i - y_i$ är skillnad i rank och n är antalet observationer. Kruskal Wallis testet beräknades enligt $H = (N - 1) \frac{\sum_{i=1}^g n_i (\bar{r}_i - \bar{r})^2}{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (r_{ij} - \bar{r})^2}$ där N är totala antalet observationer över alla grupper, g är antalet grupper, n_i är antalet observationer i grupp i , r_{ij} är rangordningen (mellan alla observationer) av observation j , $\bar{r}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} r_{ij}}{n_i}$ är genomsnittlig rangordning för alla observationer i grupp i och $\bar{r} = \frac{1}{2}N + 1$ är genomsnittet för alla r_{ij} .

3. Resultat

3.1. Födopreferens

Resultatet för det no-choice experiment som utfördes för alla 28 växtarter visar att larvernars födopreferenser skiljer sig åt mellan de olika växtarterna. Vissa undviks helt medan andra föredras (*Figur 2*) och analyserna visade att dessa skillnader är signifikanta. Chi-square oberoendehets testet för alla 28 arter blev signifikant i och med ett väldigt lågt p-värde på $p < 0.001$ (6,452E-28) och en hög teststatistika på 197,818. Hypotesen var att det finns ett samband mellan att larverna äter eller inte och växtart och eftersom $p < 0,05$ stämmer denna hypotes. Det är sammanlagt 14 av totalt 28 växtarter där ingen av testets larver ätit av växten och därmed ej anses som föredragen föda. *Salix pulchra* och *Salix reticulata* är de enda växterna där alla tio larver tydligt hade ätit av växten och är därmed de som var mest föredragna. Även *Potentilla*, *Dryas octopetala* och *Rhodiola integrifolia* föredrogs för minst hälften av larverna. Hela släktet *Salix* anses vara en högt föredragen födokälla då merparten av testerna visar på att minst 70 % av larverna tydligt ätit av växterna. Ett fåtal larver smakade på *Papaver*, *Armeria scabra*, *Pedicularis villosa* och *Parrya nudicaulis*, men största andelen åt ingenting av de växterna.



Figur 2. Larvernas födopreferenser för respektive art i procentandel från 0-100 för de tre olika referensnivåerna som användes i experimentet. 0 – inte ätit, 1 – smakat och 2 – tydligt ätit. Där * visar de nio växter som användes för växtegenskaper.

3.2. Kan variation i födopreferens förklaras av växternas egenskaper?

Motsvarande chi-square test som ovan men med de nio växtarterna för egenskaper bekräftar resultaten från analyserna ovan. Testet blev signifikant och genererade ett lågt p-värde på $p < 0.001$ ($3,042E-12$) och en teststatistiska på 71,045. Det finns även här ett samband mellan att larverna äter eller inte och växtart. Det fanns däremot ingen signifikant korrelation mellan födopreferensen och växternas egenskaper (Tabell 2). För Spearman korrelation testet blev utfallet $p > 0,05$ för alla växtegenskaper, H_0 kunde därför ej förkastas. Det fanns dock en relativt hög korrelation för C och SLA och därmed även ett något lägre p-värde. För P och SLA var korrelationen negativ och för resterande var den positiv. Vidare påvisade Kruskal Wallis testet att det inte heller finns någon signifikant skillnad för medianerna inom hårighetklasserna och att det alltså inte påverkar födopreferensen.

Tabell 2. Resultat för Spearman korrelation och Kruskal Wallis testerna, med en signifikansnivå på 0,05.

	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>C/N</i>	<i>C/P</i>	<i>SLA</i>	<i>Hårighet</i>
Korrelation, <i>r</i>	0,126	-0,458	0,683	0,347	0,523	-0,63	-
<i>p</i>-värde	0,747	0,254	0,062	0,399	0,299	0,069	0,132

4. Diskussion

4.1. Födopreferens

Avsikten med denna studie var att förbättra kunskapen om *Gynaephora groenlandica* larvers födopreferens. Resultaten visade tydligt att de föredrar vissa växtarter framför andra, dessa är främst *Salix pulchra* och *Salix reticulata* men även *S. arctica* och *S. polaris*. Att larverna speciellt föredrog arter inom videsläktet, stämmer överens med resultat från tidigare studier (Kukal & Kevan (1987) och Kukal & Dawson (1989)). Vi fann även att *G. groenlandica* kan äta av andra växtarter som exempelvis *Potentilla* och *Dryas octopetala*. Roslin et al. (2013) antyder att malfjärilslarven *Sympistis nigrita* (Lepidoptera; Noctuidae), som är en annan insektsherbivor i det arktiska området, också anses äta *D. octopetala*. I andra ekosystem beskriver Stenberg et al. (2008) att *Galerucella tenella* L. (Coleoptera; Chrysomelidae) äter av *Potentilla*. Målet med denna studie var även att försöka förstå vilka växtegenskaper som avgör att *G. groenlandica* äter av vissa växter men inte av andra. Vi fann viss korrelation mellan födopreferens och C och SLA men eftersom dessa korrelationer inte var fullt signifikanta ($p = 0,062$ och $p = 0,069$) är det svårt att avgöra vad det är med växterna som styr födopreferensen hos *G. groenlandica*. Greyson-Gaito et al. (2016) menar att larverna dras till videarter med hög näringskvalitet. Awmack & Leather (2002) visade att C är viktigt vid näringskvalitet för herbivorer i andra system. Detta skulle eventuellt kunna betyda att vårt nästan signifikanta resultat för egenskapen C tyder på samma sak. Det är också möjligt att andra växtegenskaper som inte berördes i denna studie påverkar födopreferensen. Till exempel kemiska försvarssubstanser som tanniner och fenoler (Lindroth & Batzli 1984).

Våra resultat indikerar att det kan finnas fylogenetiska anledningar som styr födopreferensen hos *G. groenlandica* för olika växtarter. Fylogenetisk signal innebär att närbesläktade arter tenderar att vara mer lika



Figur 3. *Salix arctica* (GRIDArendal) (CC BY-NC-SA 2.0).

varandra än arter som inte är nära besläktade (Münkemüller et al. 2012). Bakgrunden till att larverna främst föredrar videarter, särskilt de fem som var representerade i denna studie, framför andra växtarter skulle därför kunna förklaras av denna fylogenetiska signal. Eftersom stora delar av de arktiska områdena består av just videsläktet (Strathdee & Bale 1998) har larverna möjligtvis anpassat sig till detta. Vi fann vidare att *G. groenlandica* också åt av *Potentilla*, *Rhodiola integrifolia* och *Dryas octopetala*. Dessa arter har många olikheter med *Salix arctica* (Figur 3, 4 & 5). Speciellt *R. integrifolia* som är en fetbladsväxt utmärker sig. Både bladen och blommorna skiljer sig märkbart mellan arterna. *S. arctica* är tillskillnad från de andra vedartad. Även innehållet för vissa växtegenskaper skiljer sig. *D. octopetala* och *R. Integrifolia* har ett högt värde av SLA jämfört med *S. arctica* som ligger på en lägre nivå (Tabell 1). Innehållet av C hos *D. octopetala* är högt, *R. Integrifolia* lågt och är på en mellannivå för *S. arctica* (Tabell 1). Detta styrker att fylogenetisk signal påverkar födopreferensen.



Figur 4. *Dryas octopetala* (ulescug) (CC BY-SA 2.0).



Figur 5. *Rhodiola integrifolia* (Tab Tannery) (CC BY-NC-SA 2.0).

Exempel på växtegenskaper som sannolikt ingår i en fylogenetisk signal som inte studerades i denna studie är växternas försvar. Växter använder försvarssubstanser till att negativt påverka herbivorer på olika sätt och därmed undvika att bli konsumerad. Yang et al. (2020) visade att två *Salix*arter med hög andel försvarssubstanser inte föredrogs av insekts herbivorer, även om de bestod av hög N-koncentration. Dock kan insekts herbivorer anpassa sig till olika försvarssubstanser på olika vis och därmed ändå äta av växten (Awmack & Leather 2002; Tielens & Gruner 2020). Insekts herbivorerers förmåga att konsumera växter med högre halt av fenoler blir bättre efter att de konsumerat växter med högre näringsinnehåll (Lindroth & Batzli 1984). Dessa fenoler kan också ha en negativ påverkan på den tillgängliga andelen föda för herbivorererna.

Ytterligare förslag på inriktning för vidare studier kan vara omgivningens temperatur, täckningsgraden hos olika växtarter och ljustillgången. Temperaturen är en viktig resurs för växterna och skulle möjligtvis kunna påverka tillgängligheten för växterna i denna miljö, och därmed också larvernas födopreferenser. En studie av Barrio et al. (2016) tyder på att *G. groenlandica*s val av föda kan bero på den omgivande temperaturen, ju högre temperatur desto större chans att de föredrar att äta andra växtarter än *Salix arctica*. Schrijvers-Gonlag et al. (2020) menar att

jordens koncentration av näringsämnen har en mindre påverkan på bladens smaklighet hos växter och att det istället är ljustillgången som styr.

4.2. Metod: Styrkor och svagheter

Användandet av ett no-choice experiment för larvernas födopreferens kan ha bidragit till ett tydligare resultat över ifall larverna äter växten eller inte (Driesche & Murray 2004). Detta jämfört med ett choice experiment. Det är även en mindre risk att en felbedömning gjorts vid särskiljningen av ej- och mindre föredragna växter jämfört vid ett choice experiment. Eventuellt hade en kvantifiering av mängden blad som larverna åt varit bra att göra för att få ett ännu tydligare mått på preferens. Det kan finnas en risk att växtarter som *Gynaephora groenlandica* egentligen föredrar inte kom med i materialet för no-choice testet, som kanske växte på andra sidan ön. Att arbeta med värden från en databas för växtegenskaperna är kanske inte helt optimalt. Eftersom dessa kan variera mellan olika regioner i världen hade det mest optimala varit att vi själva tagit fram värdena på Wrangelön. Värden för alla 28 växtarter som omfattades i studien hade kunnat inkluderas och inte för endast nio växtarter. Enstaka värden för växtegenskaperna saknas för ett par växter, detta skulle kunna påverka resultaten för testerna negativt i en mindre utsträckning. Om mer utrymme funnits hade det varit bättre att tagit med fler växtegenskaper i studien, eftersom ingen av nuvarande egenskaper var signifikant. I och med att det i denna studie inte går att djupare förklara varför *G. groenlandica* har denna födopreferens skulle ytterligare studier inom ämnet vara befogat. Där det fokuseras på hur till exempel omgivande temperatur, ljustillgång, andra växtegenskaper så som fenoler och växternas täckningsgrad på marken påverkar födopreferensen.

4.3. Slutsats

En slutsats som kan dras genom denna studie är att *Gynaephora groenlandica* larver har en smal födopreferens där de främst föredrar olika växtarter inom släktet *Salix*. Det kan även konstateras att larverna föredrar vissa växtarter över andra. Dock kan inte denna variation inom födopreferens förklaras av de olika växtegenskaperna som undersöktes, och därav kvarstår denna fråga.

Referenser

- Agresti, A. & Coull, B.A. (1998). Approximate Is Better than "Exact" for Interval Estimation of Binomial Proportions. *The American Statistician*, 52 (2), 119–126. <https://doi.org/10.2307/2685469>
- Awmack, C.S. & Leather, S.R. (2002). Host Plant Quality and Fecundity in Herbivorous Insects. *Annual Review of Entomology*, 47 (1), 817–844. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145300>
- Baddeley, J.A., Woodin, S.J. & Alexander, I.J. (1994). Effects of Increased Nitrogen and Phosphorus Availability on the Photosynthesis and Nutrient Relations of Three Arctic Dwarf Shrubs from Svalbard. *Functional Ecology*, 8 (6), 676–685. <https://doi.org/10.2307/2390226>
- Barrio, I.C., Bueno, C.G. & Hik, D.S. (2016). Warming the tundra: reciprocal responses of invertebrate herbivores and plants. *Oikos*, 125 (1), 20–28. <https://doi.org/10.1111/oik.02190>
- Bennett, V.A., Lee, R.E., Nauman, J.S. & Kukal, O. (2003). Selection of overwintering microhabitats used by the arctic woollybear caterpillar, *Gynaephora groenlandica*. *Cryo Letters*, 24 (3), 191–200
- Claudino-Sales, V. (2019). Natural System of Wrangel Island Reserve, Russia. I: Claudino-Sales, V. (red.) *Coastal World Heritage Sites*. Dordrecht: Springer Netherlands, 209–214. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1528-5_31
- Crawford, R.M.M. (2014). *Tundra-Taiga Biology*. *Tundra-Taiga Biology* 1. uppl. Oxford: Oxford University Press. <https://oxford.universitypressscholarship.com/view/10.1093/acprof:osobl/9780199559404.001.0001/acprof-9780199559404> [2021-03-01]
- Cronin, J.T., Bhattarai, G.P., Allen, W.J. & Meyerson, L.A. (2015). Biogeography of a plant invasion: plant—herbivore interactions. *Ecology*, 96 (4), 1115–1127. <https://www.jstor.org/stable/43494769> [2021-03-23]
- Driesche, R.G.V. & Murray, T.J. (2004). Overview of Testing Schemes and Designs Used to Estimate Host Ranges. *Assessing Host Ranges for Parasitoids and Predators used in Classical Biological Control: A Guide to Best Practice*. Morgantown, West Virginia, U.S.A: USDA Forest Service, 68–89. [2021-03-02]
- Flora of North America Editorial Committee (2008). *eFloras.org Home*. *eFloras.org*. <http://www.efloras.org/> [2021-03-15]
- Greyson-Gaito, C.J., Barbour, M.A., Rodriguez-Cabal, M.A., Crutsinger, G.M. & Henry, G.H. (2016). Freedom to move: Arctic caterpillar (Lepidoptera) growth rate increases with access to new willows (Salicaceae). *Canadian entomologist*, 148 (6), 673–682. <https://doi.org/10.4039/tce.2016.22>
- Kattge, J., Bönnisch, G., Díaz, S., Lavorel, S., Prentice, I.C., Leadley, P., Tautenhahn, S., Werner, G.D.A., Aakala, T., Abedi, M., Acosta, A.T.R., Adamidis, G.C., Adamson, K., Aiba, M., Albert, C.H., Alcántara, J.M., C, C.A., Aleixo, I., Ali, H., Amiaud, B., Ammer, C., Amoroso, M.M., Anand, M., Anderson, C., Anten, N., Antos, J., Apgaua, D.M.G., Ashman, T.-L.,

Asmara, D.H., Asner, G.P., Aspinwall, M., Atkin, O., Aubin, I., Baastrop-Spohr, L., Bahalkeh, K., Bahn, M., Baker, T., Baker, W.J., Bakker, J.P., Baldocchi, D., Baltzer, J., Banerjee, A., Baranger, A., Barlow, J., Barneche, D.R., Baruch, Z., Bastianelli, D., Battles, J., Bauerle, W., Bauters, M., Bazzato, E., Beckmann, M., Beeckman, H., Beierkuhnlein, C., Bekker, R., Belfry, G., Belluau, M., Beloiu, M., Benavides, R., Benomar, L., Berdugo-Lattke, M.L., Berenguer, E., Bergamin, R., Bergmann, J., Carlucci, M.B., Berner, L., Bernhardt-Römermann, M., Bigler, C., Bjorkman, A.D., Blackman, C., Blanco, C., Blonder, B., Blumenthal, D., Bocanegra-González, K.T., Boeckx, P., Bohlman, S., Böhning-Gaese, K., Boisvert-Marsh, L., Bond, W., Bond-Lamberty, B., Boom, A., Boonman, C.C.F., Bordin, K., Boughton, E.H., Boukili, V., Bowman, D.M.J.S., Bravo, S., Brendel, M.R., Broadley, M.R., Brown, K.A., Bruelheide, H., Brumnich, F., Bruun, H.H., Bruy, D., Buchanan, S.W., Bucher, S.F., Buchmann, N., Buitenwerf, R., Bunker, D.E., Bürger, J., Burrascano, S., Burslem, D.F.R.P., Butterfield, B.J., Byun, C., Marques, M., Scalon, M.C., Caccianiga, M., Cadotte, M., Cailleret, M., Camac, J., Camarero, J.J., Company, C., Campetella, G., Campos, J.A., Cano-Arboleda, L., Canullo, R., Carbognani, M., Carvalho, F., Casanoves, F., Castagneyrol, B., Catford, J.A., Cavender-Bares, J., Cerabolini, B.E.L., Cervellini, M., Chacón-Madrigal, E., Chapin, K., Chapin, F.S., Chelli, S., Chen, S.-C., Chen, A., Cherubini, P., Chianucci, F., Choat, B., Chung, K.-S., Chytrý, M., Ciccarelli, D., Coll, L., Collins, C.G., Conti, L., Coomes, D., Cornelissen, J.H.C., Cornwell, W.K., Corona, P., Coyea, M., Craine, J., Craven, D., Cromsigt, J.P.G.M., Csecserits, A., Cufar, K., Cuntz, M., Silva, A.C. da, Dahlin, K.M., Dainese, M., Dalke, I., Fratte, M.D., Dang-Le, A.T., Danihelka, J., Dannoura, M., Dawson, S., Beer, A.J. de, Frutos, A.D., Long, J.R.D., Dechant, B., Delagrange, S., Delpierre, N., Derroire, G., Dias, A.S., Diaz-Toribio, M.H., Dimitrakopoulos, P.G., Dobrowolski, M., Doktor, D., Dřevojan, P., Dong, N., Dransfield, J., Dressler, S., Duarte, L., Ducouret, E., Dullinger, S., Durka, W., Duursma, R., Dymova, O., E-Vojtkó, A., Eckstein, R.L., Ejtehadi, H., Elser, J., Emilio, T., Engemann, K., Erfanian, M.B., Erfmeier, A., Esquivel-Muelbert, A., Esser, G., Estiarte, M., Domingues, T.F., Fagan, W.F., Fagúndez, J., Falster, D.S., Fan, Y., Fang, J., Farris, E., Fazlioglu, F., Feng, Y., Fernandez-Mendez, F., Ferrara, C., Ferreira, J., Fidelis, A., Finegan, B., Firn, J., Flowers, T.J., Flynn, D.F.B., Fontana, V., Forey, E., Forgiarini, C., François, L., Frangipani, M., Frank, D., Frenette-Dussault, C., Freschet, G.T., Fry, E.L., Fyllas, N.M., Mazzochini, G.G., Gachet, S., Gallagher, R., Ganade, G., Ganga, F., García-Palacios, P., Gargaglione, V., Garnier, E., Garrido, J.L., Gasper, A.L. de, Gea-Izquierdo, G., Gibson, D., Gillison, A.N., Girollo, A., Glasenhardt, M.-C., Gleason, S., Gliesch, M., Goldberg, E., Göldel, B., Gonzalez-Akre, E., Gonzalez-Andujar, J.L., González-Melo, A., González-Robles, A., Graae, B.J., Granda, E., Graves, S., Green, W.A., Gregor, T., Gross, N., Guerin, G.R., Günther, A., Gutiérrez, A.G., Haddock, L., Haines, A., Hall, J., Hambuckers, A., Han, W., Harrison, S.P., Hattingh, W., Hawes, J.E., He, T., He, P., Heberling, J.M., Helm, A., Hempel, S., Hentschel, J., Hérault, B., Hereş, A.-M., Herz, K., Heuertz, M., Hickler, T., Hietz, P., Higuchi, P., Hipp, A.L., Hirons, A., Hock, M., Hogan, J.A., Holl, K., Honnay, O., Hornstein, D., Hou, E., Hough-Snee, N., Hovstad, K.A., Ichie, T., Igić, B., Illa, E., Isaac, M., Ishihara, M., Ivanov, L., Ivanova, L., Iversen, C.M., Izquierdo, J., Jackson, R.B., Jackson, B., Jactel, H., Jagodzinski, A.M., Jandt, U., Jansen, S., Jenkins, T., Jentsch, A., Jespersen, J.R.P., Jiang, G.-F., Johansen, J.L., Johnson, D., Jokela, E.J., Joly, C.A., Jordan, G.J., Joseph, G.S., Junaedi, D., Junker, R.R., Justes, E., Kabzems, R., Kane, J., Kaplan,

Z., Kattenborn, T., Kavelenova, L., Kearsley, E., Kempel, A., Kenzo, T., Kerkhoff, A., Khalil, M.I., Kinlock, N.L., Kissling, W.D., Kitajima, K., Kitzberger, T., Kjølner, R., Klein, T., Kleyer, M., Klimešová, J., Klipel, J., Kloeppel, B., Klotz, S., Knops, J.M.H., Kohyama, T., Koike, F., Kollmann, J., Komac, B., Komatsu, K., König, C., Kraft, N.J.B., Kramer, K., Kreft, H., Kühn, I., Kumarathunge, D., Kuppler, J., Kurokawa, H., Kurosawa, Y., Kuyah, S., Laclau, J.-P., Lafleur, B., Lallai, E., Lamb, E., Lamprecht, A., Larkin, D.J., Laughlin, D., Bagousse-Pinguet, Y.L., Maire, G. le, Roux, P.C. le, Roux, E. le, Lee, T., Lens, F., Lewis, S.L., Lhotsky, B., Li, Y., Li, X., Lichstein, J.W., Liebergesell, M., Lim, J.Y., Lin, Y.-S., Linares, J.C., Liu, C., Liu, D., Liu, U., Livingstone, S., Llusà, J., Lohbeck, M., López-García, Á., Lopez-Gonzalez, G., Lososová, Z., Louault, F., Lukács, B.A., Lukeš, P., Luo, Y., Lussu, M., Ma, S., Pereira, C.M.R., Mack, M., Maire, V., Mäkelä, A., Mäkinen, H., Malhado, A.C.M., Mallik, A., Manning, P., Manzoni, S., Marchetti, Z., Marchino, L., Marcilio-Silva, V., Marcon, E., Marignani, M., Markesteyn, L., Martin, A., Martínez-Garza, C., Martínez-Vilalta, J., Mašková, T., Mason, K., Mason, N., Massad, T.J., Masse, J., Mayrose, I., McCarthy, J., McCormack, M.L., McCulloh, K., McFadden, I.R., McGill, B.J., McPartland, M.Y., Medeiros, J.S., Medlyn, B., Meerts, P., Mehrabi, Z., Meir, P., Melo, F.P.L., Mencuccini, M., Meredieu, C., Messier, J., Mészáros, I., Metsaranta, J., Michaletz, S.T., Michelaki, C., Migalina, S., Milla, R., Miller, J.E.D., Minden, V., Ming, R., Mokany, K., Moles, A.T., Molnár, A., Molofsky, J., Molz, M., Montgomery, R.A., Monty, A., Moravcová, L., Moreno-Martínez, A., Moretti, M., Mori, A.S., Mori, S., Morris, D., Morrison, J., Mucina, L., Mueller, S., Muir, C.D., Müller, S.C., Munoz, F., Myers-Smith, I.H., Myster, R.W., Nagano, M., Naidu, S., Narayanan, A., Natesan, B., Negoita, L., Nelson, A.S., Neuschulz, E.L., Ni, J., Niedrist, G., Nieto, J., Niinemets, Ü., Nolan, R., Nottebrock, H., Nouvellon, Y., Novakovskiy, A., Nystuen, K.O., O'Grady, A., O'Hara, K., O'Reilly-Nugent, A., Oakley, S., Oberhuber, W., Ohtsuka, T., Oliveira, R., Öllerer, K., Olson, M.E., Onipchenko, V., Onoda, Y., Onstein, R.E., Ordonez, J.C., Osada, N., Ostonen, I., Ottaviani, G., Otto, S., Overbeck, G.E., Ozinga, W.A., Pahl, A.T., Paine, C.E.T., Pakeman, R.J., Papageorgiou, A.C., Parfionova, E., Pärtel, M., Patacca, M., Paula, S., Paule, J., Pauli, H., Pausas, J.G., Peco, B., Penuelas, J., Perea, A., Peri, P.L., Petisco-Souza, A.C., Petraglia, A., Petritan, A.M., Phillips, O.L., Pierce, S., Pillar, V.D., Pisek, J., Pomogaybin, A., Poorter, H., Portsmouth, A., Poschold, P., Potvin, C., Pounds, D., Powell, A.S., Power, S.A., Prinzing, A., Puglielli, G., Pyšek, P., Raevel, V., Rammig, A., Ransijn, J., Ray, C.A., Reich, P.B., Reichstein, M., Reid, D.E.B., Réjou-Méchain, M., Dios, V.R. de, Ribeiro, S., Richardson, S., Riibak, K., Rillig, M.C., Riviera, F., Robert, E.M.R., Roberts, S., Robroek, B., Roddy, A., Rodrigues, A.V., Rogers, A., Rollinson, E., Rolo, V., Römermann, C., Ronzhina, D., Roscher, C., Rosell, J.A., Rosenfield, M.F., Rossi, C., Roy, D.B., Royer-Tardif, S., Rüger, N., Ruiz-Peinado, R., Rumpf, S.B., Rusch, G.M., Ryo, M., Sack, L., Saldaña, A., Salgado-Negret, B., Salguero-Gomez, R., Santa-Regina, I., Santacruz-García, A.C., Santos, J., Sardans, J., Schamp, B., Scherer-Lorenzen, M., Schleuning, M., Schmid, B., Schmidt, M., Schmitt, S., Schneider, J.V., Schowanek, S.D., Schrader, J., Schrod, F., Schuldt, B., Schurr, F., Garvizu, G.S., Semchenko, M., Seymour, C., Sfair, J.C., Sharpe, J.M., Sheppard, C.S., Sheremetiev, S., Shiodera, S., Shipley, B., Shovon, T.A., Siebenkäs, A., Sierra, C., Silva, V., Silva, M., Sitzia, T., Sjöman, H., Slot, M., Smith, N.G., Sodhi, D., Soltis, P., Soltis, D., Somers, B., Sonnier, G., Sørensen, M.V., Sosinski, E.E., Soudzilovskaia, N.A., Souza, A.F., Spasojevic, M., Sperandii, M.G., Stan, A.B., Stegen, J., Steinbauer, K., Stephan, J.G.,

- Sterck, F., Stojanovic, D.B., Strydom, T., Suarez, M.L., Svenning, J.-C., Svitková, I., Svitok, M., Svoboda, M., Swaine, E., Swenson, N., Tabarelli, M., Takagi, K., Tappeiner, U., Tarifa, R., Tauugourdeau, S., Tavsanoğlu, C., Beest, M. te, Tedersoo, L., Thiffault, N., Thom, D., Thomas, E., Thompson, K., Thornton, P.E., Thuiller, W., Tichý, L., Tissue, D., Tjoelker, M.G., Tng, D.Y.P., Tobias, J., Török, P., Tarin, T., Torres-Ruiz, J.M., Tóthmérész, B., Treurnicht, M., Trivellone, V., Trolliet, F., Trotsiuk, V., Tsakalos, J.L., Tsiripidis, I., Tysklind, N., Umehara, T., Usoltsev, V., Vadeboncoeur, M., Vaezi, J., Valladares, F., Vamosi, J., Bodegom, P.M. van, Breugel, M. van, Cleemput, E.V., Weg, M. van de, Merwe, S. van der, Plas, F. van der, Sande, M.T. van der, Kleunen, M. van, Meerbeek, K.V., Vanderwel, M., Vanselow, K.A., Vårhammar, A., Varone, L., Valderrama, M.Y.V., Vassilev, K., Vellend, M., Veneklaas, E.J., Verbeeck, H., Verheyen, K., Vibrans, A., Vieira, I., Villacís, J., Violle, C., Vivek, P., Wagner, K., Waldram, M., Waldron, A., Walker, A.P., Waller, M., Walther, G., Wang, H., Wang, F., Wang, W., Watkins, H., Watkins, J., Weber, U., Weedon, J.T., Wei, L., Weigelt, P., Weiher, E., Wells, A.W., Wellstein, C., Wenk, E., Westoby, M., Westwood, A., White, P.J., Whitten, M., Williams, M., Winkler, D.E., Winter, K., Womack, C., Wright, I.J., Wright, S.J., Wright, J., Pinho, B.X., Ximenes, F., Yamada, T., Yamaji, K., Yanai, R., Yankov, N., Yguel, B., Zanini, K.J., Zanne, A.E., Zelený, D., Zhao, Y.-P., Zheng, J., Zheng, J., Ziemińska, K., Zirbel, C.R., Zizka, G., Zo-Bi, I.C., Zotz, G. & Wirth, C. (2020). TRY plant trait database – enhanced coverage and open access. *Global Change Biology*, 26 (1), 119–188. <https://doi.org/10.1111/gcb.14904>
- Kim, T.N., Underwood, N. & Inouye, B.D. (2013). Insect herbivores change the outcome of plant competition through both inter- and intraspecific processes. *Ecology*, 94 (8), 1753–1763. <https://www.jstor.org/stable/23596978> [2021-03-23]
- Kukal, O. & Dawson, T.E. (1989). Temperature and Food Quality Influences Feeding Behavior, Assimilation Efficiency and Growth Rate of Arctic Woolly-Bear Caterpillars. *Oecologia*, 79 (4), 526–532. <https://doi.org/10.1007/BF00378671>
- Kukal, O., Heinrich, B. & Duman, J.G. (1988). Behavioural thermoregulation in the freeze-tolerant Arctic caterpillar. *Biological Sciences*, 14
- Kukal, O. & Kevan, P. (1987). The influence of parasitism on the life history of a high arctic insect, *Gynaephora groenlandica* (Wöcke) (Lepidoptera: Lymantriidae). *Canadian Journal of Zoology*, 65, 156–163. <https://doi.org/10.1139/z87-022>
- Lindroth, R.L. & Batzli, G.O. (1984). Plant phenolics as chemical defenses: Effects of natural phenolics on survival and growth of prairie voles (*Microtus ochrogaster*). *Journal of Chemical Ecology*, 10 (2), 229–244. <https://doi.org/10.1007/BF00987851>
- Lovelock, C.E., Feller, I.C., Ball, M.C., Ellis, J. & Sorrell, B. (2007). Testing the Growth Rate vs. Geochemical Hypothesis for latitudinal variation in plant nutrients. *Ecology Letters*, 10 (12), 1154–1163. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01112.x>
- Morewood, D. & Mølgaard, P. (1996). ITEX insect: *Gynaephora groenlandica* / *G. rossii*.
- Münkemüller, T., Lavergne, S., Bzeznik, B., Dray, S., Jombart, T., Schiffrers, K. & Thuiller, W. (2012). How to measure and test phylogenetic signal. *Methods in Ecology and Evolution*, 3 (4), 743–756. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00196.x>

- Rickberg, S. & Polarforskningssekretariatet (2006). *Polarforskningssekretariatet: årsbok 2005 = Swedish Polar Research Secretariat: yearbook 2005*. Stockholm: Polarforskningssekretariatet.
- Roslin, T., Wirta, H., Hopkins, T., Hardwick, B. & Várkonyi, G. (2013). Indirect Interactions in the High Arctic. *PLoS ONE*, 8 (6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067367>
- Schrijvers-Gonlag, M., Skarpe, C. & Andreassen, H.P. (2020). Influence of light availability and soil productivity on insect herbivory on bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves following mammalian herbivory. *PLoS ONE*, 15 (3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230509>
- Semikhatova, O.A., Ivanova, T.I. & Kirpichnikova, O.V. (2007). Comparative study of dark respiration in plants inhabiting arctic (Wrangel Island) and temperate climate zones. *Russian Journal of Plant Physiology*, 54 (5), 582–588. <https://doi.org/10.1134/S1021443707050020>
- Skarpe, C. & Wal, R. van der (2002). Effects of Simulated Browsing and Length of Growing Season on Leaf Characteristics and Flowering in a Deciduous Arctic Shrub, *Salix polaris*. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 34 (3), 282–286. <https://doi.org/10.1080/15230430.2002.12003495>
- Stenberg, J.A., Hambäck, P.A. & Ericson, L. (2008). Herbivore-Induced “Rent Rise” in the Host Plant May Drive a Diet Breadth Enlargement in the Tenant. *Ecology*, 89 (1), 126–133. <https://doi.org/10.1890/07-0252.1>
- Stenberg, L. & Mossberg, B. (2003). *Den nya nordiska floran*. Whalström & Windstrand.
- Strathdee, A.T. & Bale, J.S. (1998). Life On the Edge: Insect Ecology in Arctic Environments. *Annual Review of Entomology*, 43 (1), 85–106. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.85>
- Tielens, E.K. & Gruner, D.S. (2020). Intraspecific variation in host plant traits mediates taxonomic and functional composition of local insect herbivore communities. *Ecological Entomology*, 45 (6), 1382–1395. <https://doi.org/10.1111/een.12923>
- Tuomi, M., Stark, S., Hoset, K.S., Väisänen, M., Oksanen, L., Murguzur, F.J.A., Tuomisto, H., Dahlgren, J. & Bråthen, K.A. (2019). Herbivore Effects on Ecosystem Process Rates in a Low-Productive System. *Ecosystems*, 22 (4), 827–843. <https://doi.org/10.1007/s10021-018-0307-4>
- Yang, G., Xu, Q., Li, W., Ling, J., Li, X. & Yin, T. (2020). Sex-Related Differences in Growth, Herbivory, and Defense of Two *Salix* Species. *Forests*, 11 (4), 450. <https://doi.org/10.3390/f11040450>