



Skarifieringsmetoders påverkan på frögroning av blomsterlupin (*Lupinus polyphyllus*)

The influence of scarification methods on germination of Garden lupine
(*Lupinus polyphyllus*)

Frida Afzelius

Fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap

Biologi

Grundnivå 15 hp

Handledare: Lutz Eckstein

Examinator: Johan Watz

2023-03-23

Löpnummer: 23:235

Abstract

Invasive species are the third largest cause of biodiversity loss because of their ability to outcompete native species. The Garden lupine (*Lupinus polyphyllus*) is an invasive species in Sweden and is causing problems for native species by (I) outcompeting smaller plant species in terms of light, (II) it has nitrogen fixing abilities which causes unfavorable conditions for species that demands a more nutrient poor soil and (III) it also decrease the diversity of food sources for pollinators. The seeds of Garden lupine are physically dormant with hard seedcoats that are impermeable to water. In this study, different scarification methods were tested to improve water uptake in seeds and thereby improve germination. Scarification can be applied after a treatment which purpose is to fight the Garden lupine. This is to speed up germination time to determine the effects of the treatment sooner. The main purpose of the study was to examine the effect of scarification methods on germination and also to see if any of the methods could be standardized. The secondary purpose was to investigate how germination might be affected by the movement of soil masses. In the first experiment the effect on germination was tested by scarification with a scalpel, with sandpaper, sulfuric acid (H_2SO_4) and chilling. This was compared to a control group. In a second experiment the effect on germination was tested by shaking the seeds in either sand or gravel for 1, 5 or 15 minutes and was compared to the control. The results of the study showed that seeds scarified with a scalpel and sandpaper had a significantly higher germination percentage (95% and 91% respectively) compared to the control (6%). No difference in germination between treatment or time could be found for seeds that were shaken in sand or gravel. There was however a difference between seeds shaken in sand or gravel compared to the control group. This could indicate that the physical dormancy might break due to movement of soil masses containing seeds and thereby lead to further spread of the species.

Sammanfattning

Invasiva arter är den tredje största orsaken till förlust av biodiversitet på grund av dess förmåga att konkurrera ut inhemska arter. Blomsterlupinen är invasiv i Sverige och skapar problem genom att skugga ut andra mer lågväxande arter, de fixerar kväve i marken vilket skapar ogynnsamma förhållanden för arter som kräver mer näringsfattig jord samt att de minskar variationen av födokällor för pollinatörer. Lupiner har fysiskt dormanta frön med hårda fröskal som har svårt att ta upp vatten. I denna studie testades olika skarifieringsmetoder för att förbättra vattenupptag och därmed öka frögroning. Skarifiering kan appliceras efter en behandling vilken syftar till att bekämpa lupiner. Detta för att snabba på frögroning och tidigare avgöra om behandlingen haft effekt. Syftet med studien var att pröva effekten av olika skarifieringsmetoder på frögroning samt att undersöka om någon metod kan standardiseras. Delsyftet med studien var att analysera hur frögroning kan påverkas vid förflyttning av jordmassor. Ett första experiment testade effekten på frögroning genom skarifiering med skalpell, sandpapper, svavelsyra (H_2SO_4), kyla och jämförde mot en kontrollgrupp. I ett andra experiment testades effekten av skarifiering genom skakning av frön i sand eller grus under 1, 5 eller 15 minuter och jämfördes mot kontrollgruppen. Resultaten av studien visade att det var en signifikant skillnad i procentuell frögroning hos frön behandlade med skalpell och sandpapper (95% respektive 91%) jämfört med kontrollgruppen (6%). Det var ingen skillnad i frögroning mellan behandling eller tider för frön som skakats i sand eller grus. Det var dock en signifikant skillnad mellan sand respektive grus jämfört med kontrollgruppen. Frön skakade i sand eller grus skilde sig signifikant från kontrollgruppen vilket kan indikera om att den fysiska dormansen kan brytas vid förflyttning av jordmassor som innehåller frön och därmed främja spridning av arten.

Inledning

Ekosystem förändras i snabb takt och på grund av människans sätt att leva riskerar fler arter än någonsin i mänsklighetens historia att utrotas (Naturvårdsverket, u.å.a). Man brukar prata om fem huvudsakliga faktorer som har stor negativ påverkan på den biologiska mångfalden, dessa är habitatförstörelse och degradering, överexploatering, föroreningar, invasiva arter och klimatförändringar (Slingenberg m.fl., 2009). Av dessa är invasiva arter den tredje största orsaken till förlust av biodiversitet (Sher & Primack, 2020). På grund av deras förmåga till snabb utbredning och tillväxt kan de konkurrera ut inhemska arter genom att hindra dem från att utnyttja resurser som näring, utrymme och ljus (Rendeková m.fl., 2019). En direkt negativ effekt av invasiva växter är att de tar över ett samhälle och minskar de inhemska arternas abundans och diversitet (Knudsen, 2021; Rendeková m.fl., 2019). En konsekvens av detta innebär ofta att pollinatörer får ett minskat urval av föda eftersom blommor utgör den enda födokällan för bin och många vuxna blomflugor (Kovács-Hostyánszki m.fl., 2022). Insekterna kan i sin tur visa en minskning i diversitet och abundans som respons på detta vilket blir en indirekt negativ effekt av de invasiva arterna (Sher & Primack, 2020). Vissa invasiva växter kan förändra egenskaper i marken så som fuktmängd, pH och enzymer (Kuebbing m.fl., 2014).

I Sverige är det endast ett fåtal introducerade arter som lyckas etablera sig. (Wissman m.fl., 2015). I EU-förteckningen över invasiva växter och djur kan 15 växtarter hittas i Sverige varav åtta räknas som etablerade (Naturvårdsverket, u.å.c) Kostnaderna för invasiva arter kan bli mycket stora. Forskning har visat att det kan röra sig om 1,6-5,1 miljarder kronor om året för åtgärder rörande 13 invasiva arter i Sverige (Gren m.fl., 2009).

Blomsterlupin (*Lupinus polyphyllus*) är en amerikansk art som togs till Europa på 1800-talet främst för att användas som prydnadsväxt (Wissman m.fl., 2015). På 1870-talet noterades vilda bestånd av blomsterlupin i Skåne (Hylander, 1971) och sedan dess har den spridit sig till stora delar av Sverige. Den är flerårig och ses oftast växandes längs banvallar och vägkanter (Mossberg & Stenberg, 2018). I dagsläget gäller inte den lagstiftning som rör invasiva arter för blomsterlupin. Rekommendationen är att förhindra spridning och avstå från utplantering eftersom arten är mycket invasiv (Naturvårdsverket, u.å.b). Lupinens löv växer fort och plantan når sin maximala storlek i slutet på månaderna maj/juni vilket kan ge ett försprång mot andra samväxande arter som utvecklas senare (Ludewig m.fl., 2022). När blomsterlupinen etablerar stora och täta bestånd är de negativa konsekvenserna på inhemska växter som mest tydlig då de skuggar och konkurrerar ut lägre växande arter (Knudsen, 2021; Wissman m.fl., 2015). Lupiners förmåga att fixera kväve i marken gör att det blir ogynnsamt för de arter som kräver mer näringsfattig jord vilket leder till minskad artdiversitet. Jorden fortsätter att vara kväverik även efter att lupiner försvunnit från ett område vilket innebär fortsatt minskad diversitet (Hiltbrunner m.fl., 2014). Blomsterlupiner sprider sig i landskapet på olika sätt och den viktigaste källan till spridning anses vara från slätteraggregat och därefter förflyttning av jordmassor. På grund av allmänhetens okunskap om dess negativa inverkan på biodiversitet möjliggörs ytterligare snabb utbredning genom exempelvis plantering av frön i trädgårdar (Wissman m.fl., 2015).

Sexuell reproduktion hos blomsterlupin sker främst genom frön (Li m.fl., 2016; Ramula, 2014) och varje planta producerar i genomsnitt 326-2093 stycken (Kleyer m.fl., 2008). Fröbaljorna spricker upp när lupinen är mogen och sprider frön på distanser upp till 5.5 m från moderplantan (Volz, 2003)(refererad till i, Eckstein m.fl., 2023). Många arter av lupiner har fysiskt dormanta frön (C. C. Baskin & Baskin, 1998). Ett dormant frö har inte förmågan att gro trots att fysiska miljömässiga faktorer är gynnsamma (temperatur, ljus/mörker etc.) (J. M. Baskin & Baskin, 2004). Dormans kan orsakas både av fröskal och embryo (Raven m.fl., 2013). Fysiskt dormanta frön en strategi som säkerställer att lupiner överlever katastrofala

perioder så som torka, översvämningar eller bränder (C. D. Jones m.fl., 2016) eftersom det ser till att externa förhållanden för tillväxt är rätt innan fröet groer (Raven m.fl., 2013). De viktigaste externa faktorerna för grobarhet är vatten, syre och temperatur (Raven m.fl., 2013). Vissa arter har frön med ett hårt skal (s.k. exogen dormans) vilket är ogenomträngligt för vatten (Eldredge, 2007; Travlos m.fl., 2007). För att förbättra vattenuptag och groningen hos fysiskt dormanta frön har olika mekaniska- och/eller kemiska skarifieringsmetoder testats. Enligt Baskin och Baskin (1998) är exempel på mekaniska tekniker att använda sandpapper eller redskap för att nagga fröskalet. Kemiska metoder som testats är till exempel varmt vatten, enzymer eller syror (C. C. Baskin & Baskin, 1998). På grund av den fysiska dormansen visar frön av blomsterlupin på medel till hög gröningshastighet, med ett spann från 19% i ett växthus (Söber & Ramula, 2013) upp till 100%, men då endast efter att fröskalet penetrerats genom skarifiering (Royal Botanic Gardens Kew, 2023)(refererad till i, Eckstein m.fl., 2023). Skarifiering med syra, särskilt svavelsyra, är effektivt beroende på koncentration av syra, vilka arter och den tid som används (Baes m.fl., 2002; Can m.fl., 2009; C. D. Jones m.fl., 2016; Patané & Gresta, 2006). Skarifiering med sandpapper (Baes m.fl., 2002; Patané & Gresta, 2006) samt skalpell har även dessa visat sig vara effektiva (Pérez-García, 2009; Salazar m.fl., 2020; Stotzky m.fl., 1962) men de är mer tidskrävande och svåra att standardisera. Enligt professor R. Lutz Eckstein vid Karlstads universitet (personlig kommunikation, 2023, 23 januari) kan skarifiering användas som metod inom forskning vilken syftar till att bekämpa blomsterlupinen. Efter att frön har utsatts för behandling kan skarifiering appliceras för att snabba på eventuell frögroning och man kan därmed avgöra tidigare om behandlingen haft effekt.

Huvudsyftet med studien är att delta i den redan existerande forskningen kring olika skarifieringsmetoders påverkan på frögroning av blomsterlupin. Förhoppningen är även att bidra till arbetet med att komma fram till en effektiv metod som går att standardisera. För att åstadkomma detta utförs ett första experiment genom skarifiering av frön med skalpell, sandpapper, svavelsyra och kyla. Här testas följande hypoteser: (1) Skarifiering av blomsterlupinens frön kommer att öka andelen grodda frön i jämförelse med kontrollgruppen. (2) Skarifiering med syra och skalpell kommer ge bäst resultat av alla behandlingar i enlighet med tidigare studier.

Delsyftet med studien är att ta reda på om det går att dra några kopplingar till hur frön kan påverkas vid förflyttning av jordmassor. Genom ett andra experiment undersöks därför effekten av skarifiering genom skakning av frön i sand respektive grus under tre olika tider. Metoden som används går att standardisera vilket skulle bidra till huvudsyftet. Här testas följande hypoteser: (1) Ju längre tid frön skakas desto bättre groning oavsett behandling med sand eller grus. (2) Skarifiering med sand och grus kommer ge ökad frögroning jämfört med kontrollgruppen.

Material och metod

Studieförberedelser

Den 17e januari 2023 utfördes 2 olika experiment där skarifieringsmetoder på frön av blomsterlupin testades. Frön som användes till studien hade samlats in från flera plantor i Karlstad (59°22'42"N, 13°30'15"E) sommaren 2022 och förvarats i kylrum (8°C). Skarifiering med skalpell, sandpapper, svavelsyra och kyla (experiment 1) samt skakning i sand och grus (experiment 2) under tre olika tider (1, 5 samt 15, minuter) var metoder som testades. Frön från blomsterlupin togs ut ur kylrummet och plockades slumpmässigt upp med pincett ur sin behållare för att läggas i petriskålar (10 cm Ø) preparerade med filterpapper. Femtio frön lades i varje skål och för varje behandling användes 5 replikat (totalt 1,750 frön

ink. kontroll). Frön som användes till kontrollgruppen hade initialt förvarats i 8°C men hållits i rumstemperatur (20 °C) från november 2022.

Experiment 1

Vid behandling med skalpell hölls varje frö fast med en pincett på lämpligast sätt medan snitt gjordes på fröskalet där det fanns åtkomst. Snitten upprepades tills skalet penetrerats och det gröna endospermet kunde skymtas (se fig.1a).

Skarifiering med sandpapper utfördes för hand genom att med ett sandpapper (P100), ett bestämt tryck och cirkulerande rörelser skrubba fröna i sin petriskål (5 min). Efter behandlingen byttes alla filterpapper ut eftersom de påverkats av trycket från fröna.

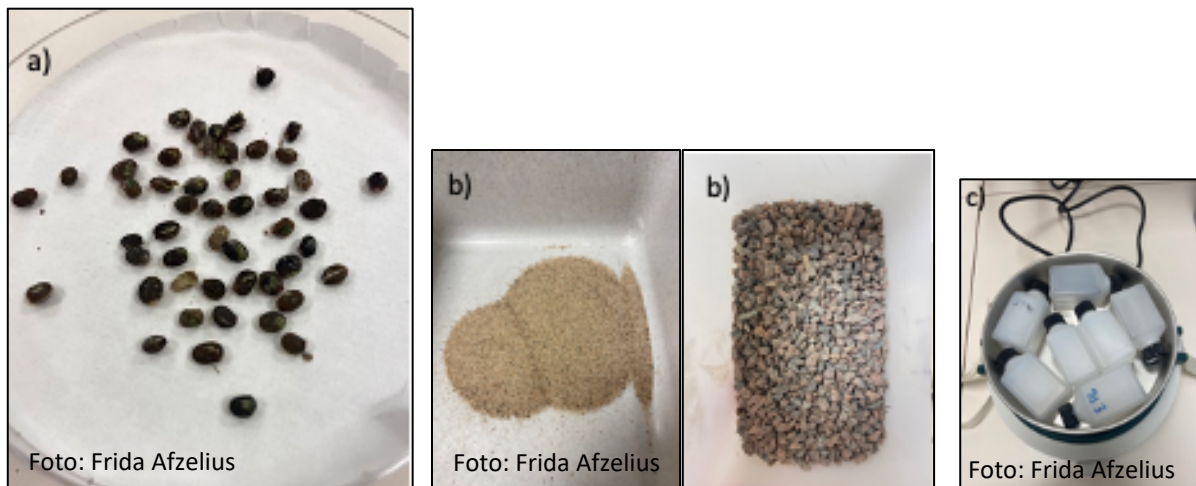
Frön som behandlats med svavelsyra lades i en glasbägare (50 ml) för att sedan täckas med 10ml svavelsyra (96%, 18M). Under tiden de behandlades (5 min) användes en glasstav för att röra om i fröblandningen. Efter behandlingen hälldes svavelsyran med frön i över i en glasbägare preparerad med destillerat vatten (ca 100 ml). Bägaren skakades om lite för att skölja av fröna och sedan silades de bort från vätskan genom en plastsil. De färdigbehandlade fröna överfördes sedan till petriskålar.

För behandling med kyla gjordes inget utöver att fem replikat preparerades med frön direkt från kylrummet.

Experiment 2

Sand och grus (se fig.1b) som användes vid skarifiering genom skakning filtrerades genom silar med olika maskstorlek. En mindre maskstorlek för sand (1mm) och en större för grus (4mm). Samma skarifieringsmetod användes för båda behandlingar och frön överfördes till fem plastflaskor (100ml) preparerade med 10g sand eller 10g grus i varje flaska. För att skaka fröna användes en siktmaskin (Minor 200 bench top) och de fem plastflaskorna lades i den. För stabilitet och fixering lades ytterligare två tomma flaskor i maskinen så att de med frön i inte skulle hoppa runt (se fig.1c). Siktmaskinen skakade fröna med en hastighet av 3000 min⁻¹ på 50 Hz. Efter varje behandling (1-, 5- respektive 15 min) med sand silades den bort från fröna genom en sil (1mm) och frön lades tillbaka i petriskålarna. Efter behandling (1-, 5-, respektive 15 min) med grus hälldes innehållet i flaskorna ut på en bricka och varje frö plockades upp med pincett och lades i petriskålarna.

När samtliga behandlingar från båda experimenten var genomförda tillsattes vatten (ca 4ml) till varje petriskål med hjälp av en plastpipett. Petriskålarna staplades (5 skålar/stapel) slumpmässigt och lades i transparenta plastpåsar. Staplarna placerades sedan i ett odlingssskåp (Panasonic, Versatile Environmental Test Chamber MLR-352) som ställts in på en temperatur av 20°C och en dygnsrytm där det var ljust mellan 08:00-23:00.



Figur 1. a) Skarifiering av frön med skalpell där det gröna endospermet kan skymtas. b) Sand och grus som användes vid skarifiering genom skakning. c) Siktmaskin och flaskor som användes vid skakning av frön. De två mittersta flaskorna syftar till att stabilisera de andra.

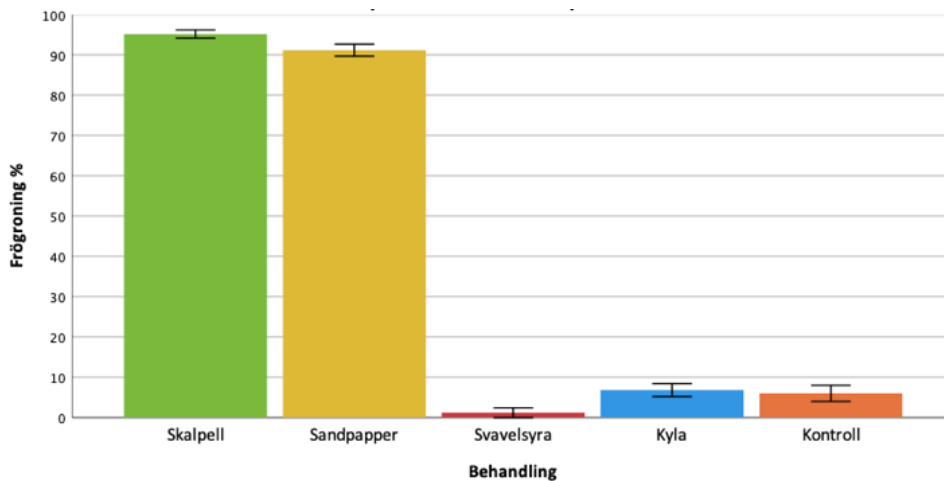
Antalet grodda frön räknades initialt tre dagar i följd vid ungefär samma tid med start 16:00 dagen efter behandlingarna genomförts. Alla frön med en synlig rot räknades som grodda och togs bort. Dag tre tillsattes vatten (ca 2ml) till varje petriskål. Räkningen upphörde sedan under två dagar för att återupptas följande vecka. Petriskålarna kontrollerades då varje måndag och torsdag i tre veckors tid med undantag för sista veckan där räkningen och därmed experimentet avslutades på en onsdag (dag 22) då exakt tre veckor hade passerat. Vatten (ca 2ml) tillsattes dag 13 till de petriskålar som behövde samt till alla skålar (ca 2,5 ml) dag 20.

Statistik

Den procentuella frögroningen för varje replikat beräknades i Microsoft Excel version 16.45 (21011103). För att utföra statistiska tester och se eventuella skillnader i frögroning av de olika behandlingarna användes programmet IBM SPSS Statistics version 28.0.1.1 (14). Till experiment ett, som jämförde frön skarifierade med sand, sandpapper, svavelsyra, kyla och en kontrollgrupp, utfördes en envägs-ANOVA eftersom Levene's homogenitetstest visat lika varians mellan grupperna ($p = 0,626$). Till experiment 2, som jämförde frön skakade i sand eller grus under olika tider (kontrollgrupp ej inkluderad), visade Levene's homogenitetstest att variansen var lika inom grupperna ($p = 0,415$) och därmed utfördes en tvåvägs-ANOVA. Slutligen utfördes en envägs-ANOVA för att jämföra frön skakade i sand eller grus med kontrollgruppen utan avseende på tid. Levene's homogenitetstest visade även här att det var lika varians inom grupperna ($p = 0,826$).

Resultat

Det var en signifikant skillnad ($F_{4,20}=1037,7$, $p < 0,001$) mellan frön behandlade med skalpell, sandpapper, svavelsyra, kyla och kontrollgruppen. Ett Tukey-test visade att behandling med skalpell och sandpapper skilde sig från de övriga behandlingarna ($p < 0,001$) men inte från varandra ($p = 0,361$). Behandling med svavelsyra och kyla skilde sig inte signifikant från kontrollgruppen. Behandling med skalpell och sandpapper hade ett medelvärde av 95% (± 1 SE) respektive 91% ($\pm 1,5$ SE) grodda frön jämfört med kontrollgruppen som hade 6% (± 2 SE) (se figur 2).

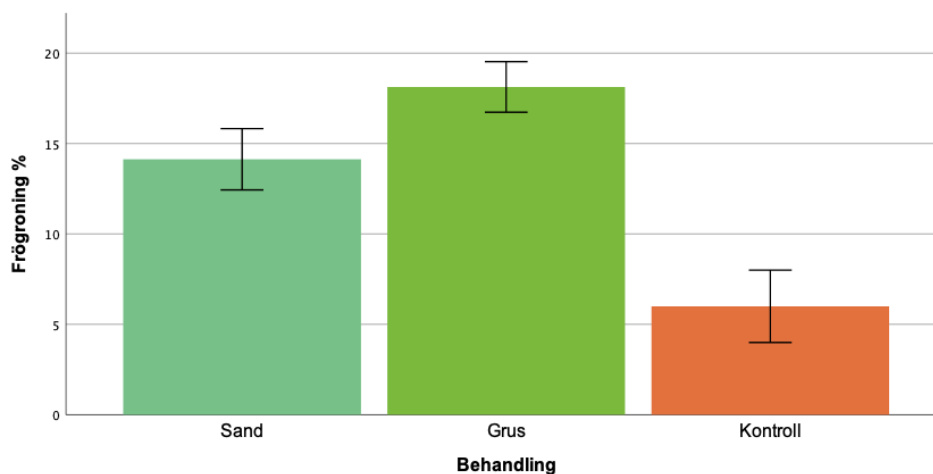


Figur 2. Procent grodda frön av *Lupinus polyphyllus* behandlade med olika skarifieringsmetoder. Felstaplar visar medelvärde ± 1 SE.

Resultatet av en tvåvägs-ANOVA utförd på frön skakade i sand eller grus visade inte på några signifikanta skillnader mellan behandlingar eller tider och inte heller någon interaktion mellan behandling och tid (tabell 1). Vid jämförelse av frön skakade i sand eller grus mot kontrollgruppen visade det sig vara en signifikant skillnad ($F_{2,32}=8,18$, $p = 0,001$) mellan grupperna. Ett Tukey-test visade att skillnaderna låg mellan sand och kontroll ($p = 0,029$) samt grus och kontroll ($p < 0,001$) men inte mellan sand och grus ($p = 0,163$) (se figur 3). Frön behandlade med grus hade ett medelvärde av 18% ($\pm 1,4$ SE) frögroning och behandling med sand gav 14% ($\pm 1,7$ SE) grodda frön.

Tabell 1. Resultat av tvåvägs-ANOVA utförd för att undersöka effekt på frögroning av blomsterlupinfrön behandlade med sand eller grus under 1, 5 respektive 15 minuter.

	df	Mean square	F	Sig.
Behandling	1	120,0	3,297	0,082
Tid	2	44,1	1,212	0,315
Behandling*Tid	2	26,8	0,736	0,489
Varians inom grupper	24	36,4		



Figur 3. Procent grodda frön av blomsterlupin som skarifierats genom skakning i sand eller grus jämfört med en kontrollgrupp. Felstaplar redovisar medelvärde ± 1 SE.

Diskussion

De statistiska testerna visade att av frön skarifierade med skalpell, sandpapper, svavelsyra och kyla var skarifiering med skalpell och sandpapper de behandlingar som resulterade i högst procent frögroning och de enda som skilde sig signifikant från kontrollgruppen. Skarifiering genom skakning i sand och grus gav en signifikant högre procentuell frögroning än kontrollgruppen men skilde sig inte från varandra varken med avseende på behandling eller tid.

I experiment 1 var behandling med skalpell och sandpapper var de enda som skilde sig signifikant från kontrollen. Hypotes 1 som sa att alla skarifieringsmetoder skulle öka frögroning hos frön jämfört med kontrollgruppen bekräftades därmed inte. Hypotes 2, som sa att behandling med skalpell och svavelsyra skulle ge störst effekt på frögroning, bekräftades delvis genom att behandling med skalpell resulterade i 95% grodda frön vilket var bäst resultat av alla behandlingar. Eftersom man tydligt kunde se när alla fröskal penetrerats gick det att dra slutsatser om goda resultat. Att det ändå inte gav 100% frögroning kan delvis bero på att radikeln innanför skalet är känsligt (Pérez-García, 2009). Radikeln är den primära roten, det första som framträder när ett frö gror (Britannica Academic, u.å.b) och den kan ha blivit skadad av snitten och resulterat i utebliven frögroning.

Behandling med sandpapper visade sig vara näst mest effektiv med en frögroning på 91%. Tidigare studier (Baes m.fl., 2002; Patané & Gresta, 2006) har visat på goda resultat av behandlingen. Detta är en metod som testats på olika sätt genom att exempelvis skaka frön i en plastflaska vars insida täckts med sandpapper (Can m.fl., 2009) eller att med hjälp av en träbit täckt av sandpapper rotera frön mot ett plant underlag vilket även det täckts med samma sandpapper (T. A. Jones m.fl., 2016). Metoden som användes i min studie var effektiv men skulle kunna testas vidare med kortare tider än fem minuter för att se om även det kunde ge goda resultat. Alla nämnda skarifieringsmetoder med sandpapper utförs manuellt vilket gör att det inte är lika lätt att standardisera. I en studie använde man en maskin (Model No. 2 Foresberg Huller Can Seed Equipment Ltd.) som kastar runt frön i skarifieraren med olika rotationsfrekvenser under olika lufttryck. Frögroningen i studien ökade från 39% i kontrollgruppen till 60% för de som skarifierats i maskinen (Carleton m.fl., 1971)(refererad till i, Kimura & Islam, 2012). Denna metod är lätt att standardisera men i videon *Forsberg No 2 Huller (Commodity Traders Seed Equipment, 2019)* ser maskinen stor ut och i forskningssammanhang kan det vara bättre med något mindre och mer mobilt.

Behandling med svavelsyra har i tidigare studier visat på varierande resultat. I en studie användes sex olika arter av baljväxten Tagglusern samt åtta arter från klöversläktet vilka blöttes upp i (95-97% koncentrerad) svavelsyra under fem minuter. Fyra arter av Tagglusern visade inte ökad frögroning av behandlingen men hos tre arter av klöverväxterna ökade frögroningen signifikant (Can m.fl., 2009). I min studie kunde ingen signifikant skillnad påvisas vid behandling med svavelsyra. Jag noterade att många frön bytte färg till en rödaktig och svällde upp tidigt under experimentet. Det såg ut som att de tagit upp vatten men ändå skedde ingen frögroning. I en annan studie såg man att andelen grodda frön av två olika ärtväxtarter (*Astragalus hamosus* och *Medicago orbicularis*) utsatta för svavelsyra ökade med tiden och 60 minuter krävdes för 100% frögroning. I studien kunde de notera skadade frön som behandlats med en koncentration av 30% samt 50% svavelsyra (Patané & Gresta, 2006). I en tredje studie, gjord på olika lupinarter, uppnåddes en frögroning på mellan 38-98% beroende på art. Alla arter hade legat i i svavelsyra (18 M) i fem minuter (C. D. Jones m.fl., 2016). Jämför man resultaten från C.D Jones m.fl. (2016) borde behandlingen i mitt experiment, rent teoretiskt, kunnat resultera i ökad frögroning med tanke på att samma tid (fem minuter) och samma koncentration av svavelsyra (18 M) använts. Olika förklaringar till den uteblivna frögroningen i mitt experiment kan ha varit antingen för kort exponering i

syran, att frön skadats av behandlingen eller att arten som användes inte svarade på behandlingen. Vidare studier med längre exponeringstider hade kunnat testas för att se om det gav några resultat på förbättrad frögroning.

I experiment 2 ville jag undersöka om det gick att dra några kopplingar till hur frögroning kan påverkas av förflyttning av jordmassor. Hypotes 1 kunde inte bekräftas då det varken var någon signifikant skillnad på frön behandlade med sand eller grus och inte heller någon skillnad på tiden som använts. Hypotes 2, om att behandlingarna skulle skilja sig från kontrollgruppen, stämde. Trafikverket arbetar för att bevara artrika miljöer i vägkanter och vid järnvägsstationer men kan själva bidra till spridningen av invasiva arter genom slätter, dikning och flytt av jordmassor i samband med byggnationer (Trafikverket, 2020). Med denna studie som stöd kan man tänka sig att dormansen hos blomsterlupinfrön kan brytas av vibrationer som uppstår när jordmassor hanteras och flyttas. Detta skulle kunna leda till ökad frögroning och snabbare spridning. Eftersom den invasiva arten Parlslide (*Fallopia japonica*) sprider sig med jordstammar som kan ge upphov till nya rötter (Wissman m.fl., 2015) gynnas även den av förflyttning av jordmassor. Det kostar mer att hantera infekterade jordmassor än vad det kostar att bekämpa invasiva arter vid skötsel av vägar och järnvägar (Trafikverket, 2022) vilket blir problematiskt eftersom förflyttningen orsakar en stor del av spridningen. Ny forskning om kostnadseffektiva metoder för att hantera infekterade jordmassor behövs för att det ska vara en lönsam bekämpningsåtgärd.

Att helt utrota blomsterlupinen är troligtvis ett omöjligt projekt men det är viktigt att förhindra vidare spridning. Framst i områden med höga naturvärden dvs. områden som innehåller signalarter, rödlistade- och fridlysta arter (Skogsstyrelsen, 2022). Trafikverket, Formas, Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten finansierar gemensamt nya forskningsprojekt för att öka kunskapen om invasiva arter och hur de ska bekämpas (Trafikverket, 2021). Enligt Anders Sjölund på Trafikverket behövs kunskapen för att kunna begränsa och helst stoppa utbredningen av exempelvis blomsterlupin och parkslide (Trafikverket, 2021). Han säger även att det nuvarande arbetet som görs för att värna artrika miljöer i vägkanter och vid järnvägsstationer inte räcker för att nå hållbarhetsmålen för biologisk mångfald utan att mer behöver göras och därför krävs kunskap och förbättrade metoder (Trafikverket, 2021).

Sammanfattningsvis var skarifiering med skalpell och sandpapper var de metoder som resulterade i högst procent frögroning. Skarifiering genom skakning i sand och grus gav en signifikant högre procentuell frögroning än kontrollgruppen vilket kan tyda på att förflyttning av jordmassor kan bryta den fysiska dormansen hos frön och därmed leda till en ökad spridning. Jag hoppas att den här rapporten bidrar till ökad kunskap om blomsterlupinen och skarifieringsmetoders påverkan på frögroning. Samt att den kunnat bidra med underlag för vidare forskning om hur dormans hos frön kan påverkas av förflyttning av jordmassor.

Referenser

Baes, P. O., de Viana, M. L., & Sühring, S. (2002). Germination in *Prosopis ferox* seeds: Effects of mechanical, chemical and biological scarificators. *Journal of Arid Environments*, 50(1), 185–189. <https://doi.org/10.1006/jare.2001.0859>

Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (1998). *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination* (Repr.). Academic Press.

Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14(1), 1–16. <https://doi.org/10.1079/SSR2003150>

Britannica Academic. (u.å.). *Biodiversity loss*.
<https://www.britannica.com/science/biodiversity-loss>

Britannica Academic. (u.å.b). *Plant anatomy*. <https://www.britannica.com/science/radicle>

Can, E., Çeliktaş, N., Hatipoğlu, R., & Avci, S. (2009). Breaking seed dormancy of some annual *Medicago* and *Trifolium* species by different treatments. *Turkish Journal Of Field Crops*, 14(2), Art. 2.

Carleton, A. E., Austin, R. D., Stroh, J. R., Wiesner, L. E., & Scheetz, J. G. (1971). Cicer milkvetch (*Astragalus cicer* L.): Seed germination, scarification and field emergence studies. *Mont Agr Exp Sta Bull*.
https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Cicer+milkvetch+%28Astragalus+cicer+L.%29%3A+seed+germination%2C+scarification+and+field+emergence+studies&author=Carleton%2C+A.E.&publication_year=1971

Commodity Traders Seed Equipment (Director). (2019, juni 24). *Forsberg No 2 Huller* [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=Jn1FM3R_h2g

Eckstein, R. L., Welk, E., Klinger, Y. P., Lennartsson, T., Wissman, J., Ludewig, K., Hansen, W., & Ramula, S. (2023). Biological flora of Central Europe – *Lupinus polyphyllus* Lindley. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 58, 125715.
<https://doi.org/10.1016/j.ppees.2022.125715>

Eldredge, S. D. (2007, december 5). *Beneficial Fungal Interactions Resulting in Accelerated Germination of *Astragalus utahensis*, a Hard-Seeded Legume*.
<https://www.proquest.com/openview/450caa9cf7934a0be11ea7f53582749c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>

Gren, I.-M., Isacs, L., & Carlsson, M. (2009). Costs of Alien Invasive Species in Sweden. *Ambio*, 38(3), 135–140.

Hiltbrunner, E., Aerts, R., Bühlmann, T., Huss-Danell, K., Magnusson, B., Myrold, D. D., Reed, S. C., Sigurdsson, B. D., & Körner, C. (2014). Ecological consequences of the expansion of N₂-fixing plants in cold biomes. *Oecologia*, 176(1), 11–24.
<https://doi.org/10.1007/s00442-014-2991-x>

Hylander, N. (1971). *Prima loca plantarum vascularium Sueciae. Plantae subspontaneae vel in tempore recentiore adventitiae. Första litteraturuppgift för Sveriges vildväxande kärlväxter jämte uppgifter om första svenska fynd. Förvildade eller i senare tid inkomna växter*. Almqvist & Wiksell.

Jones, C. D., Stevens, M. R., Jolley, V. D., Hopkins, B. G., Jensen, S. L., Turner, D., & Stettler, J. M. (2016). Evaluation of thermal, chemical, and mechanical seed scarification methods for 4 Great Basin lupine species. *Native Plants Journal*, 17(1), 5–18.

Jones, T. A., Johnson, D. A., Bushman, B. S., Connors, K. J., & Smith, R. C. (2016). Seed Dormancy Mechanisms in Basalt Milkvetch and Western Prairie Clover. *Rangeland Ecology & Management*, 69(2), 117–122. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2015.12.004>

Kimura, E., & Islam, M. A. (2012). Seed Scarification Methods and their Use in Forage Legumes. *Research Journal of Seed Science*, 5(2), 38–50. <https://doi.org/10.17311/rjss.2012.38.50>

Kleyer, M., Bekker, R. m., Knevel, I. c., Bakker, J. p., Thompson, K., Sonnenschein, M., Poschlod, P., Van Groenendael, J. m., Klimeš, L., Klimešová, J., Klotz, S., Rusch, G. m., Hermy, M., Adriaens, D., Boedeltje, G., Bossuyt, B., Dannemann, A., Endels, P., Götzenberger, L., ... Peco, B. (2008). The LEDA Traitbase: A database of life-history traits of the Northwest European flora. *Journal of Ecology*, 96(6), 1266–1274. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01430.x>

Knudsen, C. (2021). *The impact of the invasive Garden lupine (Lupinus polyphyllus) on plant communities along species rich road verges*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kau:diva-82563>

Kovács-Hostyánszki, A., Szigeti, V., Miholcsa, Z., Sándor, D., Soltész, Z., Török, E., & Fenesi, A. (2022). Threats and benefits of invasive alien plant species on pollinators. *Basic and Applied Ecology*, 64, 89–102. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2022.07.003>

Kuebbing, S. E., Souza, L., & Sanders, N. J. (2014). Effects of co-occurring non-native invasive plant species on old-field succession. *Forest Ecology and Management*, 324, 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.10.031>

Li, S., Li, Q., Tang, L., Yang, B., Fu, J., Clarke, C. A., Jin, X., Ji, C. Z., & Zhao, H. (2016). Theoretical and experimental demonstration of minimizing self-excited thermoacoustic oscillations by applying anti-sound technique. *Applied Energy*, 181, 399–407. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.069>

Ludewig, K., Klinger, Y. P., Donath, T. W., Bärman, L., Eichberg, C., Thomsen, J. G., Görzen, E., Hansen, W., Hasselquist, E. M., Helminger, T., Kaskog, F., Karlsson, E., Kirchner, T., Knudsen, C., Lenzewski, N., Lindmo, S., Milberg, P., Pruchniewicz, D., Richter, E., ... Eckstein, R. L. (2022). Phenology and morphology of the invasive legume *Lupinus polyphyllus* along a latitudinal gradient in Europe. *NeoBiota*, 78, 185–206. <https://doi.org/10.3897/neobiota.78.89673>

Mossberg, B., & Stenberg, L. (2018). *Svensk fältflora* (4:e uppl.). Bonnier Fakta.

Naturvårdsverket. (u.å.a). *Biologisk mångfald*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/biologisk-mangfald/>

Naturvårdsverket. (u.å.b). *Blomsterlupin*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/invasiva-frammande-arter/Arter/arter-som-nej-omfattas-av-regler/blomsterlupin/>

Naturvårdsverket. (u.å.c). *Invasiva arter*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/invasiva-frammande-arter/Arter/>

Patanè, C., & Gresta, F. (2006). Germination of *Astragalus hamosus* and *Medicago orbicularis* as affected by seed-coat dormancy breaking techniques. *Journal of Arid Environments*, 67(1), 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.02.001>

Pérez-García, F. (2009). Germination characteristics and intrapopulation variation in carob (*Ceratonia siliqua* L.) seeds. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7(2), Art. 2. <https://doi.org/10.5424/sjar/2009072-431>

Ramula, S. (2014). Linking vital rates to invasiveness of a perennial herb. *Oecologia*, 174(4), 1255–1264. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2869-3>

Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2013). *Biology of plants* (Eighth edition). W.H. Freeman and Company Publishers.

Rendeková, A., Mičieta, K., Hrabovský, M., Eliašová, M., & Miškovic, J. (2019). Effects of invasive plant species on species diversity: Implications on ruderal vegetation in Bratislava City, Slovakia, Central Europe. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 88(2), Art. 2. <https://doi.org/10.5586/asbp.3621>

Royal Botanic Gardens Kew. (2023). *Seed Information Database (SID)*. <https://ser-sid.org/species/707abb64-b024-45c9-97a6-f9356baa88a8>

Salazar, D. E., Santos, L. G., Wenzl, P., & Hay, F. R. (2020). Effect of dry heat on seed germination of *Desmodium* and *Stylosanthes* species. *Seed Science and Technology*, 48(3), 419–437. <https://doi.org/10.15258/sst.2020.48.3.11>

Sher, A., & Primack, R. B. (2020). *An introduction to conservation biology* (Second edition). Sinauer Associates : Oxford University Press.

Skogsstyrelsen. (2022, oktober 5). *Naturvårdsarter*. <https://www.skogsstyrelsen.se/miljo-och-klimat/biologisk-mangfald/signalarter/>

Slingenberg, A., Baat, L., van der Windt, H., Rademaekers, K., Eichler, L., & Turner, K. (2009). *Study on understanding the causes of biodiversity loss and the policy assesment framework*. European Commission Directorate-General for Environment. https://www.fondazionevilupposostenibile.org/f/sharing/Causes%20of%20biodiversity%20loss%20and%20the%20policy%20assessment%20framework%20_EU%20comm.pdf

Söber, V., & Ramula, S. (2013). Seed number and environmental conditions do not explain seed size variability for the invasive herb *Lupinus polyphyllus*. *Plant Ecology*, 214(6), 883–892. <https://doi.org/10.1007/s11258-013-0216-8>

Stotzky, G., Cox, E. A., & Goos, R. D. (1962). Seed Germination Studies in *Musa*. I. Scarification and Aseptic Germination of *Musa Balbisiana*. *American Journal of Botany*, 49(5), 515–520. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1962.tb14973.x>

Trafikverket. (2020, maj 5). *36 miljoner till forskning för att bekämpa invasiva arter*. trafikverket@trafikverket.se. <https://bransch.trafikverket.se/om-oss/aktuellt-for-dig-i-branschen3/aktuellt-om-forskning-och-innovation2/2020-05/36-miljoner-till-forskning-for-att-bekampa-invasiva-arter/>

Trafikverket. (2021, januari 26). *Nya forskningsprojekt för att stoppa invasiva arter* [Text]. Trafikverket; trafikverket@trafikverket.se. <https://bransch.trafikverket.se/om-oss/aktuellt-for->

dig-i-branschen3/aktuellt-om-forskning-och-innovation2/2021-01/nya-forskningsprojekt-for-att-stoppa-invasiva-arter/

Trafikverket. (2022, juni 3). *Invasiva arter vid vägar och järnvägar*. trafikverket@trafikverket.se. <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo---for-dig-i-branschen/natur-kultur-och-landskap/invasiva-arter-vid-vagar-och-jarnvagar/>

Travlos, I. S., Economou, G., & Karamanos, A. I. (2007). Germination and emergence of the hard seed coated *Tylosema esculentum* (Burch) A. Schreib in response to different pre-sowing seed treatments. *Journal of Arid Environments*, 68(3), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.07.001>

Volz, H. (2003). Ursachen und Auswirkungen der Ausbreitung von *Lupinus polyphyllus* Lindl. Im Bergwiesenökosystem der Rhön und Maßnahmen zu seiner Regulierung. (*Doctoral dissertation, Universitätsbibliothek Giessen*). <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2003/1319/pdf/VolzHarald-2003-10-14.pdf>

Wissman, J., Norlin, K., & Lennartsson, T. (2015). *Invasiva arter i infrastruktur*. Centrum för biologisk mångfald. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/cbm/dokument/publikationer-cbm/cbm-skriftserie/invasiva-arter-i-infrastruktur.pdf>