



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för mark och miljö

# Utbredning av *Plasmodiophora brassicae* som orsakar klumprotsjuka

*Distribution of *Plasmodiophora brassicae* causing the  
clubroot disease*

Gunnar Cederberg

Kandidatuppsats i biologi  
Agronomprogrammet – inriktning mark/växt

---

Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU  
2018:03

Uppsala 2018



# Utbredning av Plasmodiophora brassicae som orsakar klumprotsjuka

Distribution of Plasmodiophora brassicae causing the clubroot disease

*Gunnar Cederberg*

**Handledare:** Johanna Wetterlind, institutionen för mark och miljö, SLU

**Biträdande handledare:** Ann-Charlotte Wallenhammar, Hushållningssällskapet

**Examinator:** Bo Stenberg, institutionen för mark och miljö, SLU

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i biologi – kandidatarbete

**Kurskod:** EX0689

**Program/utbildning:** Agronomprogrammet – mark/växt 270 hp

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2018

**Serietitel:** Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU

**Delnummer i serien:** 2018:03

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** oljeväxter, raps, spridning, kartläggning, provtagning, vilosporer, ArcMap

Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för mark och miljö



## Innehåll

Sammandrag .....	4
Abstract.....	5
Introduktion .....	6
Symtom .....	6
Biologi .....	7
Spridning .....	8
Risker .....	8
Markfaktorer.....	9
Hantering .....	9
Provtagning och analys .....	9
Historia.....	11
Oljeväxtodlingen i Sverige .....	11
Klumprotsjuka i Sverige.....	12
Utbredning i världen .....	12
Sammanställning av läget i Sverige .....	15
Syfte .....	15
Material .....	16
Metod .....	16
Resultat .....	17
Diskussion .....	19
Referenser.....	23
Tryckta källor.....	23
Nätpublikationer .....	25



## **Sammandrag**

Klumprotsjuka i oljevaxter är ett ökande problem i världens växtodling. Syftet med detta arbete är att påbörja en kartläggning av klumprotsjukans utbredning i Sverige, samt göra en litteraturstudie om biologin hos organismen som orsakar klumprotsjuka och utbredningen i några andra länder.

Sammanställningen av utbredningen av klumprotsjuka i Sverige är baserad på jordprover som är inskickade till Eurofins Agrotesting Sweden AB av Svensk Raps medlemmar, samt från olika rapsförsök i Sverige och har visualiserats i form av en karta. Provsvaren har tillhandahållits av Albin Gunnarsson på Svensk Raps och Ann-Charlotte Wallenhammar på Hushållningssällskapet i Örebro.

En genomgång av uppgifter om utbredning har visat på stora svårigheter att kartlägga den verkliga spridningen, något som också gäller den svenska kartan som påbörjats här. För att få fram en säkrare bild av den verkliga spridningen krävs en ökad provtagning där proverna tas slumpmässigt.

## **Abstract**

Clubroot disease is an increasing problem in the world's oilseed crops production. The aim of this work is to take the first step in doing a survey of the spread of clubroot disease in Sweden, as well as to do a literature study on the biology of the organism that causes clubroot disease and its proliferation in some other countries.

The survey of the distribution of clubroot disease in Sweden is based on soil samples submitted to Eurofins Agrotesting Sweden AB from members of Svensk Raps around the country, along with analysis of clubroot disease from various rapeseed field studies in Sweden, and are visualised in a map. Svensk Raps is an industry company that was formed to strengthen the competitiveness of Swedish oil crop. The analysis results have been obtained from Albin Gunnarsson at Svensk Raps and Ann-Charlotte Wallenhammar at The Rural Economy and Agricultural Societies Örebro.

The maps from different parts of the world highlighted here show great difficulties in mapping the actual distribution. This also applies to the Swedish map that was started in this work. To obtain a more accurate picture of the actual spread, more fields need to be analysed and the fields need to be randomly distributed.



## Introduktion

Klumprotsjuka orsakas av den encelliga organismen *Plasmodiophora brassicae* som idag klassas som en svampliknande protist vilket betyder att den varken är en svamp, växt eller ett djur (Wallenhammar, 2012). Denna organism orsakar en av de ekonomiskt mest betydelsefulla sjukdomarna på odlade korsblommiga växter. Redan på 1500-talet var symtomen av klumprotsjuka kända i Spanien, men inte förrän stora skador på kålodlingar uppmärksammades år 1887 i S:t Petersburg kopplades symtomen till organismen *Plasmodiophora brassicae*, som då blev klassificerad som en svamp. Idag är klumprotsjukan utbredd i stora delar av Skandinavien, de första uppmärksammade angreppen i Sverige var i höstoljeväxter under 1960-talet (Wallenhammar, 1997). Anledningen till att klumprotsjuka är en så allvarlig sjukdom i Sverige idag är dels att den kan ge starkt reducerad skörd i odling av oljeväxter och dels att den producerar långlivade vilosporer. Dessa vilosporer kan överleva i marken upp emot 20 år vilket gör att den kan hindra framtida odling av oljeväxter, som idag är en av våra mest värdefulla avbrottsgrödor från dagens spannmålsdominerade växtföljder (Moberg et al., 2000). Idag är klumprotsjuka ett växande problem på grund av att arealen raps har ökat. Framförallt har arealen höstraps ökat de senaste åren (Olsson, 2017)

## Symtom

Symtomen som uppstår när en planta drabbas av klumprotsjuka är att det bildas stora svulster på plantans rötter (Dixon, 2006; 2009). Dessa svulster gör att rötternas viktiga funktion att ta upp näring och vatten försämras kraftigt. En följd effekt av symtomen på plantans rötter är att plantan blir svag och eftersatt och kan få en dvärgtillväxt. Ofta syns det tydligt varma dagar att plantan har problem med sin vattenupptagning då plantorna kan börja sloka under dagen för att sedan återhämta sig under natten. Dessa symtom blandas lätt ihop med andra faktorer som till exempel stress eller andra sjukdomar. Om ett rapsfält drabbats av för tidig mognad kan inte orsaken bestämmas genom att endast studera de ovanjordiska symtomen på långt håll. Symtomen måste studeras närmare för att avgöra om

orsaken är klumprotsjuka eller någon annan vanlig sjukdom som till exempel sjukdomen bomullsmögel, då de ovanjordiska symtomen av dessa kan vara snarlika (Gossen et.al., 2013). För att avgöra om ett påverkat fält är drabbat av klumprotsjuka är det säkrast att gräva upp plantor och studera rötterna. Finns det svulster så är det ett säkert symptom för klumprotsjuka. Hur stor skördenedsättningen blir beror på en rad olika faktorer som till exempel markfukt och temperatur. Vid kraftiga angrepp och för organismen gynnsamma förhållanden, med hög markfukt och temperatur, kan plantor helt vissna ner och dö. Men ofta resulterar det bara i nedsatt skörd. Klumprotsjuka sprids genom sina vilosporer som kan överleva länge i marken (Fogelfors red., 2015). Finns det vilosporer i marken behöver dessa stimuleras av en signal från värdväxten för att gro. När vilosporerna sen har grott är de beroende av markfukt för att kunna simma till värdväxtens rötter. Detta gör att angreppen av klumprotsjuka ofta blir störst på jordar som har en god vattenhållande förmåga.

## **Biologi**

Organismen *P. brassicae* som orsakar klumprotsjuka klassificerades först som en svamp vilket senare upptäcktes vara felaktigt. Idag är det känt att organismen tillhör den eukaryota gruppen Rizaria (Adl et al., 2012).

Organismen har en livscykel som består av två olika skeden, primär och sekundärinfektion (Schwelm et al., 2015). Klumprotsjukans livscykel börjar med att en primär zoospor bildas ur en vilospor genom stimulans av rotexudat från en värdväxt (Wallenhammar 1997). Denna zoospor simmar genom markvätskan till ett rothår för att infektera. Inne i rothåret bildas ett primärt plasmodium som senare bildar sekundära zoosporer. De sekundära zoosporerna släpps sedan ut i markvätskan där flera av dem sammansmälter två och två till zygoter. Dessa kan sedan infektera växtens rot, inne i rotens cortex och epidermisceller där det sekundära plasmodiet bildas. Organismen utsöndrar här enzymet glucobrassicin som stimulerar växten till celledning och cellförstoring. I den förstörade roten sätter det sekundära plasmodiet igång att bilda nya sekundära zoosporer samt nya vilosporer. Vilosporerna frigörs sedan till marken i takt med att roten bryts

ner i väntan på att nästa värdväxt ska växa och stimulera vilosporen att bilda en ny generation zoosporer.

## **Spridning**

Klumprotsjuka sprids genom sina vilosporer som har en stark överlevnad. I Mellansverige har det genom studier visat sig att det kan ta upp till 17 år innan smittan i ett kraftigt infekterat fält sjunkit till en nivå som inte går att upptäcka (Wallenhammar, 1996). Även om oljeväxter inte odlas på många år efter en infektion kan sporererna hållas vid liv genom att infektera mottagliga ogräs och spillplantor från tidigare odlingar av oljeväxter (Wallenhammar, 2012). Vanliga ogräs inom familjen Brassicaceae som penningört och lomme kan infekteras av klumprotsjuka och därmed kan hålla uppe antalet vilosporer i marken. Klumprotsjukans vilosporer kan flyttas mellan fält med jord som till exempel följer med traktorer eller redskap som körts i infekterade fält och på så sätt kan klumprotsjuka spridas långa sträckor (Cao et al., 2009). De kan även spridas med vind och vatten, och vinden har potentiellt möjlighet att sprida markpartiklar och sporer hundratals kilometer (Gossen et al., 2013). En studie från Kina visar på ytterligare en spridningsväg genom matspjälkningsystemet hos boskap (Chai et al., 2015). Studien visar att vilosporererna kan överleva genom matspjälkningsystemet hos bland annat kycklingar och grisar, vilket gör att gödsel från djur som utfodrats med bland annat angripna rotfrukter som odlas i infekterad jord är en spridningsväg för klumprotsjuka.

## **Risker**

Eftersom ett starkt angrepp av klumprotsjuka kan göra det svårt att odla oljeväxter på många år är det viktigt att förhindra infektion av marken. Det viktigaste är att bekämpa alla värdväxter för att förhindra uppförökning och spridning av vilosporer. Ett stort problem är spillplantor som gror några veckor efter skörd ofta under augusti månad, organismen har då optimala förutsättningar för att infektera och infektionen kan gå snabbt (Wallenhammar, 2012). Augustiklimatet är gynnsamt på grund av hög markfukt samt en hög marktemperatur. Spillplantorna bör bekämpas innan

de blir så stora att de kan angripas och föröka upp vilosporerna (Dixon, 2006).

## Markfaktorer

I första stadiet i *P.brassicaes* livscykel när rothåren infekteras gynnas organismen av ett låg pH runt 4,9 (Gossen et al., 2013). När angreppet senare går in i det sekundäras stadiet gynnas det av ett något högre pH runt 5,9. Slutsatsen av detta är att organismens infektionscykel gynnas av svagt försurade jordar med pH under 7, dock betyder inte det att risken försvinner i jordar med högre pH. I Kanada har kraftiga angrepp uppmärksamats i fält med pH över 8, och i dessa fält har övriga förhållanden som hög temperatur och hög fuktighet varit gynnsamma för organismen. Vid sådd av höstraps under augusti gynnas organismen inte bara av markfukt och temperatur utan också av gödning som ofta läggs i form av ammoniumkväve (Dixon, 2009). När det sedan omvandlas till nitratkväve bildas en tillfälligt en surare miljö vilket ger optimala förhållanden för infektion.

## Hantering

Klumprotsjukans vilosporer sprids väldigt lätt genom att infekterad jord flyttas mellan fält. Det sker oftast med redskap och maskiner därför är det väldigt viktigt att maskiner och redskap rengörs noggrant innan användning på andra fält. På ett fält som varit kraftigt infekterat kan det finnas extremt stora mängder vilosporer i några enstaka gram jord, så det kan räcka med att lite jord följer med skorna på en besökare i fältet (Wallenhammar et al,2016). Men den största risken för att sprida klumprotsjuka är med maskiner och redskap som kan flytta stora mängder jord och där med stort antal vilosporer (Hwang et al., 2013).

## Provtagning och analys

För att undvika att odla raps på ett fält som innehåller mycket vilosporer, och därmed stor risk för stora skördeföruster så finns idag en snabb PCR analys för kvantitativ bestämning av DNA av *P. brassicae* i jorden. Detta

innebär att en lantbrukare kan skicka in ett jordprov och kan få analysvar redan efter en vecka (Eurofins, 2015). Fram till början av 2000-talet användes istället biotester för att bestämma om marken innehöll någon *P. brassicae*. (Wallenhammar, muntligt 2017). Biotester utfördes i växthus genom att mottaglig gröda odlades i krukor med de jordprov som samlats in för att testas, resultatet angavs i procent infekterade plantor. När biotester var en metod som användes fanns inga resistenta sorter att tillgå så rekommendationer som gavs var att undvika odling vid minsta spår av infektion. Eftersom biotester kräver odling i växthus i cirka sex veckor så är det dyrt och tar lång tid, detta har inneburit att en lantbrukare behövt vänta upp till två månader på analysvar från prover (Wallenhammar et al., 2014). Idag gör man inga biotester utan istället används den mycket snabbare och känsligare metoden där analysen utförs av företaget Eurofins och baseras på PCR teknik som mäter antal DNA kopior från *P. brassicae* per gram jord (Wallenhammar et al., 2012). Hur mycket DNA som finns bestäms med hjälp av en standardkurva som innehåller plasmider med en specifik *P. brassicae* sekvens. För att tolka resultatet från proverna så har en klassificering gjorts där olika mängder har delats upp i olika klasser med olika riskbedömningar för att få angrepp enligt tabell 1 (Eurofins, 2015). Riskbedömningarna är framtagna med forskning på angrepp i fält (Wallenhammar et al., 2012). Eftersom lantbrukaren kan få analysvar inom en vecka så underlättar det för planering av växtföljd, och kan därmed ändra planen att odla raps eller indikera på ett val av en resistent rapssort. Själva jordprovet tas på samma sätt till båda analysmetoderna, det som är viktigt är att det är ett representativt prov från fältet vilket kan tas i ett "W" mönster över hela fältet med en jordborr (Lindahl Larsson, 2009).

Tabell 1. Tolkning av analysresultat från kvantitativ PCR analys uttryckt som antal DNA-kopior per gram jord. Tabell kopierad från informationsblad om analysen från Eurofins (Eurofins, 2015).

Antal DNA kopior per gram jord	Tolkning	Vägledande rekommendationer <sup>1</sup>
Inget DNA av <i>P. brassicae</i> påvisat i provet	<b>IP 0</b> Ingen förekomst	Låg risk för angrepp <sup>2</sup> . Odlas mottaglig sort.
<1300 DNA kopior per gram jord <sup>2</sup>	<b>IP 1</b> Låg förekomst	Odlas mottaglig sort. Risken för skördesänkning bedöms vara mindre än 10 %. Resistent sorter angrips också vid låga smittonivåer.
>1300 men <50000 DNA kopior per gram jord	<b>IP 2</b> Måttlig förekomst	Odlas resistent sort <sup>3</sup> . Risken för skördesänkning bedöms vara större än 10 % för mottaglig sort.
>50 000 men <325 000 DNA kopior per gram jord	<b>IP 3</b> Hög förekomst	Odlas resistent sort <sup>3</sup> .
>325 000 DNA kopior per gram jord	<b>IP 4</b> Mycket hög förekomst	Försök visar att resistent sorter kan angripas kraftigt.

<sup>1</sup>Uppgifterna är baserade på fältförsök utförda i vårrybs (Wallenhammar et al., 2000)

<sup>2</sup>Smitta kan finnas utanför provtagningspunkterna. <sup>3</sup>Observera att resistent sorter angrips .

IP: Infektionspotential

## Historia

### *Oljeväxtodlingen i Sverige*

Innan andra världskriget bröt ut tog Sveriges regering ett beslut att stötta och utveckla odlingen av oljeväxterna Brassica alltså raps och rybs, detta på grund av att Sverige skulle bli mer oberoende av omvärlden och som ett led i att öka självförsörjandegraden (Wallenhammar et al., 2014). Före världskrigen var lin den dominerande oljeväxten och raps och rybs odlades i en väldigt liten skala. Arealen raps och rybs ökade då extremt snabbt från 370 hektar till 176 000 hektar på endast elva år. Odlingen var sedan stabil runt 165 000 hektar per år fram till Sveriges inträde i EU då odlingen minskade kraftigt ner till 50 000 – 60 000 hektar på grund av sämre lönsamhet. Från år 2001 till 2016 har arealen raps och rybs ökat från 44 300 hektar till 92 953 hektar med en topp år 2013 på 125 700 hektar (Svensk Raps, 2017). Den stora förändringen är fördelningen mellan vår-

och höstraps och 2016 var andelen höstraps 90 procent vilket är en väldigt stor ökning. Vårrapsen minskade kraftigt mellan år 2014 och 2015 när EU förbudet mot den effektiva betingen mot jordloppor kom, effekten av det blev en stor ökning av höstraps (Olsson, 2017). Idag är raps den viktigaste oljeväxten i Europa. (Wallenhammar et al., 2014).

### ***Klumprotsjuka i Sverige***

Rova har varit en betydelsefull gröda i svensk historia för att föda den svenska befolkningen och tros ha spelat en stor roll vid spridningen av klumprotsjuka (Hedene, 1968). Redan från början av 1980-talet finns rapporter om kraftiga infektioner av klumprotsjuka i oljeväxter ifrån västra Sverige. I Örebro län uppmärksammades flera fall av klumprotsjuka i mitten av 1980-talet. Det togs då 190 prover från olika fält på 18 olika gårdar som testades i växthus med biotester (Wallenhammar, 1996). Testerna visade att *P. brassicae* fanns i 78 procent av de undersökta fälten. Under de följande åren togs 380 prover runt om i landet där oljeväxter odlades som visade på att 57 procent innehöll *P. brassicae* (Engqvist, 1994). Under senare år har angrepp av klumprotsjuka ökat i områden med mycket rapsodling, angrepp har rapporterats i både höst och vårraps ifrån olika områden som Skåne och Örebro (Wallenhammar, 2015).

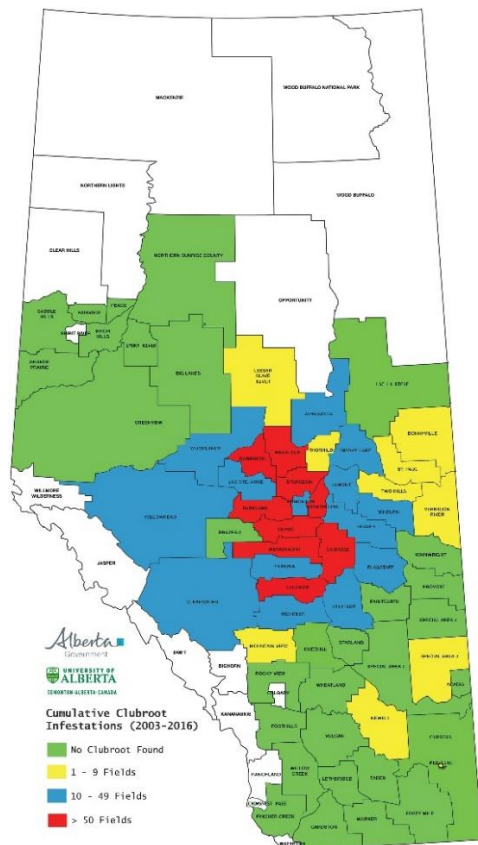
### **Utbredning i världen**

Klumprotsjuka är utbredd över stora delar av världen där värdväxter odlas (till exempel Dixon, 2009; 2014). I Kanada odlas stora arealer raps vilket har gjort klumprotsjukan till ett stort problem (t.ex. Strelkov, 2014). Kanada odlade cirka 9 miljoner hektar raps år 2012 (Statistics Canada, 2017). Vilket är mer än tre gånger så mycket som Sveriges totala åkerareal som var cirka 2,5 miljoner hektar år 2016 (Olsson, 2017). Med största sannolikhet spreds klumprotsjuka till Kanada med rovor som odlats i infekterade fält i Europa och sedan sålts som foder till Kanada (Howard et al., 2010).

I Kanada har klumprotsjuka kartlagts i provinsen Alberta av "Alberta Agriculture and Rural Development" (Strelkov et al., 2013). I Alberta upptäcktes klumprotsjuka första gången i rapsfält utanför Edmonton först

2003 och har därefter snabbt spridits vidare i provinsen, vilket har kartlagts av forskare enligt Figur 1. Kartan är uppdelad i län som visar angrepp av klumprotsjuka i antal fält. Sjukdomsangreppen baseras på en enkät som ett forskarteam från University of Alberta startade år 2004. Enkäten skickades till lantbrukare som odlade raps i närområdet, främst under september månad efter att lantbrukaren stränglagt rapsen, för att då lättast kunna rycka upp rötter och se eventuella svulster innan nedbrytningen av rapsrötterna kommit för långt. Enkäten grundades på resultatet från att lantbrukaren dragit upp minst 50 rötter nära infarten till fältet och studerat rötterna (Gossen et al., 2015). Detta på grund av att det visat sig att det är störst risk att hitta angrepp just vid infarten till ett fält (Cao et al., 2009). Om symtom av klumprotsjuka hittades graderades planrötter i ett "W" mönster över hela fältet (Gossen et al., 2015). Symtomen som hittades graderades på en skala mellan 0 och 3, som sen användes för att beräkna infektionsgraden för fältet. Resultatet av antalet infekterade fält (alla fält med infektionsgrad 1 eller högre) har sedan först in i en karta, kartan visar inte infektionsgraden utan bara antal infekterade fält i varje län mellan åren 2003 och 2016.

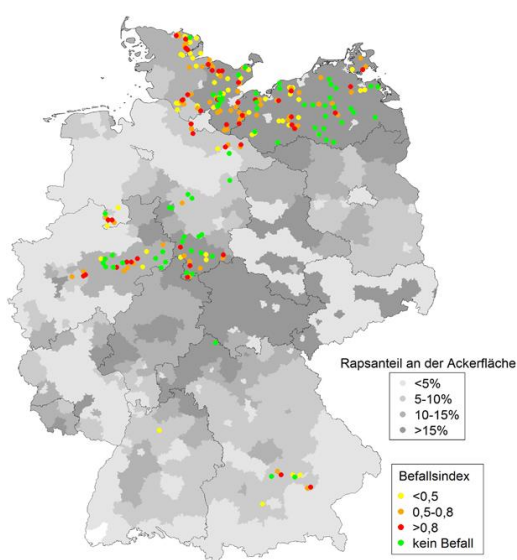




Figur 1. Klumprotsjuka i Alberta (Statistics Canada, 2017). I län som är markerade med grönt har inga fält med klumprotsjuka hittats, i läns som markerats med gult har 1-9 fält med klumprotsjuka hittats, i län som markerats med blått har 10-49 fält med klumprotsjuka hittats och i de fält som markerats med rött har mer än 50 infekterade fält hittats.

Tittar vi på utbredningen av klumprotsjuka i Europa så har studier av utbredningen gjorts bland annat i Storbritannien (McGrann et al., 2016). Proverna analyserades med biotester som gjordes 2008 och 2009 på 96 jordprover som tagits runt om i Storbritannien. Analyserna visade att 2008 gav 57 procent av proverna upphov till symptom av klumprotsjuka och 2009 var siffran 40 procent. Största delen av proverna som togs i Storbritannien kom från gårdar där klumprotsjuka tidigare funnits, men det fanns även positiva prover från gårdar som inte tidigare haft klumprotsjuka. Analyssvaren visade också att andelen infekterade prover var ungefär lika stor i England som Skottland. Två infekterade prover kom också från Wales. I Skottland var klumprotsjuka utbredd över stora delar medan utbredningen i England var mer lokal.

År 2013 och 2014 gjordes en studie i Tyskland där 237 jordprover samlades in och testades med biotester (Strehlow et al., 2014). Av proverna gav 66 procent upphov till symptom av klumprotsjuka. Provresultaten framgår av figur 2 som visar andelen raps på åkerarealen och angreppsindex för klumprotsjuka. Enligt slutsatserna i artikeln ger kartan dock inte en helt korrekt bild av klumprotsjukan utbredning i Tyskland, eftersom proverna inte tagits slumpmässigt utan tagits där misstanke om att klumprotsjuka fanns.



Figur 2. Karta över utbredning av klumprotsjuka i Tyskland. (Strehlow et al., 2014).

## Sammanställning av läget i Sverige

### Syfte

Efter samtal med Albin Gunnarsson på Svensk Raps, samt en genomgång av den svenska litteraturen om klumprotsjuka har det kommit fram att det inte finns någon sammanställning av de prover som är tagna i Sverige som motsvarar de sammanställning som är gjord för Alberta i Kanada och i Tyskland. Syftet med mitt arbete är därför att börja sammanställa det provresultat som finns från Sverige. Ett led i detta är att ge ett förslag på hur informationen skulle kunna presenteras i en Sverigekarta. Allt eftersom fler prover tas skulle de sedan kunna läggas in i kartan för att ge en bild av klumprotsjukans spridning och utbredning i Sverige. Kartan är även tänkt

att få fler lantbrukare som odlar raps intresserade av att ta prover för att kunna minska spridningen.

## Material

Sammanställningen är baserad på provsvar som jag fått av Albin Gunnarson. En del av dessa prover är tagna av lantbrukare som odlar raps, medan en annan del av proverna är från olika rapsförsök runtom i landet. Lantbrukare som odlar raps och är medlemmar i Sveriges Frö- och Oljeväxtodlare får rabatt på analys av klumprotsjuka mot att Svensk Raps får en kopia av provsvaren. Dessa provsvar är den data som använts i sammanställningen. Kartan är gjord i det geografiska informationssystem (GIS) -programmet ArcMap 10.5 där en karta över Sveriges kommuner använts som grund.

## Metod

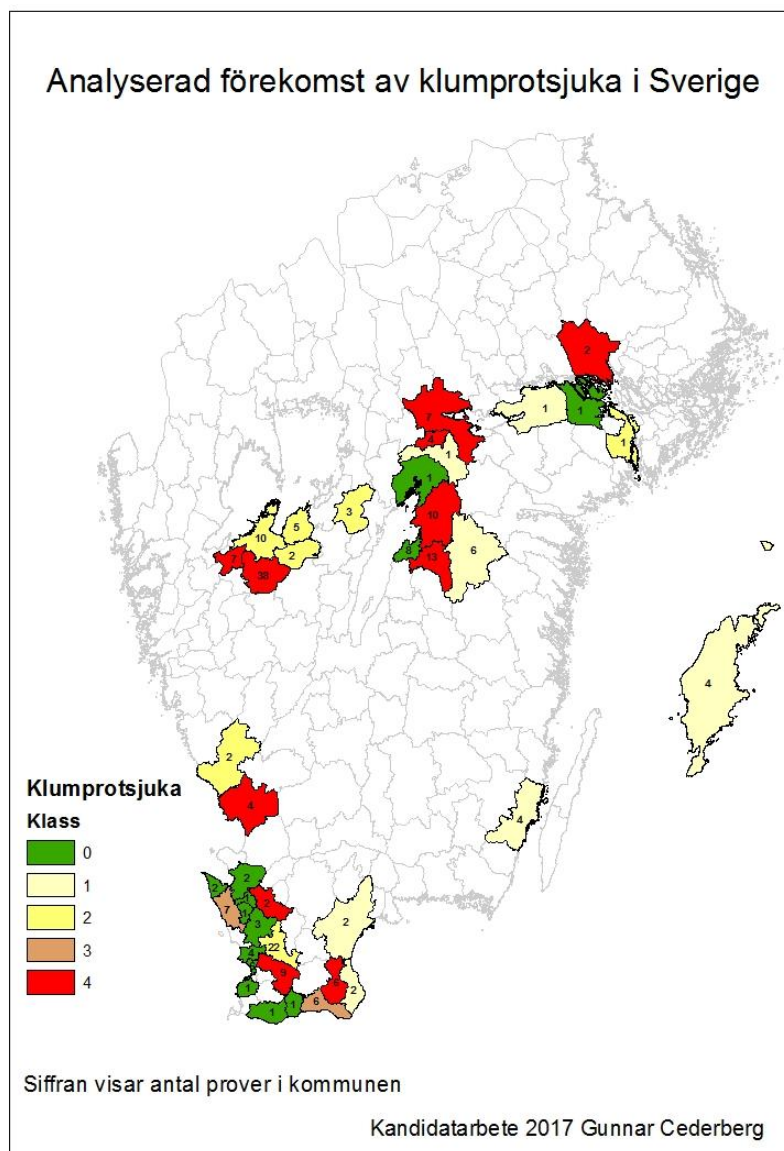
Prosvaren från Svensk Raps har sorterats kommunvis och förts in i kartan. Prosvaren har haft lite olika märkning, en del prover har varit märkta med ett gårdsnamn eller namnet på lantbrukaren medan andra har varit märkta med endast namnet på fältet. Därför har mycket arbete lagts ned på att hitta kommunen där respektive prov tagits. För att göra detta har jag gjort sökningar på gårdsnamn på bland annat söksidan [www.Eniro.se](http://www.Eniro.se). De prover som inte gått att hitta genom sökningar har Albin Gunnarsson hjälpt mig att hitta kontaktpersoner till. När jag fastställt i vilka kommuner proverna tagits börjar arbetet i programmet ArcMap med att lägga in värdena för respektive kommun. För att försöka få en så rättvis bild som möjligt har jag lagt in antal prov som är tagna i varje kommun samt hur många procent av dem som är infekterade. Varje prov representerar ett fält. I många fall finns bara en analys från en gård, men ibland har flera fält på samma gård analyserats. I de fallen har alla enskilda provsvar lagts in. I provsvaren anges ett värde för antal DNA kopior av *P.brassicæ* per gram jord. I varje kommun där minst ett prov tagits har fem olika kolumner fyllts i. Max värde, min. värde, antal prov, procent infekterade prover och klass. Klassificeringen är baserad på den klass kommunens max värde hamnat i.

Klassificeringsskalan tabell 1 följer med provtagningen från Eurofins och är utformad av Ann-Charlotte Wallenhammar baserad på information från Wallenhammar et al., (2001) och Wallenhammar et al., (2012) för att lantbrukare ska kunna tolka provsvaren och följa råden för att minska risken för att utveckla och sprida klumprotsjuka.

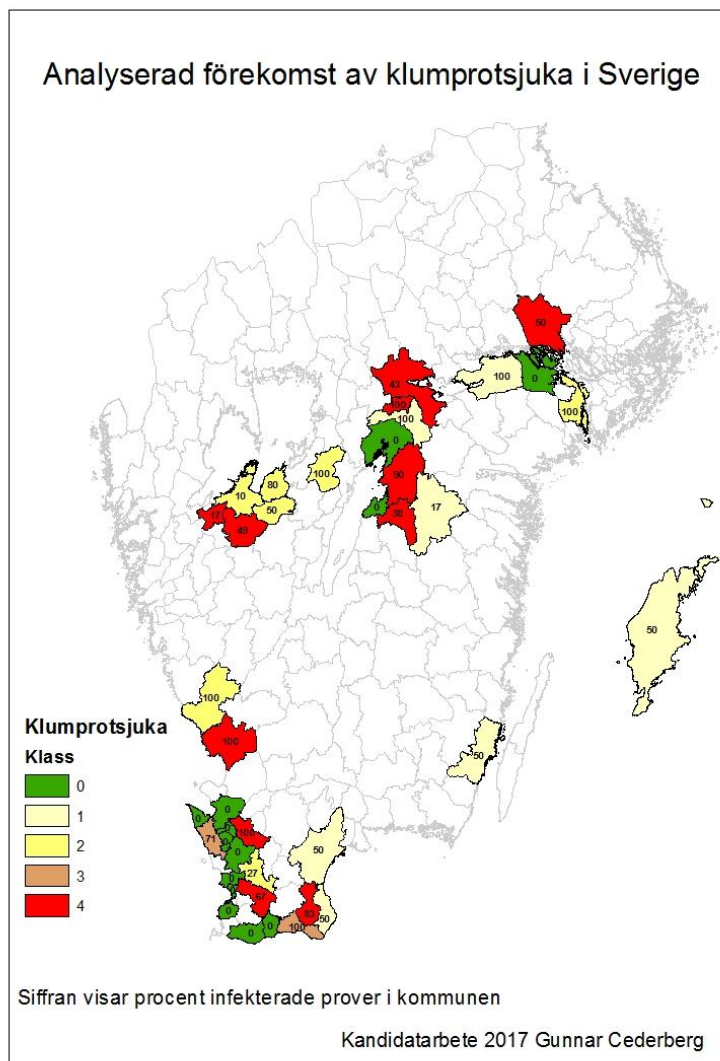
## Resultat

Studien bygger på ett underlag bestående av 212 prover som är fördelade mellan 40 olika kommuner. Proverna är tagna mellan åren 2012 och 2017. Variationen mellan kommunerna är allt från 1 till 38 prover per kommun. Av de 212 proverna så är 43 procent infekterade med *P. brassicae*. Infektioner varierar från <1300 till >10 miljoner DNA kopior av *P. brassicae* per gram jord. Tyvärr går det inte att spåra exakt hur många prover som kommer från enskilda gårdar eller försök, då märkningen av provsvaren i många fall varit bristfällig och detaljerad information om provplatsen saknas.

Färgmarkeringen på kartan i figur 3 och 4 visar klassindelning enligt tabell 1 med hänsyn till det högsta infektionsvärdet i kommunen. Klasserna följer klassificeringsskalan i tabell 1. På kartan i figur 3 visar siffran i varje kommun antalet prover som är tagna i kommunen. På kartan i figur 4 visar siffran istället procent av proverna som är infekterade. Värt att notera är att kartan inte ger en komplett bild av den lokal spridningen då det saknas prover från ett stort antal kommuner där raps är en vanligt förekommande gröda.



Figur 3 karta som visar utbredningen av klumprotsjukas DNA i de kommuner där prover skickats in för analys under 2012 till 2017. Klassindelning med färger är från tabell 1, där klass 0 innebär ingen förekomst och låg risk för angrepp och klass 4 mycket hög förekomst. Siffran i kommunen visar antal prover.



Figur 4 karta som visar utbredningen av klumprotsjukas DNA i de kommuner där prover skickats in för analys under 2012 till 2017. Klassindelning med färger är från tabell 1, där klass 0 innebär ingen förekomst och låg risk för angrepp och klass 4 mycket hög förekomst. Siffrorna i kommunen visar procent av proverna som är infekterade.

## Diskussion

Det material som analyserats i arbetet innehåller för få prover för att ge en rättvis bild av klumprotsjukans utbredning i Sverige. Att 43 procent av de 212 prover analyserats är infekterade tyder dock på en stor förekomst av klumprotsjuka, vilket bör tas på allvar eftersom det är en organism som orsakar stora problem på lång sikt och idag inte går att direkt bekämpa. Av de 212 prover som analyserats får inte heller glömmas att det förmodligen

är många prover som är tagna där misstanke om klumprotsjuka finns. Tyvärr saknas information för att ta reda på hur många prover som kommer från fält som misstänks vara smittade.

Vid genomgång av litteraturen som beskriver spridningen kan jag se två problemområden som är viktiga att känna till vid tolkningen av de kartor som visar utbredningen. Det ena problemet handlar om hur platserna för provtagning valts ut och det andra är kopplat till hur infektionsgraden analyserats. Kartan som tagits fram som en del i detta arbete skiljer sig därför något från kartan som är gjord över Alberta (Statistics Canada, 2017). Framförallt på grund av att kartan över utbredningen i Sverige baseras på provsvar testade med PCR tekniken, istället för enkätsvar från lantbrukare som använts som underlag till kartan över Alberta. Fördelen med att basera kartan på provsvar, istället för enkätsvar som bygger på en visuell bedömning av angreppet, är en högre säkerhet medan nackdelen är en för låg täckning. Kartan över Alberta får istället en heltäckande bild men med en risk för viss osäkerhet. Eftersom analysmetoden med PCR är relativt ny så har det tagits för få prover i förhållande till vad som behövs för att få en heltäckande bild av klumprotsjukans utbredning i Sverige. Kartan är därför en första version som är tänkt att uppdateras efterhand som fler prover tas. En stor fördel med att använda provtagningen är också att lantbrukare kan undvika att odla raps på fält med infektion och på så sätt minska risken för uppförökning och spridning. Kartan över Alberta visar på riktiga angrepp av klumprotsjuka medan kartan för Sverige visar på potentiella angrepp. Kartorna för Tyskland och Storbritannien visar även dem på potentiella angrepp som kommer från provtagning, skillnaden är proverna i Tyskland och Storbritannien analyserats med på biotester istället för den nya PCR-tekniken som i Sverige.

Även om klumprotsjuka varierar mycket mellan olika fält och gårdar så har jag valt att dela upp kartan i kommuner, vilket jag tycker ger en tillräckligt bra upplösning. Det är även en fråga om sekretess och jag har tillsammans med Albin Gunnarson kommit fram till att lägga det på en nivå där ingen enskild gård pekas ut, då klumprotsjuka kan tänkas påverka bland annat

markpriser och arrendekostnader. Alternativet som diskuterats var att lägga det på sockennivå. Med detta upptäcktes två problem, dels en bristfällig märkning av provsvar samt en risk för att peka ut små områden med en stark infektionsgrad. Det gör kommuner till en mer lagom nivå där ingen specifik gård, eller mindre plats pekats ut.

Kartan visar en stor skillnad i spridningen av klumprotsjuka mellan olika kommuner. Det är dock viktigt att ta hänsyn till hur många prover som är tagna i de olika kommunerna. Antalet prov varierade mellan 1 och 38. Flest prover är tagna i Skåne av den enkla anledningen att rapsodlingen är mer utbredd där. Eftersom många prover kommer från olika försök så kommer många av de kommuner som har mycket försök innehålla fler provsvar. Nackdelen med kartan är att kommunens klass som är markerad med färg är baserad på högsta värde i kommunen. I några kommuner där flera prover har tagits kan endast ett prov haft hög infektionsgrad vilket gjort att det hamnat i en hög klass medan resterande provsvar i kommunen legat på noll. Detta gör att det kan tolkas som en orättvis bild av utbredningen i kommunen. Antal prov och procent infekterade prover visas med en siffra i varje kommun på kartan i figur 3 och 4. Det är viktigt att komma ihåg att kartan är en första version som behöver utvecklas ytterligare för att kunna ge en heltäckande bild. Många av dessa prover är tagna på fält där klumprotsjuka funnits eller där misstanke om klumprotsjuka finns vilket gör att stor del av proverna inte är slumpmässigt tagna och därmed påverkar resultatet. Detta gör att utbredningen i en del kommuner kan överskattas, medan en avsaknad av prover från flertalet kommuner gör att utbredningen i hela landet kan underskattas. Detta problem har också noterats i studierna från Tyskland (Strelow et al., 2014; Noor, 2016) där det i slutsatsen konstaterats att proverna inom vissa områden möjligen valts ut baserat på symtom som kan ha andra orsaker än klumprotsjuka, även fast majoriteten av proverna tagits i områden där utbredningen av rapsodling varit stor och en stor risk för klumprotsjuka.

Jag har även personliga erfarenheter av fält med infektion av klumprotsjuka i en kommun där inga prover är tagna, och det finns ett



flertal fältobservationer i Syd och Mellansverige från 2016 och 2017 (Wallenhammar, muntligt; Holmgren, 2017). Slutsatsen av det är att klumprotsjukan förmodligen är betydligt mer utbredd än vad underlaget till kartan visar. För att återkoppla till kartans syfte är det meningen att flera ska bli inspirerade att ta prover före odling av raps.

Idag är klumprotsjuka ett växande problem i Sverige, mycket på grund av rapsens höga värde som avbrottsgröda i dagens spannmålsdominerande växtföljder. I Sverige kommer också många nya redskap för att etablera höstraps och många lantbrukare väljer att hyra in tjänsten med till exempel direktsådd av höstrapsen. Detta medför en möjlig spridningsväg med infekterad jord mellan olika gårdar, då en maskinstation kan ha svårt att hinna rengöra maskin och redskap ordentligt mellan uppdragen på olika gårdar. Det är därför av stor betydelse för lantbrukare att känna till såväl utbredningen som allvaret och effekten av klumprotsjuka. För att stoppa spridningen och minska problemet är det viktigt att alla tar sitt ansvar. En viktig åtgärd är att satsa mer resurser på forskningen, men är också på att förmedla kunskapen till lantbrukare. Sveriges växtodlingsrådgivare har därför en mycket viktig roll i arbetet med att sprida kunskap om klumprotsjuka till Sveriges lantbrukare.

## Referenser

### Tryckta källor

Adl, S. M., Simpson, A. G. B., Lane, C. E., Lukes, J., Bass, D., Bowser, S. S., et al. (2012). The revised classification of eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 59, 429 – 514.

Cao, T., Manolii, V. P., Strelkov, S. E., Hwang, S-F. & Howard, R. J. (2009) Virulence and spread of *Plasmodiophora brassicae* in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, vol. 31, 2009.

Chai, A. L., Li, J. P., Xie, X. W., Shi, Y. X. & Li, B. J. (2015) Dissemination of *Plasmodiophora brassicae* in livestock manure detected by qPCR. *Plant Pathology*. January 2016, Vol.65.

Dixon, G. R. (2006) The biology of *Plasmodiophora brassicae*. Wor- A review of recent advance. 271 *Proc. Joint Meeting 14th Crucifer Genetics Workshop & 4th ISHS Symposium on Brassicas* Ed. Y.P. Lim *Acta Hor.* 706, ISHS 2006.

Dixon, G. R. (2009) *Plasmodiophora brassicae* in its Environment. *J Plant Growth Regulator*

Engqvist LG. (1994) Distribution of clubroot in Sweden and the effect on infection and oil content of oilseed rape. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift*. 104:82–86.

Fogelfors, H., red. (2015) *Vår mat – Odling av åker- och trädgårdsgrödor*, Studentlitteratur, Lund.

Gossen, B. D., Deora, A., Peng, G., Hwang, S-F. & McDonald, M. R. (2013) Effect of environmental parameters on clubroot development and the risk of pathogen spread. *Canadian Journal of Plant Pathology*, Vol. 36 2014.

Gossen, B. D., Strelkov, S. E., Manolii, V. P., Rennie, D. C., Cao, T., Hwang, S-F., Peng, G., & McDonald, M. R. (2015) Spread of *Plasmodiophora brassicae* on canola in Canada, 2003–2014: Old pathogen, new home. *Canadian Journal of Plant Pathology*, Vol. 37

- Hedene KA. (1986) Inventering av svampsjukdomar i oljevaxter i västra Sverige 1985. *Svensk Frötidning*, 5, 126–128.
- Hwang, S-F., Howard, R. J. Strelkov, S. E., Gossen, B. D. & Peng, G. (2013) Management of clubroot on canola in western Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, Vol. 36 2014.
- Lindahl Larsson, G (2009) Ny DNA-analys spårar sporer. *Svensk Frötidning*, 2.
- McGrann, Graham, R.D., Gladders, P., Smith, J. A. & Burnett, F. (2016) Control of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) in oilseed rape using varietal resistance and soil amendments. *Field Crops Research* Volume 186,
- Moberg, S., Elmeklo, J. & Andersson, S. (2000) Samverkan är nyckeln till framgång. *Svensk Frötidning*. 8, 12-15.
- Olsson, Y. (2017) Jordbruksmarkens användning 2016. Sveriges officiella statistik, statistiska meddelanden, Statens Jordbruksverk, Serie JO - Jordbruk, skogsbruk och fiske, JO 10 SM 1701.
- Schwelm, A., Dixelus, C. & Ludwig-Muller, J. (2015) New kid on the block – the clubroot pathogen genome moves the Plasmodiophorids into the genomic era. *European Journal of Plant Pathology*. 2015
- Strehlow, B., de Mol, F. & Struck, C. (2014). Location and Crop Management Affect Clubroot Severity in Germany. *Gesunde Pflanzen*, Volume 66. 2014.
- Wallenhammar, A-C (2015) Klumprotsjuka hittad igen. *Arvensis* 4.
- Wallenhammar, A-C (2012) Konsten att hantera klumprotsjuka. *Svensk Frötidning*, 3.
- Wallenhammar A-C. (1996) Klumprotsjuka i våroljevaxter förekomst och motåtgärder. *Svenska Växtskyddskonferensen 1996*, v.37, sid. 119-125.
- Wallenhammar, A-C (1997) Klumprotsjuka på oljevaxter. *Sveriges lantbruksuniversitets faktablad om växtskydd, jordbruk*, Nr 44J 1997.

Wallenhammar, A-C., Almquist, C., Schwelm, A., Roos, J., Marzec-Schmidt, K., Jonsson, A. & Dixelius, C. (2014) Clubroot, a persistent threat to Swedish oilseed rape production. *Canadian Journal of Plant Pathology*, Vol. 36.

Williams PH, Aist SJ, Aist JR. 1971. Response of cabbage root hairs to infection by *Plasmodiophora brassicae*. *Canadian Journal of Botany* 49:41–47.

## Nätpublikationer

Statistics Canada [Internet]. 2012. Table 001–0010 – Estimated areas, yield, production and average farm price of principal field crops, in metric units, annual, CANSIM (database); [updated 2013 Oct 4; cited 2013 Oct 17].

Tillgänglig:

<http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?lang=eng&retrLang=eng&id=0010010&paSer=&pattern=&stByVal=1&p1=1&p2=31&tabMode=dataTable&csid> [2017-04-26]

Eurofins. 2015. Klumprotsjuka, Analys av *Plasmodiophora brassicae* i jord med snabb och specifik kvantifiering med DNA - baserad teknik. 2015-07-07 ver 3. Tillgänglig:

<http://www.eurofins.se/media/681411/folder-rapssiukdomar20150707.pdf> [2017-05-20]

Svensk Raps. 2017. Medelareal oljevaxter. Tillgänglig:

[http://www.svenskraps.se/oljevaxt/arealer\\_oljevaxter\\_medel.asp](http://www.svenskraps.se/oljevaxt/arealer_oljevaxter_medel.asp) [2017-05-12]