ARBETSRAPPORT 1138-2022

# Resistenstestning hos nya poppelkloner

Resistens mot *Xanthomonas populi* - bakteriekräfta. Delrapport 4 för projektet *Förbättring av hybridaspens och poppelns produktionspotential*

Mateusz Liziniewicz

Ett angrepp på stammen av bakteriekräfta. Foto: L.-G. Stener

skogforsk

# Innehåll

**Förord** ..... **4**

**Sammanfattning** ..... **5**

**Summary** ..... **6**

**Bakgrund** ..... **7**

Bladrost ..... 7

Bakteriekräfta ..... 8

Resistensförädling ..... 9

**Syfte** ..... **10**

**Material och Metod** ..... **10**

Material ..... 10

Metod ..... 12

Resultat och diskussion ..... 13

Slutsatser ..... 16

Litteratur ..... 16

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 10 december 2022 av Thomas Kraft, Programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering 16 december 2022.

Redaktör: Anna Franck, anna@annafranck.se
©Skogforsk 2022 ISSN 1404-305X

# Förord

Poppelns (*Populus sp.*) höga produktionspotential gör den till ett intressant odlingsalternativ i Sverige. Antalet testade och rekommenderade kloner är emellertid litet och det finns ett behov att utöka antalet.

Poppel växer snabbt på bra marker men är drabbad av några svamp- och bakteriesjukdomar som vanligtvis leder till höga ekonomiska förluster. Bladrost (*Melampsora larici-populina*) och bakteriekräfta (*Xanthomonas populi*) är de två vanligaste sjukdomarna i Europa. Bladrost finns redan i Sverige medan bakteriekräfta ännu inte observerats. Däremot finns det en stor sannolikhet att den kommer att finnas i Sverige i framtiden.

Tidigare forskning har visat att det finns en stor variation hos poppel i resistens mot sjukdomar och att det finns en stor genetisk komponent bakom resistensen. Därför kan nya kloner tas fram genom kontrollerade korsningar mellan resistenta föräldrar.

För att en specifik klon ska kunna rekommenderas måste den testas för resistens mot sjukdomar så att nya planteringar inte anläggs med mottagliga kloner. Mot den bakgrunden testades 38 nya poppelkloner av arten *P. trichocarpa* för resistens mot bakteriekräfta och bladrost.

Resultaten från testerna mot bakteriekräfta visas i rapporten. Information från testerna mot bladrost kommer att inhämtas under 2023 eftersom naturliga infektioner inte var tillräckliga under 2022 för att utvärdera resistens. Den framtagna kunskapen kan användas för ett framtida urval av kloner för odling i Sverige.

Studien har finansierats med medel från Energimyndigheten.

Svalöv, november 2022

Mateusz Liziniewicz

# Sammanfattning


**Resultat från resistenstest av nya poppelkloner**

Resistenstester av poppel mot *Xanthomonas populi* och *Melampsora larici-populina* utfördes för 38 *P. trichocarpa*-kloner. Klonerna var korsningar mellan olika rena *P. trichocarpa*-kloner. Alla kloner utom en var av kanadensiskt ursprung och träden som ingick i studien var mellan 6 och 26 år gamla när de valdes ut till försöket. Urvalet gjordes med hänsyn till tillväxt- och kvalitetsegenskaper. Klonerna har hittills betraktats som potentiella kommersiella kloner för odling i Sverige.

Plantor förökades från kvistar och planterades på ett fält vid plantskolan Geraarsbergen (INBO, Belgien). Infektioner med *Melampsora larici-populina* ansågs kunna ske på naturlig väg från intilliggande lärkträd medan infektioner med *Xanthomonas populi* utfördes manuellt på varje testad planta med en känd bakteriestam, LMG 5743.

Efter ett år i fält (hösten 2022) observerades en tydlig variation för ett genomsnittligt stranguleringsindex, som indikerar effekten av infektioner av *Xanthomonas populi*. Redan i detta skede kunde nio kloner klassificeras som mycket känsliga för infektioner med en medelpoäng på över två. Bland övriga kloner fanns också en variation där vissa kloners medelvärde låg något under 2 medan andra, med ett ännu lägre värde, visade sig vara mindre känsliga.

Observationerna av *Xanthomonas populi* gjordes under ett år men det rekommenderas att effekten av infektioner följs även nästa år för att studera utvecklingen av sjukdomen över tid.

Resistenstestet mot *Melampsora* bygger på naturliga infektioner av patogener från intilliggande lärkbestånd. Testplatsen är känd för högt *Melampsora*-tryck på grund av de många intilliggande lärkträden, som är mellanvärd för patogenen. Infektionstrycket var dock inte tillräckligt högt 2022 för att kunna göra en tillförlitlig bedömning vilket istället kommer att göras under det kommande året.

Etablering av nya poppelplantager i Sverige kräver ökad förädling och urval av nya välväxande och resistenta kloner. Testerna av nytt material bör omfatta testning av resistens mot både redan förekommande patogener och nya som är kända i Europa då det är troligt att de snart kan finnas i Sverige.

# Summary


**Results from resistance test of new poplar clones**

Resistance tests against *Xanthomonas populi* and *Melampsora larici-populina* were established for 38 *P. trichocarpa* clones selected in Sweden. Clones were crosses between pure *P. trichocarpa* clones. All clones except one was of Canadian origin and the trees used were between 6 and 26 years old when they were selected for the experiment. The selection was done based on growth and quality properties and the clones have been considered as potential commercial clones in Sweden.

Plants were propagated from twigs and planted in the field at the nursery Geraarsbergen (INBO, Belgien). Infections with *Melampsora larici-populina* relied on natural infections from adjacent larch trees while infections with *Xanthomonas populi* were done manually on each tested ramet with the bacterial strain LMG 5743.

After one year in the field (autumn 2022), an average girdling (strangulation) score that assessed an effect of infections by *Xanthomonas populi* varied among clones. Already at this stage there were nine clones that were classified as highly susceptible for infections with an average score over two. Among the other clones there was also variation, with some clone's average slightly under two and some others less susceptible.

The observations of *Xanthomonas populi* were done during one year but it is recommended that the effect of infections is monitored next year as well, to study the development of the disease over time.

The test of resistance against *Melampsora* relies on natural infections of pathogens from adjacent larches. The test place at Geraarsbergen is known for high *Melampsora* pressure due to a high number of adjacent larch trees that are secondary hosts for the pathogen. However, the infection level was not high enough during 2022 to give a reliable assessment which therefore will be done during 2023.

Establishment of new poplar plantations in Sweden require an intensified breeding and selection of new well-growing and resistant clones. The tests of new material should cover testing of resistance against present pathogens and new ones that are known in Europe, as it is likely that they might be present in Sweden in the near future.

# Bakgrund

Poppel är ett intressant komplement till odling av gran på nedlagda åkermarker. Bördig mark möjliggör hög virkesproduktion av poppel under en kortare omloppstid än för gran. Förutom betesskador drabbas planterade poppelkloner av olika svamp- och bakteriesjukdomar som ger allvarliga försämringar av volymproduktion och virkeskvalitet. Lyckligtvis har vissa arter och kloner av poppel visat hög resistens och ärftlighet mot sjukdomar, vilket möjliggör resistensförädling parallellt med produktionsinriktad förädling.

Kunskapen om resistens hos utvalda svenska poppelkloner mot olika patogener är bristfällig och kommer uteslutande från mätningar och observationer av enskilda träd i fälttester. Skador orsakade av patogener varierar mellan olika år (Pinon *m.fl.* 2006) och mellan olika lokaler. Det är därför möjligt att skador inte observeras vid mätning av tillväxtegenskaper som sker återkommande i förädlingsprogrammet för poppel i Sverige. Stener & Westin (2015) utförde resistenstestning av svenska kommersiella poppelkloner och visade att det fanns flera icke resistenta kloner i den klonblandning som då rekommenderades för poppelodling.

Bladrost (*Melampsora larici-populina*) och bakteriekräfta (*Xanthomonas populi*) hör till de mest allvarliga patogenhoten mot poppelodlingar (Isebrands & Richardson 2014). Även om *Xanthomonas populi* inte har observerats i Sverige är sannolikheten stor att den kommer att införas från Europa som en effekt av växthandel och klimatförändringar. Resistenstestning kan i detta fall ha ett förebyggande syfte.

### Bladrost

Bladrost är en svamp av arten *Melampsora larici-populina*. Den är den vanligaste, mest allvarliga och mest spridda bladpatogen som förekommer hos poppel. I många länder har svampen begränsat möjligheterna för poppelplanteringar med syftet att producera ved, biomassa och andra ekosystemtjänster.

Kraftiga rostangrepp kan orsaka tidig bladfällning och påverka knoppbildning och fenologi (Figur 1). Försämrad överlevnad, vitalitet och tillväxt är vanliga konsekvenser av angrepp (Steenackers *m.fl.* 1996, Butin 1983) och ökar också risken för skador av sekundära patogener som svampen *Dothichiza populea* (poppelkräfta). Klonen Beaupre minskade sin biomassaproduktion med 20–30 % året efter ett kraftigt angrepp och med upp till 50-60 % de följande åren (Gastine *m.fl.* 2003). Nästan alla kända kommersiella kloner kan påverkas negativt av bladrost.

Figur 1. Bladrostangrepp på poppelblad. Foto: L.-G. Stener

Patogenen utvecklar lätt nya stammar som uppstår i den sexuella fasen på mellanvärden lärk (Frey *m.fl.* 2005, Cellerino 1999). Förekomsten av lärk är en viktig faktor som påverkar omfattningen av bladinfektion i planteringar. Med tilltagande avstånd mellan lärk och poppel, samt sen infektion på hösten minskas rostens skadeeffekter (Isebrands & Richardson, 2014).

**Bakteriekräfta**

Infektion med bakteriekräfta (*Xanthomnas populi*) sker via färska sår och bladskaftsärr. Efter infektionen sprids kräftan i barkvävnaden som ofta spricker upp. Mycket känsliga poppelkloner dör ofta andra året efter infektionen som en konsekvens av strangulering, det vill säga transport av vatten och näring i träden upphör (Figur 2). Vissa kloner är toleranta mot bakteriekräfta och klarar ett angrepp. En yttre skada som inledningsvis syns på stammen övervallas då helt av frisk vävnad (Sabet & Dowson 1952).

Figur 2. Stam skadad av bakteriekräfta (*Xanthomnas populi).* Foto: L.-G. Stener

Konsekvenserna av ett angrepp på mindre mottagliga kloner är en kvalitetssänkning på av virket som inte kan användas för mer avancerade produkter och därför ofta hamnar som massaved.

Första tecknet på sjukdomen syns vanligtvis inte i praktiska odlingar före 10 års ålder men infektionen kan ske tidigare och spridas (Steenackers *m.fl.* 1990, 1996). Utgallring av infekterade träd rekommenderas för att minska infektionsrisken (Gremmen & Koster 1972)

Insekterna *Phytobia carbonaria* och *Paranthrene tabaniformis* (svart poppelglasvinge), som borrar sig in i stammen, skapar gångar som underlättar spridning av patogenen i träden och kan även överföra den mellan träd.

Växthandel med infekterat plantmaterial bidrar till patogenens spridning. Däremot sker detta inte vid handel med ved och vedprodukter.

## Resistensförädling

*Melampsora* delar en lång co-evolutionär historia med *Populus*, med ett konstant samspel av resistens och patogenicitet. En förbättrad förståelse av försvarsmekanismen i poppelblad kan hjälpa till att minska skador i plantager av de ekonomiskt viktiga poppelarterna och ge grundläggande insikter om den evolutionära biologin vid värd-patogeninteraktioner. Detsamma gäller resistens mot bakteriekräfta som ännu inte observerats i Sverige men som är en vanlig sjukdom i Europa.

Studier i södra Europa har visat en stor genetisk variation i resistens mot olika sjukdomar bland poppelarter och poppelkloner (Butin 1983, Steenackers 1966, Rajora *m.fl.* 1994). Resistensen är under stark genetisk kontroll, dvs har höga värden för heritabilitet. Korsningar mellan kloner och mellan arter kan användas för att ta fram resistenta kloner.

Förädlingsarbetet i Europa har varit fokuserat på *P. deltoides* och *P. trichocarpa* med målet att ta fram kloner med fullständig resistens mot specifika patogener (Steenackers et al. 1996, Pinon & Frey 2005). Denna resistens har dock en tendens att brytas ned genom att patogenerna utvecklar nya stammar. Exempelvis kan nämnas de inledningsvis resistenta klonerna Boulare och Beaupré, båda *P. trichocarpa* x *P. deltoides*, som använts på stora arealer i Belgien, Holland och Frankrike. I slutet på 1980-talet och början av 1990-talet drabbades dessa kloner av kraftiga *Melampsora*-angrepp och såväl unga som äldre bestånd dog. Idag finns inga kloner som kan betraktas som helt resistenta och förädlingsarbetet är numera inriktat mot partiell istället för specifik resistens. Det är därmed frågan om en generell resistens som verkar mot alla raser och genotyper av rostsvampen. Man vill också förädla för tolerans.

Kloner av *P. trichocarpa* och *P. maximowiczii*, som är de mest intressanta arterna i Skandinavien blir dock aldrig helt resistenta. Testning av avkommor från nya korsningar mellan bra föräldrar och mellan olika arter kan emellertid öka motståndskraften.

# Syfte

Huvudsyftet med studien var att studera resistens mot *Melampsora larici-populina* (bladrost) och *Xanthomnas populi* (bakteriekräfta) bland 38 nya kloner som har potential att bli kommersiella i södra Sverige.

Bättre kontroll på resistens mot allvarliga patogener kommer att förbättra odlingssäkerheten vid kommersiell odling med de framtagna klonerna.

# Material och Metod

### Material

Totalt valdes 38 *P. trichocarpa* x *P. trichocarpa*-kloner för resistenstestning (Tabell 1). Alla kloner utom S21K766049 ingick i olika försök vid Vombsjön i södra Skåne (55° 39'N, 13° 35'E, Christersson *m.fl.* 2018). Klonen S21K766049 är en rekommenderad klon för södra Sverige som finns i Skogforsks klonarkiv. Urvalet av de intressanta 37 klonerna gjordes efter minst sex års tillväxt i fält (Tabell 1). Alla kloner utom en var av kanadensiskt ursprung (Tabell 1).

Tabell 1. Lista över testade kloner utvalda 2016 från olika fältförsök vid Vombsjön i södra Skåne.

| Klon | Fältförsök | Planteringsår |
|---|---|---|
| S21K766049 | Skogforsks klon | 1976 |
| S21K1660620 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660621 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660622 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660623 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660624 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660625 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660626 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660627 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660628 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660629 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660630 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660631 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660632 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660633 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660634 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660635 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660636 | Malins Hed, Radförsök | 2010 |
| S21K1660637 | Malins Hed, 3x3 försöket | |
| S21K1660638 | Malins Hed, 3x3 försöket | |
| S21K1660639 | Karins lund | 1990 |
| S21K1660640 | Karins lund | 1990 |
| S21K1660641 | Karins lund | 1990 |
| S21K1660642 | Karins lund | 1990 |
| S21K1660643 | Karins lund | 1990 |
| S21K1660644 | Karins lund | 1990 |
| S21K1660645 | Karins lund | 1990 |
| S21K1660646 | Oskars hage | 2010 |
| S21K1660647 | Oskars hage | 2010 |
| S21K1660648 | Oskars hage | 2010 |
| S21K1660649 | Oskars hage | 2010 |
| S21K1660650 | Oskars hage | 2010 |
| S21K1660651 | Oskars hage | 2010 |
| S21K1660652 | Oskars hage | 2010 |
| S21K1660653 | Oskars hage | 2010 |
| S21K1660654 | Oskars hage | 2010 |
| S21K1660655 | Oskars hage | 2010 |
| S21K1660656 | Oskars hage | 2010 |

Från varje klon togs ca 10 stycken 23 cm långa grenbitar som hade minst två vitala knoppar. Grenbitarna togs från ett-åriga skott i Ekebos klonarkiv. Grenbitarna skickades till INBO i Gerardsbergen i Belgien under vintern 2020.

I juni 2020 stacks grenbitarna direkt i marken i plantskolan. Efter ett år i fält kapades övre delen av plantorna för att gynna rotutvecklingen så att nya skott kunde utvecklas från välutvecklade rötter. Ogräs bekämpades under hela odlingen.

## Metod

I september 2021 infekterades fem plantor (INF) av varje klon med *Xanthomonas populi*. Fem andra plantor ingick som referens (REF).

Infektionerna gjordes med stammen LMG5743. Bakterien producerades i ett laboratorium på petriskålar med PGA (Peton-glucos-agar) medium.

En lösning av bakterien i destillerat vattenmed koncentrationen $10^8$ celler/ml förbereddes för inokulering. Varje träd infekterades två gånger. Ett blad infekterades med en droppe av lösningen på respektive 1/3 och 2/3 av bladlängden räknat från bladskaftet efter att kutikulan avlägsnats.

Efter ett år i fält (då plantorna var ungefär 2 m höga) i oktober 2022 utvärderades varje infektionspunkt och klassades enligt ett så kallat stranguleringsindex (GI) som relaterar mängden av kräfta i förhållande till trädens diameter (Tabell 2).

Tabell 2. Klassificering av skador orsakade av bakteriekräfta (*Xanthomonas populi*) enligt stranguleringsindexet GI, som relaterar mängden av kräfta i förhållande till trädens diameter.

| Klass, GI = | Beskrivning |
|---|---|
| 0 | Ingen reaktion efter inokulering |
| 1 | Kräfta < halva omkretsen |
| 2 | Kräfta = halva omkretsen |
| 3 | Kräfta > halva omkretsen |
| 4 | Kräfta omfattar hela omkretsen men träden har överlevt |
| 5 | Träden är döda ovanför infektionspunkten |

Alla träden växer fortfarande på INBOs plantskola och deras resistens mot *Melampsora larici* kommer att bedömas under 2023 eftersom nivån av naturlig infektion var för låg 2022 för att klonernas resistens skulle kunna utvärderas. Klonerna från både INF och REF grupper ska utvärderas.

Utvärderingen bygger på naturlig infektion av *Melampsora* med hjälp av värdväxande lärkar i plantskolan. Skador på varje planta kommer att utvärderas enligt skalan i Tabell 3.

Tabell 3. Klassificering av skador orsakad av bladrost

| Klass | Beskrivning |
|---|---|
| 0 | Ingen uredium* syns |
| 0,5 | Ett fåtal uredier syns |
| 1 | Lindrig bladinfektion på 25 % av trädets höjd |
| 1,5 | Lindrig bladinfektion på 50 % av trädets höjd |
| 2 | Bladinfektion på 75 % av trädets höjd |
| 2,5 | Bladinfektion på 75 % av trädets höjd, svarta missfärgningar syns |
| 3 | Mer än 75 % av bladen infekterade, 25 % har svarta missfärgningar, vissna blad syns |
| 3,5 | Mer än 75 % av bladen infekterade, svarta missfärgningar på upp till 50 % av bladen, vissna blad på upp till 25 % |
| 4 | Svarta missfärgningar på upp till 50 %, vissna blad på upp till 75 %, bladfällning på upp till 50 % |
| 4,5 | Upp till 75 % av bladen har fällts |
| 5 | Mer än 75 % av bladen har fällts |

* Uredium är den sporbildande kroppen hos bladrost

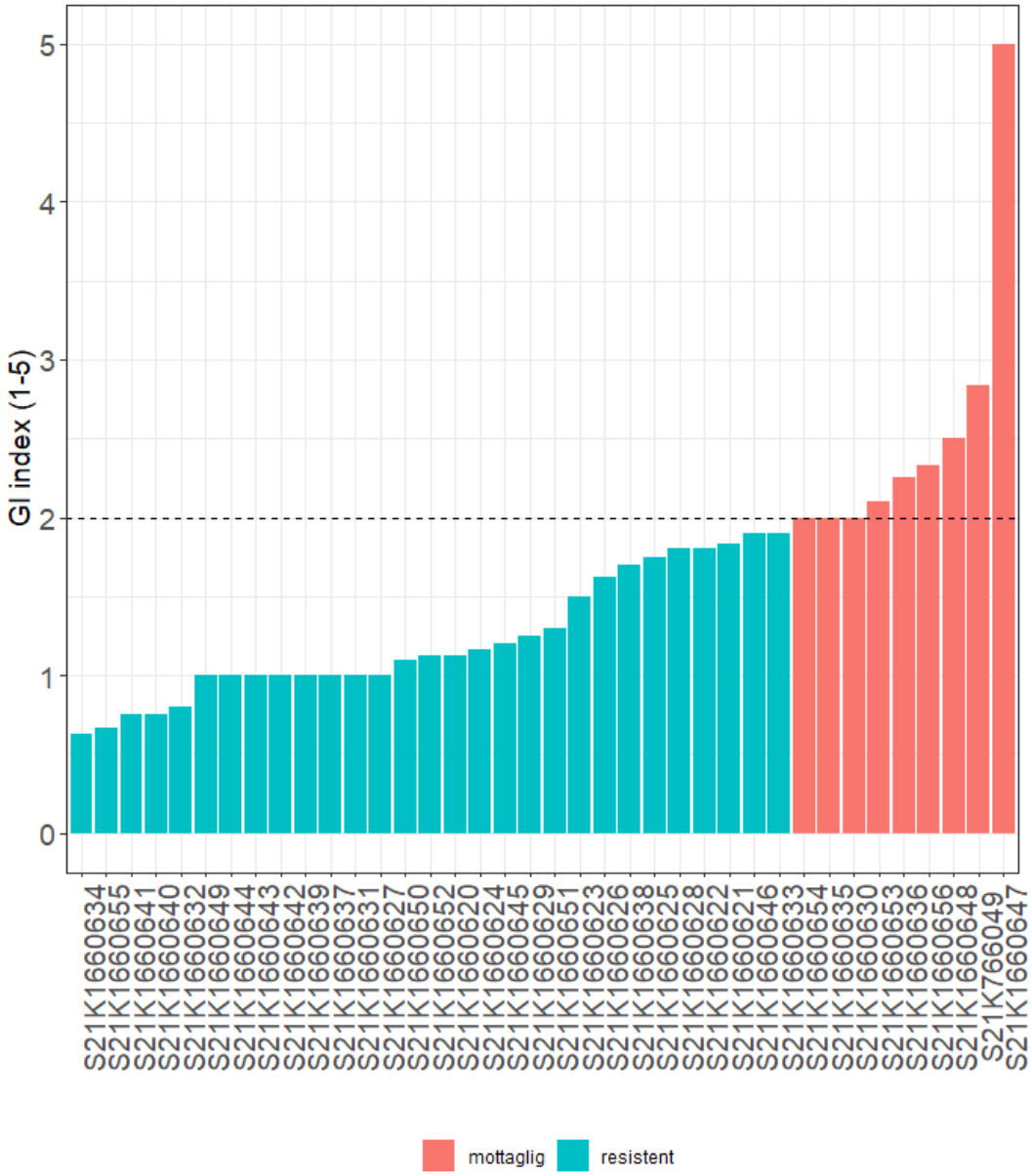
## Resultat och diskussion

Ingen av referensklonerna (REF) visade symptom på angrepp av *Xanthomonas populi*. De infekterade klonerna (5 träd/klon) visade stor variation av mottaglighet (Tabell 4, Figur 3). Kloner med ett snittvärde av GI på över 1,99 betraktades som icke resistenta. Nio kloner var mycket mottagliga för sjukdomen ett år efter inokulering och sjukdomen utvecklades snabbt i deras stammar. Klon S21K766049 som tillhör en grupp av rekommenderade kloner visade sig vara icke-resistent. Testet av den klonen var en komplettering till studien av Stener och Westin (2015) där andra kommersiella kloner som rekommenderats för användning i Sverige testades och som visade allvarliga rostproblem för de flesta klonerna.

Ingen klon uppvisade en fullständig resistens, däremot var det flera som vid utvärderingstidpunkten klarat sjukdomen på ett bra sätt, men det behövs längre observationer för att säkerställa resultaten.

Tabell 4. Resultat av resistenstest av *Xanthomonas populi* för olika kloner enligt klassificeringen i tabell 2.

| Klon | Fled | GI index |
|---|---|---|
| S21K1660620 | 620 | 1.1 |
| S21K1660621 | 621 | 1.8 |
| S21K1660622 | 622 | 1.8 |
| S21K1660623 | 623 | 1.5 |
| S21K1660624 | 624 | 1.2 |
| S21K1660625 | 625 | 1.8 |
| S21K1660626 | 626 | 1.6 |
| S21K1660627 | 627 | 1.0 |
| S21K1660628 | 628 | 1.8 |
| S21K1660629 | 629 | 1.3 |
| S21K1660630 | 630 | 2.0 |
| S21K1660631 | 631 | 1.0 |
| S21K1660632 | 632 | 0.8 |
| S21K1660633 | 633 | 1.9 |
| S21K1660634 | 634 | 0.6 |
| S21K1660635 | 635 | 2.0 |
| S21K1660636 | 636 | 2.3 |
| S21K1660637 | 637 | 1.0 |
| S21K1660638 | 638 | 1.7 |
| S21K1660639 | 639 | 1.0 |
| S21K1660640 | 640 | 0.8 |
| S21K1660641 | 641 | 0.8 |
| S21K1660642 | 642 | 1.0 |
| S21K1660643 | 643 | 1.0 |
| S21K1660644 | 644 | 1.0 |
| S21K1660645 | 645 | 1.2 |
| S21K1660646 | 646 | 1.9 |
| S21K1660647 | 647 | 5.0 |
| S21K1660648 | 648 | 2.5 |
| S21K1660649 | 649 | 1.0 |
| S21K1660650 | 650 | 1.1 |
| S21K1660651 | 651 | 1.3 |
| S21K1660652 | 652 | 1.1 |
| S21K1660653 | 653 | 2.1 |
| S21K1660654 | 654 | 2.0 |
| S21K1660655 | 655 | 0.7 |
| S21K1660656 | 656 | 2.3 |
| S21K766049 | 1 | 2.8 |




Figur 3. Medelskattningen av stranguleringsindexet GI, som är ett mått på resistens mot bakteriekräfta (*Xanthomonas populi*) för 38 poppelkloner (*P. trichocarpa* x *P. trichocarpa*, n=5*)* utvalda till försök i Sverige. Den streckade linjen visar värdet två som är en gräns mellan resistens och mottaglighet.

## Slutsatser

Studien visade stor variation i respons till inokulering av testade kloner. Nio kloner påverkades allvarligt redan ett år efter inokulering (GI>2). Det fanns också kloner som visade en hög resistensgrad efter första året.

Observationer av alla kloner bör utföras även nästa år för att studera långtidseffekter av infektioner med *Xanthomonas populi* eftersom reaktionen på infektion och nivån på sjukdomssymptom kan förändras med tiden.

Plantering av mer resistenta kloner kan öka odlingssäkerheten för nya poppelplanteringar. Även om *Xanthomonas populi* inte har observerats i Sverige har resultaten ett förebyggande syfte.

Idag finns bara tre poppel kloner rekommenderade för odling i södra Sverige. Inga kloner har rekommenderats för norra Sverige. Förädlingsarbetet för att ta fram nya kloner måste intensifieras innan en mer omfattande plantering av poppel kan ske. Urvalet av välväxande kloner bör kombineras med resistenstester och fältobservationer av sjukdomar. Observationerna bör pågå en längre tid än det ordinarie urvalet för tillväxt vilket nu är 12 år i södra Sverige.

## Litteratur


Butin, H. 1983. Krankheiten der wald und parkbäume. G. Thieme Verlag, Stuttgart, 172 pp.

Cellerino, G.P. 1999. Review of poplar diseases. International poplar commission. FAO. Avaiable at website www.efor.ucl.ac.be/ipc/pub/celle01/celle01.htm.

Christersson, L. Karacic, A., Alder, A., Månsson, J. & Johansson, U. (2018). Vombsjösänkans pil- och poppelpark. Institutionen för växtproduktionsekologi Department of Crop Production Ecology. SLU. Repport nr 27.

Frey, P., Gerard, P. Feau, N., Husson, C. & Pinon, J. 2005. Variability and population biology of Melampsora rusts and poplars. pp 63-72 in: Rusts diseases on willow and poplar. Chapter 5. Pei, M.H. & McCracken A.R. eds CAC International, Wellesbourne, UK.

Gastine, F., Berhelot, A. & Bouvet, A. 2003. La protection phytosanitaire du cultivar 'Beuapre' est-elle efficace. Informations. Foret fiche. No 667-2.

Gremmen, J. & Koster, R. 1972. Research on Poplar canker (Aplanobacter populi) in the Netherlands. European Journal of Forest Pathology. Volume 2, Issue 2: 116–124.

Isebrands, J.G. & Richardson, J. 2014. Poplars and willows. Trees for society and environment. CABI and FAO, pp 634.

Pinon, J. & Frey, P. 2005. Interactions between poplar clones and Melampsora populations and their implications for breeding for durable resistance. pp 139-154 in: Rusts diseases on willow and poplar. Chapter 12 Pei, M.H., & McCracken A.R. eds CAC International, Wellesbourne, UK.

Pinon, J., Frey, P. & Husson, C. 2006. Wettability of poplar leaves influences dew formation and infection by Melampsora larici-populina. Plant Disease 90: 177-184.

Rajora, O.P., Zsuffa, L. & Yeh, F.C. 1994. Variation, inheritance and correlations of growth characters and Melampsora leaf rust resistance in full sibs of Populus. Silvae Genetica 43,4: 219-226.

Sabet, K.A. & Dowson, W.J. 1952. Annals of Applied Biology. Wiley Online Library.

Steenackers, V. 1966. La selection et la creation des peupliers resistant aux diverses maladies des peupliers et plus particulierement au Aplanobacter populi. FAOCIP, Groupe de travail des maladies, Versailles, pp 30.

Steenackers, V., Strobi, S. & Steenackers, M. 1990. Collection and distribution of poplar species, hybrids and clones. Biomass 22: 1-20.

Steenackers, J., Steenackers, M., Steenackers, V. & Stevens, M. 1996. Poplar diseases, consequences on growth and wood quality. Biomass and Bioenergy. Vol 10, 5/6: 267-274.

Stener, L.-G. & Westin, J., (2015). Resistenstest av poppel. Slutrapport 2015 av Energimyndighetens projekt 35136-1. Skogforsk.

Yanchuk, A. & Allard, G. 2009. Tree improvement programmes for forest health – can they keep pace with climate changes? Unasylva. 60(231/232):50–56