



**LANDSKAPSARKITEKTUR**  
**TRÄDGÅRD VÄXTPRODUKTIONSVETENSKAP**  
Rapportserie



## **Alkylresorcinoler i rågkli kan användas mot lagringssjukdomar i ekologisk äppelodling**

*Alkylresorcinols in rye bran can be used against storage diseases in organic apple production*

**Ibrahim Tahir<sup>1</sup>, Estera Sz wajcer Dey<sup>2</sup> och Hilde Nybom<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Sveriges lantbruksuniversitet, Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap, Institutionen för växtförädling,

<sup>2</sup> Lunds universitet, Kemiska institutionen

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

**Rapport 2016:7**

ISBN 978-91-576-8927-6

Alnarp 2016





**LANDSKAPSARKITEKTUR**  
**TRÄDGÅRD VÄXTPRODUKTIONSVETENSKAP**  
Rapportserie

## **Alkylresorcinoler i rågkli kan användas mot lagringssjukdomar i ekologisk äppelodling**

*Alkylresorcinols in rye bran can be used against storage diseases in organic apple production*

**Ibrahim Tahir<sup>1</sup>, Estera Szwajcer Dey<sup>2</sup> och Hilde Nybom<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Sveriges lantbruksuniversitet, Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap, Institutionen för växtförädling,

<sup>2</sup> Lunds universitet, Kemiska institutionen

**Projektet har finansierats av SLU-EkoForsk**

Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

**Rapport 2016:7**  
ISBN 978-91-576-8927-6  
Alnarp 2016



# Sammanfattning

Svampsjukdomar leder ofta till en kraftigt reducerad produktivitet i ekologisk äppelodling jämfört med konventionell eller IP-odling. Detta beror främst på att det inte finns några kemiska medel som är godkända för kontroll av lagringssjukdomar innan eller efter skörd. Det ekonomiska bortfallet blir speciellt kännbart när redan skördad och lagrad frukt angrips och förstörs. Hittills har man därför tvingats att förkorta lagringstiden för ekologiskt odlad frukt vilket leder till lägre pris i producentledet samt otillräcklig tillgång för konsumenter som vill ha inhemsk, ekologiskt odlad frukt.

Målsättningen för detta projekt har varit att utveckla ett preparat med bioaktiva ämnen som kan motverka svampsjukdomarna. Rågkli, som består av rågkornets yttersta skikt, är en hittills underutnyttjad biprodukt från svensk rågodling. Ur rågkli kan man utvinna olika icke-toxiska fenol-lipider som exempelvis alkylresorcinoler (AR). Dessa ämnen har visat sig kunna inhibera tillväxten av olika brödsvampar. Under perioden 2011–2015 undersöktes om angreppen av lagringssjukdomar blir mindre om äpplen behandlas med AR innan eller efter skörd. Detta gällde såväl spontana svampangrepp hos lagrad frukt som skador uppkomna efter inokulering av frukten med sporer av olika lagringssvampar. Även inverkan av AR-besprutning av fruktträd i fält på svampangrepp under kylagring studerades.

I den första delen av projektet inokulerades redan skördad frukt av olika svenskodlade äppelsorter med sporer av tre viktiga svampar (grönmögel *Penicillium expansum*, lenticellröta eller 'gloeosporium-röta' *Neofabraea* spp. och bitterröta *Colletotrichum acutatum*) och behandlades med ett antal olika AR-lösningar. Behandlad frukt visade generellt sett mindre skador jämfört med obehandlad frukt. Sorter som Gloster, med relativt liten mottaglighet, drog mest nytta av skyddet från AR-lösningarna. AR-koncentrationen i lösningen (= 0,025–0,2%) var korrelerad med diametern på den uppkomna rötan (lesionen).

I den andra delen av projektet undersöktes effekten av AR-behandling i en ekologisk odling, där träden (Röd Aroma) sprutades vid olika tillfällen under säsongen. Frukt som skördats från såväl behandlade som obehandlade träd undersöktes därefter avseende avkastning, storlek, inre kvalitet och lagringsduglighet. En viss negativ effekt, särskilt efter tidig behandling (juni och juli) på avkastningen noterades. AR-behandling påverkade däremot inte fruktens kvalitet, vare sig vid skörd eller efter lagring. Mängden angripen fallfrukt (främst fruktmögel *M. fructigena*) var lägre under AR-behandlade träd; räknat över alla försöksled och båda säsongerna (2014 och 2015), var det 43% mindre fallfrukt under AR-behandlade träd jämfört med under träd som behandlats med en kontrollösning utan AR.

Jämfört med frukt från obehandlade träd, minskade AR-behandling de totala svampangreppen i lagrad frukt med 55–60% under 2014 och med 57–72% under 2015. Antalet behandlingstillfällen hade ingen inverkan men tidpunkten för behandlingen hade däremot en signifikant effekt; senare behandling (augusti och september) minskade det totala svampangreppet jämfört med tidigare behandling (juni). Speciell uppmärksamhet ägnades åt fyra olika lagringssjukdomar. AR-behandling hade stor effekt på fruktmögel under båda säsongerna, med 70–90% färre skador jämfört med kontrollbehandlingen. AR hade även stor effekt på lenticellröta: skadorna minskade med 40–50% jämfört med kontrollbehandling. AR hade positiv inverkan på bitterröta enbart under 2015, då svampangreppet blev 60% lägre än efter behandling med kontrollösning. En kombination av AR-behandling och ULO-lagring ledde även till minskade skador av grönmögel.

Exakt hur AR påverkar svamparna är inte känt. Men odling av svamparna på agarplattor visade att AR hämmar myceltillväxt, virulens och livsduglighet. En positiv korrelation mellan AR-koncentrationen och inhiberingseffekten noterades också.

Ytterligare fältförsök bör utföras för att bl.a. optimera AR-koncentrationen. Dessutom bör försöken omfatta fler äppelsorter.

## Abstract

The incidence of postharvest diseases can affect the quality and restrict the shelf life of various fruit crops. Apples show relatively high susceptibility to fungal damage caused by bull's eye rot *Neofabraea* spp. (*N. alba* and *N. perennans*), bitter rot *Colletotrichum* spp. (*C. acutatum* and *C. gloeosporioides*), blue mould *Penicillium expansum*, grey mould *Botrytis cinerea*, and brown rot *Monilinia* spp. (*M. laxa* and *M. fructigena*). Application of synthetic fungicides is the most efficient way to minimize fruit loss. Postharvest fungicide applications are, however, completely banned in Sweden, and access to chemicals for pre-harvest application is also becoming increasingly restricted. Since pre- and post-harvest application of fungicides is totally prohibited in the organic production, problems with storage diseases become even more severe.

Various other strategies to combat postharvest decay have therefore been explored, such as biological pesticides, physical stress and natural bioactive materials. Phenolic lipids constitute a highly diversified group of compounds derived from mono- and dihydroxyphenols, i.e., phenol, catechol, resorcinol, and hydroquinone. Two resorcinols characterized in mango, 5-(12-cis-heptadecenyl) resorcinol and 5-n-pentadecylresorcinol, have been shown to inhibit the growth of fungi. From rye bran, which consists of the outermost layer of the rye grain, various non-toxic phenolic lipids such as alkylresorcinols can be extracted. These substances belong to a group of very interesting antioxidants and have been shown to inhibit the growth of various bread fungi. The objectives of this study, which was carried out during 2011–2015, were to assess antifungal activity of AR emulsions on the mycelial growth and virulence of several fungi as well as to study the inhibitory effect of pre- and postharvest applications of these emulsions.

To study the postharvest effect of AR, fruit of various Swedish-grown apple cultivars were inoculated with spores of three important fungi and treated with AR before cold storage. AR treatment decreased the damage compared to untreated fruit. Cultivars with relatively high tolerance to fungal decay (such as Gloster) had better positive response to the protective effect of AR treatment. AR concentrations from 0.025 to 0.2% were applied, and a negative correlation was found between AR concentration and diameter of the contracted fungal damage (lesion).

Effectiveness of preharvest application of AR was investigated in an organic orchard where trees were sprayed at various times during the season. Yield, fruit weight, quality and storage potential of the harvested fruit was investigated for (1) trees treated with an 0.025% AR emulsion, (2) trees treated with a control emulsion without AR, and (3) untreated trees. A negative effect on fruit yield was noted, especially after early treatments (June and July). AR treatment did not affect fruit quality, whether at harvest or after storage. The amount of fallen fruit, most of which was infected by brown rot, was 43% lower in the AR-treated trees than in the untreated trees.

In comparison with fruit from untreated trees, AR-treatment decreased the total fungal decay during storage by 55–60% in 2014 and by 57–72% in 2015. Number of treatments (one or two) had no effect whereas spraying trees with AR later in the season (August and September) improved the inhibitory effect compared to early spraying (June). Observations were made of four storage disease fungi in particular. AR treatment in the field decreased decay caused by *M. fructigena* during both seasons by 70–90% compared to the untreated trees. AR had significant effects also on bull's eye rot (*Neofabraea* spp.) with 40–50% less decay in comparison to fruit from untreated trees. For bitter rot caused by *Colletotrichum acutatum*, AR treatment showed a positive impact only in 2015, when there was 60% less decay in fruit from treated trees. A combination of AR treatment and ULO storage resulted in reduced damage caused by blue mold (*P. expansum*).

The mechanisms behind the inhibitory effect of AR treatment is not yet known. Treatment of fungi grown on agar plates inhibited mycelial growth, virulence and viability of the four studied fungi. A positive correlation was noted between AR concentration and inhibitory effect.

Based on the high level of fungal decay inhibition and the absence of any adverse effects like unacceptable odour or skin discoloration, use of AR as a natural 'fungicide' should be further investigated. More orchard trials are needed for, e.g., optimization of the AR concentration. In addition, the promising effects of AR need to be screened on a wider variety of apple cultivars in the field.

## **Tack**

Speciellt tack till SLU-EkoForsk för finansieringen av detta försök.  
Tack till Kiviks musteri för samarbetet.



# Förord

Äpple är både gott och nyttigt! Det finns en lång tradition av att odla och äta äpple i Sverige, och aktuell forskning visar nu att äpple är en rik källa till antioxidanter samtidigt som frukten har ett lågt kaloriinnehåll. Enligt studier av matvanorna i Europa bidrar konsumtionen av äpple med 7% av intaget av flavonoider. I Sverige äter 78% av befolkningen äpple 2–5 gånger i veckan. Frukten ursprung spelar roll; 83% av konsumenterna vill veta varifrån äpplena kommer innan de beslutar om eventuellt köp, medan 40% föredrar att köpa svenskodlade äpplen oavsett priset. Dessvärre är det inte alltid så lätt att få tag i friska och fina äpplen, och det blir ännu svårare om de även ska vara lokalt och miljövänligt odlade.

Lönsamheten för de svenska äppelodlarna är problematisk på grund av det jämförelsevis hårda klimatet, de restriktiva reglerna för användande av växtskyddskemikalier samt den starka konkurrensen från utländsk frukt som odlats med ett betydligt liberalare regelverk. I ekologiska äppelodlingar får man dessutom ett signifikant större bortfall av försäljningsbar frukt jämfört med i annan typ av odling. Den främsta anledningen är lagringssjukdomar orsakade av olika svamparter. Även IP-odlingar kan drabbas av besvärande lagringsskador beroende bland annat på vilka äpplesorter man odlar.

En studie, utförd vid SLU, har visat att den ekonomiskt mest problematiska, så kallade 'gloeosporiumrötan' i odlingarna på Österlen, orsakas av svampar i släktena *Neofabraea* och *Colletotrichum*. Grönmögel (*Penicillium expansum*) och gråmögel (*Botrytis cinerea*) spelar också en viktig roll. Olika strategier har undersökts i olika länder för att minska förluster i ekologisk frukt under både lagring och försäljning såsom behandling med varmt vatten, essentiella oljor och ozon. Tyvärr har merparten av de hittills testade icke-kemiska skyddsåtgärderna antingen haft otillräcklig effekt eller varit för dyrbara att använda i yrkesproduktion.

Rågkli, som består av det yttre höljet kring rågkärnan, är en hittills underutnyttjad biprodukt av svensk rågodling. Ur rågkli kan man utvinna olika icke-toxiska fenol-lipider som exempelvis alkyresorcinoler (AR). En tvärvetenskaplig forskargrupp med kompetens inom äppelförädling och genetik (Prof. Hilde Nybom, Balsgård, SLU), äppelodling och lagringssjukdomar (Dr Ibrahim Tahir, Alnarp/Balsgård, SLU) samt tillämpad biokemi och industriell utveckling (Docent Estera Dey, Lunds universitet) bildades 2011. Sedan anslöt sig även doktoranden Masoud Ahmadi-Afzadi, som doktorerar på lagringssjukdomar hos äpple på SLU. Forskargruppen erhöll medel från SLU EkoForsk för att under 2011–2013 undersöka om man kan utveckla ett biologiskt växtskyddspreparat med alkyresorcinoler (AR) som en aktiv beståndsdel. Resultaten visade att behandling av skördad frukt med AR-lösningar gav ett signifikant skydd mot åtminstone två vanliga svampar som orsakar lagringsförluster: *P. expansum* och *N. perennans*. Under två säsonger, 2014 och 2015, tog vi sedan metodiken ut i fält, och behandlade några äppleträd i en ekologisk odling med AR-lösning. Efter behandlingen undersöktes effekter på avkastning och lagringsduglighet (kvalitet och svampangrepp).

Här redogör vi för erhållna resultat samt diskuterar hur man kan gå vidare med detta projekt.

Balsgård, Alnarp och Lund, september 2016

Projektgruppen

# 1. Inledning

Skador uppkomna under kylagring av frukten är en av de viktigaste orsakerna till att svensk äppelproduktion brottas med stora ekonomiska problem. Dessa skador kan drabba 10% eller mer av den inlagrade frukten och är förödande eftersom odlaren redan ådragit sig betydande kostnader för växtskyddsbehandling, gallring, skörd, sortering och lagring innan man sedan tvingas kasta den förstörda frukten. Skadorna orsakas främst av svampsjukdomar som grönmögel *Penicillium expansum*, bitterröta *Colletotrichum gloeosporioides* (*Glomerella cingulata*) och *C. acutatum*, bull's eye rot (på svenska ibland kallad gloeosporiumröta, *Pezicula*-röta eller lenticellröta) olika arter av *Neofabraea* (*N. alba* och *N. perennans*) och gråmögel *Botrytis cinerea* (Tahir, 2014).

Tidigare utförda odlings- och sortförsök i Sverige (främst Balsgård och Kivik) har visat att just lagringssjukdomar är en av de viktigaste anledningarna till att ekologiska äppelodlingar har ett signifikant större bortfall av försäljningsbar frukt jämfört med annan typ av odling (Tahir & Nybom, 2008; Tahir et al., 2008). För den populära sorten Aroma erhöll man ett 20 gånger större bortfall i ekologiskt odlade träd jämfört med IP-odlade träd på samma fält (Jönsson et al., 2010).

I Europa har lagersjukdomar ökat signifikant under senare år, sannolikt beroende på klimatförändringen (Weber & Roland, 2009). Vi kan förvänta oss att dessa angrepp blir ännu allvarligare allt eftersom klimatet i Sverige blir varmare och troligen även fuktigare under vegetationsperioden. Inom växtförädlingen har lagersjukdomar hittills inte uppmärksamats trots att det borde finnas möjligheter att förbättra växtmaterialet. Några helt resistenta äpplesorter finns visserligen inte dokumenterade, men man har noterat stor variation mellan sorter i deras tolerans för lagringssjukdomarna (Ahmadi-Afzadi et al., 2013; Tahir & Nybom, 2008; Tahir et al., 2008; Tahir et al., 2015).

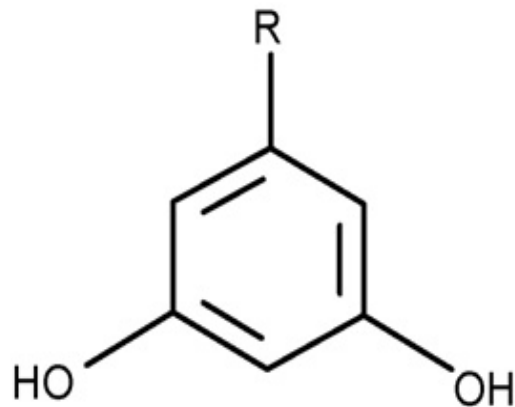
I flertalet stora äppelproducerande länder ”löser” man problemet med bristande resistens genom att doppa frukten i en fungicid eller möjligen i ett biologiskt medel som BioSave vilket innehåller *Pseudomonas syringae*. Kemisk efter-skörd behandling är däremot inte tillåten i Sverige, vare sig för ekologiskt eller konventionellt odlad frukt. Användningen av kemiska fungicider innan skörd har också blivit alltmer begränsad, speciellt för odlingar belägna på vattenskyddsområden. Detta gäller stora delar av Österlen dit merparten av den svenska äppelproduktionen är lokaliserad.

Inom ekologisk äppelodling finns det inga kemiska medel som är godkända för att bekämpa lagringssjukdomar innan eller efter skörd. Av de icke-kemiska växtskyddsmetoderna är behandling av frukten med hett vatten ganska effektivt (Neri et al., 2009; Spadaro et al., 2004) men kostnadskrävande och man kan få oönskade effekter som skalbränna. Olika äpplesorter skiljer sig dessutom åt i känslighet för värmebehandlingen, som därför måste utformas individuellt för varje sort.

Mikrobiologiska organismer som jästsvampar och bakterier har visat sig ha effekt mot vissa lagringssjukdomar som grönmögel (Janisiewicz et al., 2008; Nunes et al., 2007), men användningen av sådana preparat har oftast sämre effekt på *Neofabraea* som är den vanligaste sjukdomen i Sverige, och kan ha bieffekter som att exempelvis orsaka korkrost på skalet. Även olika växtbaserade oljor har visat sig ha skyddande effekt (Amiri et al., 2008).

Rågkli, som består av det yttersta skiktet av rågkornet, är en hittills underutnyttjad biprodukt av svensk rågodling. Ur rågkli kan man utvinna olika icke-toxiska fenol-lipider som exempelvis alkyresorcinoler (AR; Landberg et al., 2008; Fig. 1). Dessa ämnen ingår i en grupp av mycket intressanta antioxidanter som har en påvisad positiv effekt mot cancer, fetma, hjärt- och kärlsjukdomar samt diabetes typ 2 (Andersson et al., 2011; Hajer et al., 2008). AR från rågkli har visat sig kunna inhibera tillväxt av olika brödsvampar *in vitro* (Reiss, 1989) samt minska skadorna av olika växtpatogena svampar hos mango (Hassan et al., 2007).

Målsättningen med det här projektet var att undersöka om AR-behandling kan motverka lagringssjukdomar hos äpple. I det första steget undersöktes effekten av ett antal olika AR-lösningar på redan skördad frukt som inokulerats med svampsporer (Dey et al., 2013; Tahir et al., 2014). I nästa steg undersöktes effekterna av att spruta träd på fält med en AR-lösning. Såväl spontana svampangrepp hos lagrad frukt som skador uppkomna efter inokulering av frukten med sporer av olika lagringssvampar kvantifierades. Dessutom utförde en del *in vitro*-försök för att se hur olika funktioner hos svamparna påverkas av AR.



5-n-pentadecylresorcinol ( $R=C_{15}H_{31}$ ),  
 5-n-heptadecylresorcinol ( $R=C_{17}H_{33}$ ),  
 5-n-nonadecylresorcinol ( $R=C_{19}H_{35}$ ),  
 5-n-heneicosylresorcinol ( $R=C_{21}H_{37}$ ),  
 5-n-tricosylresorcinol ( $R=C_{23}H_{39}$ ),  
 5-n-pentacosylresorcinol ( $R=C_{25}H_{41}$ ),

Fig. 1. Kemisk struktur för 5-(n)-alkylresorcinoler med olika alkylkedjor

## 2. Material och metoder

### 2.1. Framställning av AR-lösningar

Vi inledde det experimentella arbetet vårvintern 2011 med att utvinna alkylresorcinoler. Utgångsmaterialet var råekli (Nord Mills, Malmö) med en partikelstorlek på 0,5–1 mm. För att få en så ren produkt som möjligt, användes superkritisk koldioxidextraktion i två steg (Dey och Mikhailopulo 2009). Denna metod bygger på att man applicerar ett mycket högt tryck så att fasgränsen mellan vätska och gas luckras upp. Den resulterande superkritiska vätskan kan både diffundera genom fasta ämnen som en gas och lösa upp ämnen som en vätska, och är därför ett synnerligen effektivt extraktionsmedel. Koncentrationen av AR kvantifierades med spektrofotometri. Därefter användes preparativ högtrycksvätskekromatografi (HPLC), fastfas extraktion (SPE) och tunnskiktscromatografi (HPTLC) för att kontrollera kvaliteten och fastställa den exakta mängden ren AR.

Sedan var det dags att undersöka vilka olika medel som kan användas i kombination med AR för att få en god effekt av applikation på frukt med sprayning/sprutning. Intorkade och noggrant uppmätta mängder av AR-extrakt löstes upp i två olika lösningsmedel (Synperonic 91/6 eller polydimetylsiloxan). Därefter tillsattes olika emulgeringsmedel (PEG 400, NaCl eller CaCl<sub>2</sub>, Trioleat, oleylalkohol och Tween 20) och konsistensgivare (xanthan gum eller gum arabic). Varje lösning späddes sedan med destillerat vatten, och kom därmed att innehålla 0,025% respektive 0,05% AR (Dey et al., 2013). AR-lösningar med högre koncentrationer (0,1% respektive 0,2%) förbereddes senare. För Lösningarna homogeniserades med en Ultra Turrax (13,500 varv per minut i en minut), och fotograferades i mikroskop för att dokumentera droppstorleken. De färdiga lösningarna förvarades sedan i +8 °C tills att de skulle användas. Innan användning värmdes AR-lösningen upp till 37 °C i 30 min, skakades kraftigt

och fördes över till en sprayflaska med vars hjälp den sedan applicerades på frukten respektive träd. Till fältbehandling av träden i 2015, salter (NaCl eller CaCl<sub>2</sub>) var inte tillsatta i emulgeringsmedel.

## 2.2. Förberedelse av inokulum

Eftersom effekten av AR svårligen kan bedömas enbart på spontant förekommande svampangrepp, valde vi att behandla frukt som först inokulerats med svampsporer enligt tidigare beskrivna metoder (Tahir et al., 2009; Nybom et al., 2012). Svampsporer framställdes ur frukt med typiska symptom på *P. expansum*, fruktmögel *Monilinia fructigena* (en svamp som orsakar skador främst under de sista veckorna innan skörd men även under lagring) och *Neofabraea perennans* i två olika packerier (Äppelriket och Alnarp). Frukten steriliserades med 70% etanol, varefter tre angripna bitar från varje frukt odlades på petriplattor med PDA (potatisdextrosagar) för *Penicillium* och *Monilinia*, och på MEA (maltextraktagar) plattor för *Neofabraea*. Plattorna inkuberades i 22 °C under två veckor. Myceliet artbestämdes enligt Tahir (2014) och flyttades sedan till nya plattor (subkulturer) som behandlades med UV-ljus i 24 timmar och därefter förvarades i rumstemperatur i mörker under 4 dagar. Från dessa plattor skördades sporer, som lades i steriliserat vatten med Tween 0,05%. Sporererna artbestämdes under mikroskop. Koncentrationen av sporer justerades med hjälp av hemacytometer till 1×10<sup>5</sup> per ml för *P. expansum* och *M. fructigena* och till 1×10<sup>3</sup> för *N. perennans*.

## 2.3. Inokuleringsmetod

Alla inokuleringarna utfördes på Balsgård. Frukten tvättades med vatten för att avlägsna spontant förekommande ytliga svampinfektioner. Sedan injicerades 20 mikroliter av spörlösningen med en pipett, som stacks in ca 4 mm i frukten. Varje frukt inokulerades på två sidor, och förvarades i rumstemperatur tills att spörlösningen torkat in. Frukten behandlades sedan med olika AR-lösningar enligt försöksplanen. Diametern på varje svampangrepp mättes med linjal i två vinkelräta riktningar och medelvärdet användes som ett mått på angreppets storlek.

## 2.4. Förstudie

Under sommaren 2011 inokulerades importerad frukt med grönmögelsporer för att finslipa tekniken. Vi använde hela frukter, halverade frukter samt fruktskivor. Nitton olika AR-lösningar med varierande innehåll (koncentration av AR samt typ och halt av lösningsmedel, emulgeringsmedel och konsistensgivare) sprayades på frukten 5–6 timmar efter inokuleringen. Mängden symptom avlästes efter 6 dagar i rumstemperatur.

Hösten 2011 skördades frukt från en yrkesodling i Kivik: Ingrid Marie (ganska mottaglig för grönmögel), Gloster (ganska resistent) och Frida (ganska resistent). Mognadsstadium fastställdes utifrån torrsubstansinnehåll (sockerhalt, refraktometer), fasthet (penetrometer), stärkelsens omvandling till socker (jod-test) samt produktionen av etylen (gaskromatografi). Ingrid Marie var något mer mogen än övriga två men alla befann sig fortfarande i ett preklimateiskt stadium lämpat för skörd av frukt som ska lagras under en längre period. Hela frukter av de tre sorterna inokulerades med grönmögel. Eftersom samtliga har både gult (skuggsida) och rött (solsida) på frukten, lade vi ett inokuleringsställe på skuggsidan och ett på solsidan av varje frukt. Fyra utvalda AR-lösningar sprayades på den inokulerade frukten, samt även en kontrollösning (vatten). Dessutom ingick icke-sprayade kontrollfrukter i försöket. I varje försöksled (sort x AR-lösning eller kontroll) ingick 15 frukter. Frukten förvarades under 6 veckor i kyl (90% relativ luftfuktighet och +2 °C) samt fem dagar i rumstemperatur innan symptomen avlästes.

## 2.5. Efterskördbehandling med AR

Baserat på resultaten från förstudien, valdes de två mest lovande AR-lösningarna ut för fortsatta experiment. Båda innehåller 0.025% AR, 0.2% Tween 20, 1% trioleate, 2% oleylalkohol och 2% PEG400. Dessutom innehåller den första lösningen (AR 1) även lösningsmedlet Synperonic 91/6 och 5% CaCl<sub>2</sub> medan den andra lösningen (AR 11) innehåller polydimetylsiloxan och 5% NaCl.

Hösten 2011 respektive 2012, skördades frukt av Aroma, Ingrid Marie, Frida och Gloster, i Kivik på samma sätt som beskrivits ovan, med beräkning av mognadsstadium (stärkelseindex och Streif index) (Tabell 1). Dessutom mättes även färgen på sol- och skuggsida med hjälp av en kolorimeter (färgmätare).

*Tabell 1. Frukten mognadsstadium och färg vid skörd. Streif index = fasthet/ (torrsubstanshalt x stärkelseindex). Färgindex räknas ut enligt en formel baserad på mätvärden för röd färg, gul färg och ljushet (Tahir et al., 2015).*

Säsong	Sort	Skörd	Stärkelse- index	Streif index	Färgindex	
					solsida	skuggsida
2011	Aroma	Sept 10	4.1	0.17	4.4	-4.0
	Ingrid Marie	Sept 22	3.9	0.16	11.6	8.2
	Frida	Sept 26	4.1	0.17	9.3	6.8
	Gloster	Nov 11	4.7	0.17	8.9	5.0
2012	Aroma	Sept 18	4.4	0.16	17.8	-3.1
	Ingrid Marie	Okt 09	4.3	0.15	48.6	-5.0
	Frida	Okt 18	4.2	0.16	25.2	-1.1

Fyra x 15 frukter för varje äpplesort användes i försök med grönmögel. För alla sorter utom Gloster upprepades dessa inokuleringar 2012, och då användes även fyra x 15 frukter i försök med *Neofabraea*. Ett försöksled (15 frukter) för varje svamp förblev osprayat som kontroll medan ett annat sprayades med vatten. Övriga två försöksled sprayades med AR 1 respektive AR 11. Frukten lagrades sedan i +2 °C under 12 veckor. Skadorna på grönmögelinokulerad frukt mättes direkt efter uttag från lagret medan *Neofabraea*-inokulerad frukt hölls i rumstemperatur (+18 °C och 80% relativ luftfuktighet). Skadorna mättes sedan som ovan.

Hösten 2014 respektive 2015 gjordes tre variationer på AR 1 (ARa 0,025%, ARb 0,1% och ARc 0,2%) samt en kontroll utan AR. Fyrhundrafemtio frukter av 'Amorosa' skördades i en ekologisk odling där även fältförsök utfördes (se nedan). Frukten transporterades till Balsgård, tvättades och delades in i tre grupper. Den första gruppen inokulerades med *P. expansum*, den andra med *N. perennans* och den tredje med *M. fructigena*. Frukten i varje grupp/svamp delades in i fem försöksled. I fyra av dessa försöksled sprayades frukten med en av ovannämnda lösningar (kontroll, ARa, ARb och ARc) medan det femte försöksledet förblev obehandlat. Symptom bedömdes efter 10 veckor i kylklagring (2 °C).

## 2.6. Behandling på fält

Nittio träd av 'Amorosa' valdes ut i en ekologisk äppelodling i Kivik. Dessa delades upp i tre block med

15 försöksled om vardera två träd i varje block. Träden besprutades med antingen 0,5 liter AR-lösning (0,025% AR) eller 0,5 liter kontrollösning (0,0% AR) per träd och tillfälle, enligt följande schema:

- ett tillfälle (1:a veckan i juni, försöksled 1 med AR och försöksled 8 med kontroll)
- ett tillfälle (1:a veckan i juli, försöksled 2 med AR och försöksled 9 med kontroll)
- ett tillfälle (1:a veckan i augusti, försöksled 3 med AR och försöksled 10 med kontroll)
- ett tillfälle (1:a veckan i september, försöksled 4 med AR och försöksled 11 med kontroll)
- två tillfällen (1:a veckan i juni och 1:a veckan i augusti, försöksled 5 med AR och försöksled 12 med kontroll)
- två tillfällen (1:a veckan i juni och 1:a veckan i september, försöksled 6 med AR och försöksled 13 med kontroll)
- två tillfällen (1:a veckan i augusti och 1:a veckan i september, försöksled 7 med AR och försöksled 14 med kontroll) respektive ingen behandling alls (försöksled 15)

Optimal skördetidpunkt bestämdes med Streif index genom bedömning av 10 frukter från fem träd, plockade två gånger per vecka från och med sista veckan i augusti. Fasthet, löslig torrsbstans och stärkelsebrytning mättes. När Streif index nått 0,15 skördades all frukt på varje träd för bedömning av avkastning och kvalitet. Frukten vägdes och räknades. Fruktens färg mättes med en färgmätare (Minolta) som visar mängden a (+a = röd och -a = grön), och mängden b (+b = gul och -b = blå) samt färgstyrkan (L), varefter färgindex beräknas som  $(a \times 1000)/(b \times L)$  (Camelo & Gomez, 2004). Därefter delades frukten in i två grupper, varav den ena förvarades i kyl (2 °C och 85% fuktighet) och den andra i ULO-lager (2 °C, 2 kPa syre och 2 kPa koldioxid) under fem månader. Fruktkvalitet (fasthet, löslig torrsbstans och färg) och spontant uppkomna svampangrepp bedömdes efter avslutad lagring.

## 2.7. In vitro test, svampmyceltillväxt och virulens

I ett experiment 2012, autoklaverades Petriskålar med potatisdextros agar och sedan tillsattes AR 1 eller AR 11 respektive inget alls (kontroll). Efter tre timmar vid 4 °C tillsattes mycel av grönmögel till varje petriskål. I nästa försöksled tillsattes istället först svampmycelet och tre timmar senare sprayades AR-lösningarna direkt på petriskålarna. På samma sätt tillsattes mycel av *Neofabraea* och de två AR-lösningarna till petriskålar med maltextrakt agar. Av varje försöksled tillverkades minst tre petriskålar. Efteråt förseglades petriskålarna med parafilm och inkuberades i 21 dagar vid +20 °C. Efter de 21 dagarna gjordes en subjektiv uppskattning av mängden svampmycel i varje petriskål, och effekten av AR-lösningarna beräknades som procent myceltillväxt i behandlade petriskålar jämfört med myceltillväxten i kontrollskålarna.

När vi hade utvärderat myceltillväxten, skrapade vi av konidiesporerna från varje petriskål och förde över dem i en vattenlösning. Denna filtrerades och sedan beräknades sporkoncentrationen under mikroskop med hemacytometer. Lösningar med standardiserad sporkoncentration från varje petriskål användes sedan till att inokulera frukt av Aroma på samma sätt som ovan. Till varje sporkoncentration använde vi fem äpplen. Dessa frukter inkuberades under en vecka vid +20 °C. Därefter mättes skadornas storlek som ovan. Slutligen beräknade vi AR-lösningarnas effekt på skadeutvecklingen som procent av skadan på osprayad frukt.

I en ny serie experiment 2015, flyttades mycelpluggar (10 mm i diameter) från 10 dagar gamla kolonier av *P. expansum* över till 75 nya PDA-plattor. Dessa delades in i fem försöksled (15 plattor/grupp). Tre timmar senare sprayades plattorna i fyra försöksled med 1 ml Ara (0,025%), ARb (0,1%), ARc (0,2%)

eller kontroll (0,0%) medan plattorna i det femte försöksledet förblev obehandlade. På samma sätt hanterades mycelpluggar av *C. acutatum* och *N. perennans* (MEA-plattor). Alla plattor inkuberades i 22 °C under 10 dagar varefter den radiella myceltillväxten mättes med ett skjutmått och uttrycktes som procentuell hämning av radiell myceltillväxt. Försöket upprepades tre gånger med fem block och tre plattor per block/svampart.

I ett annat försök undersöktes konideras livsduglighet genom att 0,5 ml sporlösning (1000 konidia per ml) av varje svamp (*P. expansum*, *C. acutatum* och *N. perennans*) fördes över i fem Eppendorf-rör (1,5 ml). Fyra av rören innehöll 0,5 ml ARa, ARb, ARc respektive kontroll-lösning medan det femte röret var tomt. Rören inkuberades i 22 °C under en dag varefter 100 µl applicerades på PDA- respektive MEA-plattor. Dessa inkuberades i 22 °C under sju dagar varefter antalet kolonier (CFU) räknades. Experimentet upprepades tre gånger med fem rör/block/svampart.

## 2.8. Statistiska analyser

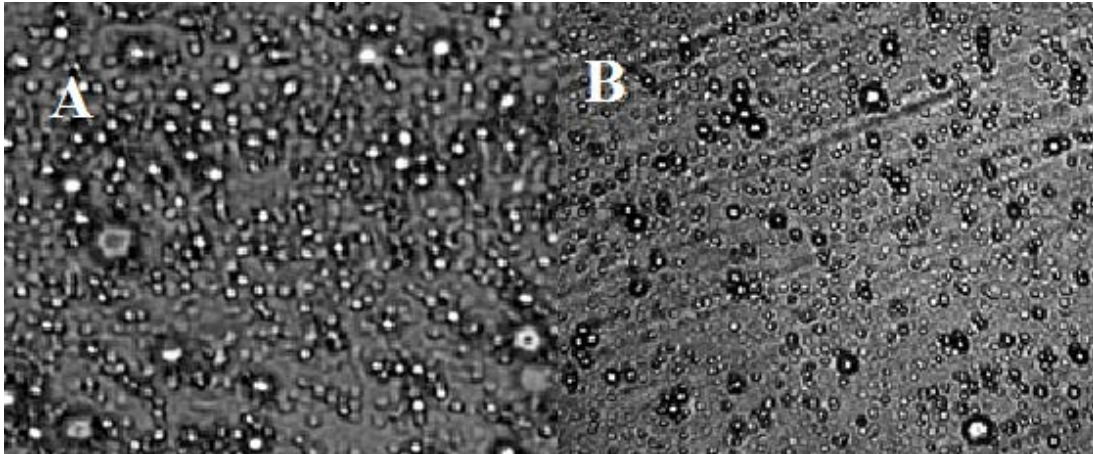
En komplett randomiserad design användes för alla experiment och resultaten utvärderades i ett antal variansanalyser. För fältförsöken användes tvåvägs-variensanalyser med lösningar, sprutningstidpunkt (er) och deras interaktioner som oberoende variabler (= fasta faktorer), och avkastning, fruktvikt och frukt kvalitet vid skörd och efter lagring som beroende variabler. Förekomst av signifikanta skillnader mellan olika försöksled undersöktes med Tukeys test ( $\alpha = 0,05$ ). Data från försöken med inokulerad och behandlad frukt respektive in vitro-försöken analyserades med envägs-variensanalyser där lösningar användes som oberoende variabel och mängden erhållna symptom respektive hämning av myceltillväxt och antal svampkolonier som beroende variabler. Förekomst av signifikanta skillnader mellan olika försöksled undersöktes med Least Significant Difference (LSD) test ( $\alpha = 0,05$ ). Alla beräkningar utfördes med hjälp av Minitab 17.2.4.0 (Minitab Ltd., State College, PA, USA).

## 3. Resultat

### 3.1. AR-lösningarna – teknisk kvalitet

Utbyte och kvalitet av AR bedömdes vara mycket tillfredsställande. Men för att verkligen ha en hämmande effekt på svampens tillväxt, måste det färdiga preparatet också fastna ordentligt på frukten, och stanna kvar tillräckligt länge. För att uppnå detta, måste man sätta till en del ämnen. Dessa tillsatser får dock inte hämma den aktiva substansens verkan, inte vara toxiska, och heller inte för dyra. För att det färdiga preparatet ska kunna bli godkänt som ett växtstärkande medel inom ekologisk odling, måste alla ingående substanser dessutom vara acceptabla enligt regelverket.

De olika lösningarna i våra experiment skiljde sig märkbart åt i droppstorlek och fysikalisk stabilitet (Fig. 2), dvs. om de olika komponenterna börjar separera eller om lösningen förblir homogen, men detta tycktes inte påverka lösningarnas effektivitet i någon högre utsträckning.



*Fig. 2. Foto av två olika AR-lösningar i mikroskop, (A) AR 11 och (B) AR 131 som har högre mängd konsistensgivare (xanthan gum och gum arabic) (Dey et al., 2013).*

### 3.2. Experimentell teknik

Vi testade olika metoder att utföra inokuleringarna och de påföljande AR-sprayningarna, och använde därför hela frukter, halverade frukter respektive skivor av frukt. Dessvärre visade det svår att tolka resultaten från halverade frukter och skivor av frukt på grund av alltför ojämn svamptillväxt. Vi beslöt därför att använda den vanliga standardmetoden, dvs. inokulering av hela frukter (Fig. 3 och Fig. 4).



*Fig. 3. Grönmögelinokulerade frukter av Ingrid Marie. AR1: frukt som sprayats med AR 1, Vatten: frukt som sprayats med vatten, Kontroll: frukt som inte sprayats alls.*



*Fig. 4. Grönmögelinokulerade frukter av Golden Delicious.*



### 3.3. Efterskördbehandling med AR

#### 3.3.1. Effekt av två AR-lösningar på två svampar hos fyra äpplesorter

De fyra äpplesorterna (Aroma, Ingrid Marie, Frida och Gloster) var skördade i samma mognadsstadium men skiljde sig åt markant i mottaglighet för de båda svampsjukdomarna (grönmögel och *Neofabraea*). Det fanns ingen samstämmighet mellan sorternas mottaglighet för de två olika svamparna (Fig. 5).

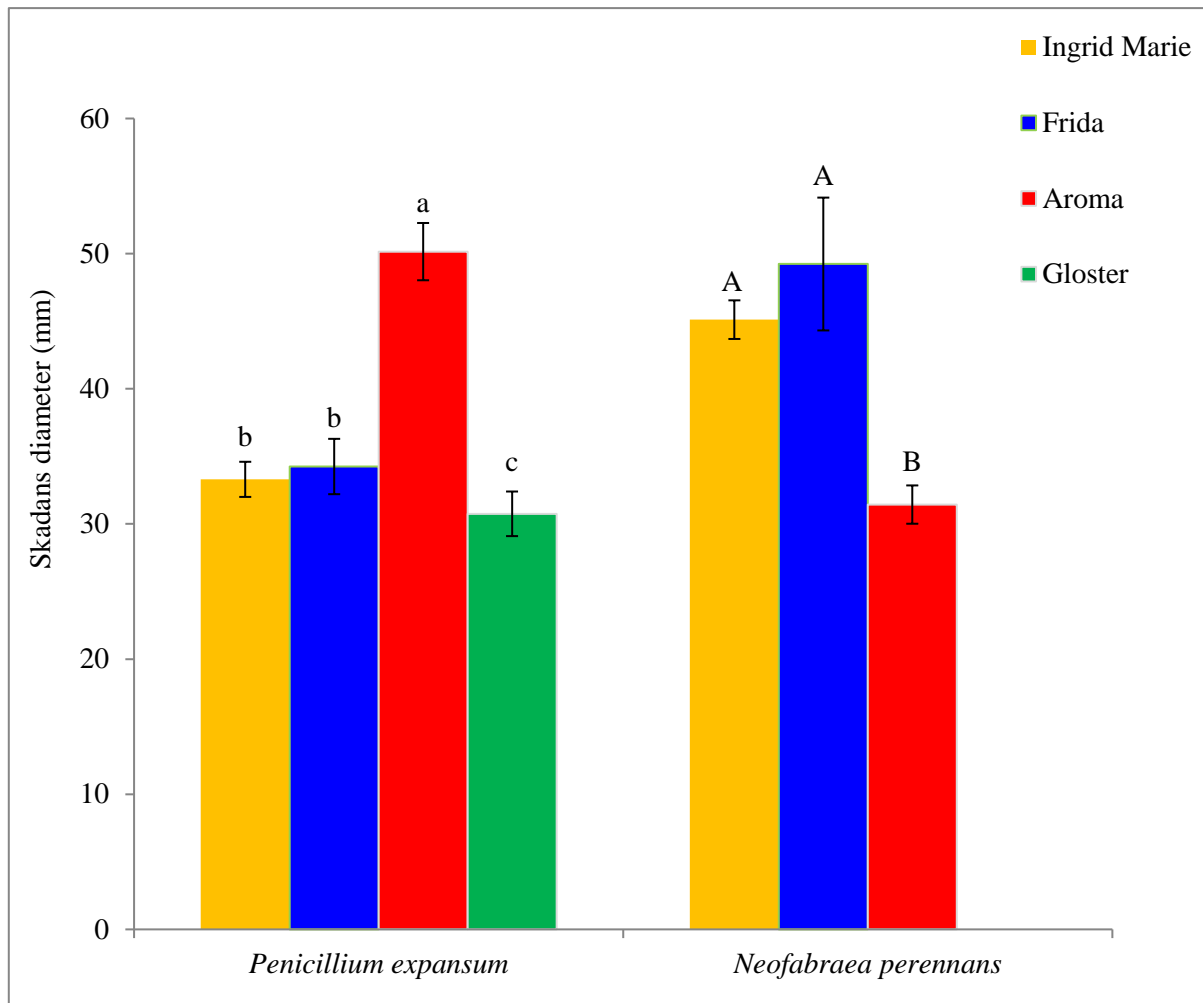


Fig. 5. Mottaglighet för grönmögel, beräknat som genomsnittlig storlek på den resulterande skadan hos frukt som inokulerats med grönmögel respektive *Neofabraea*. Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).

Aroma var sålunda den sorten som var mest mottaglig för grönmögel men den var ändå betydligt mindre mottaglig för *Neofabraea* jämfört med Ingrid Marie och Frida.

De olika sorterna skiljde sig också åt när det gäller graden av det skydd som AR-lösningarna kunde ge (Tabell 2, Fig. 6). Jämfört med osprayad frukt, inhiberades skadorna av grönmögel med 17, 28, 39 respektive 52% för Aroma, Ingrid Marie, Frida och Gloster (Fig. 7). För *Neofabraea*, blev inhibitionen 77, 74 respektive 31% för Aroma, Ingrid Marie och Frida (Gloster var inte med i denna delen av försöket) (Fig. 7).

Tabell 2. Applikation av 2 AR-lösningar samt storlek på skadorna (mm) för fyra äpplesorter och två svampar (*P.e.* *Penicillium expansum*, *N.p.* *Neofabraea perennans*). Genomsnittliga skadan på solsidan respektive skuggsidan visas också. En interaktion mellan olika parametrar var signifikant: behandling x sida för Aroma inokulerad med *Neofabraea*.

Behandling	'Ingrid Marie'		'Frida'		'Aroma'		'Gloster'
	<i>P.e</i>	<i>N.p</i>	<i>P.e</i>	<i>N.p</i>	<i>P.e</i>	<i>N.p</i>	<i>P.e</i>
10 ml ARs 1	20.0 c <sup>z</sup>	9.6 b	20.0 b	30.3 b	37.5 b	1.0 c	11.6 b
10 ml ARs 11	28.1 b	13.6 b	22.1 b	32.7 ab	45.2 a	14.0 b	16.6 b
10 ml varmt vatten	35.0 a	46.7 a	35.1 a	50.0 a	46.5 a	32.1 a	29.6 a
Kontroll	33.0 a	45.2 a	34.2 a	49.0 a	50.3 a	31.0 a	30.8 a
Solsida	29.0 a	39.0 a	26.5 a	39.0 a	44.2 a	17.5 b	21.4 a
Skuggsida	29.0 a	42.0 a	29.5 a	42.0 a	45.7 a	21.5 a	22.9 a
Behandling x sida	NsNs	Ns		Ns	Ns	*	Ns
Behandling x säsong	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

<sup>z</sup> Medelvärden som följs av olika bokstäver, inom samma kolumn, skiljer sig åt signifikant,  $p \leq 0.05$ . Ns = inte signifikant.

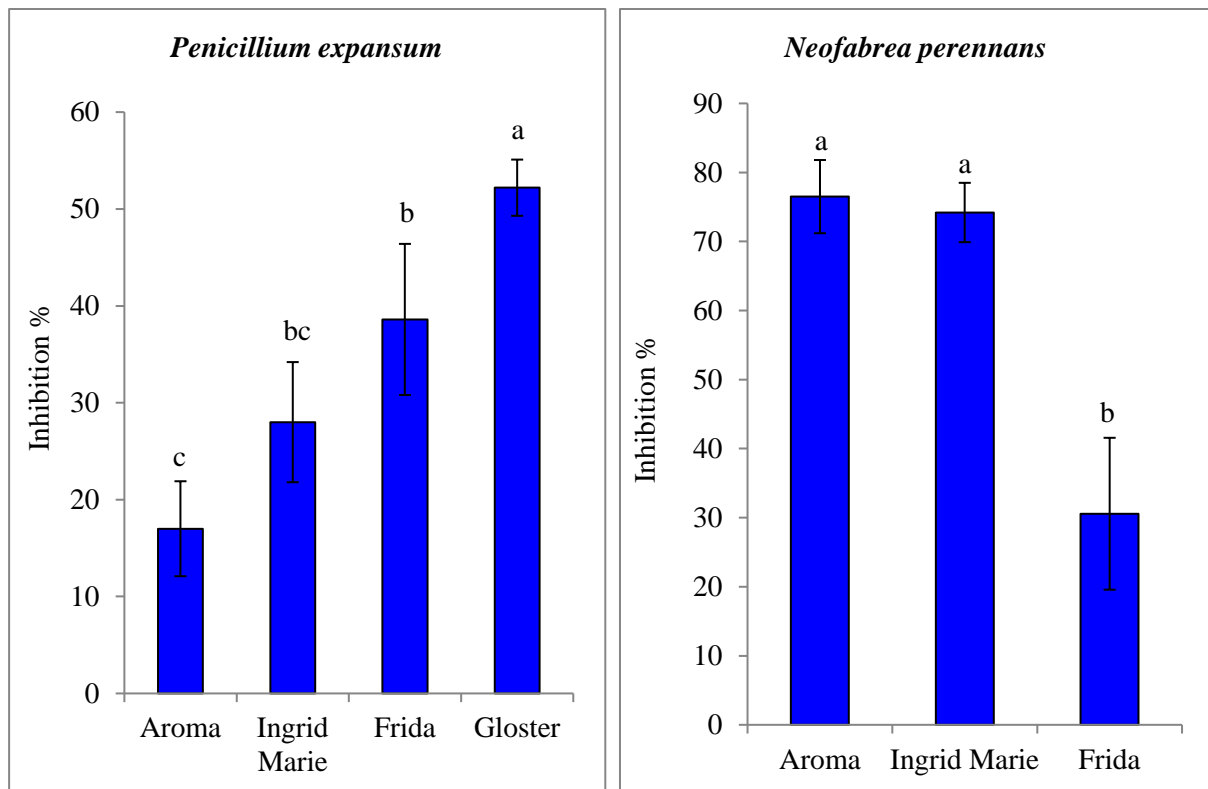


Fig. 6. Genomsnittlig procentuell inhibition av svampskador efter behandling med de två AR-lösningarna. Staplar för samma svamp men med olika bokstäver, skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).

Generellt kan man konstatera att sorter med relativt liten mottaglighet för en viss svampsjukdom på kontrollfrukten också drog mest nytta av skyddet från AR-lösningarna (Tabell 2). Omvänt kan man också uttrycka det som att sorter med störst behov av skydd tyvärr var svårast att skydda.

Skadorna var genomgående något mindre på solsidan av frukterna, men skillnaden var signifikant endast för skadorna av *Neofabraea* hos Aroma (Tabell 2). Tidigare studier har visat att solsidan på äpplen vanligen innehåller mer antocyaner och vax, och är mer motståndskraftig mot svampsjukdomar (Tahir et al., 2009). I andra studier har olika äpplesorter dock skiljt sig åt i relativ känslighet för solsida och skuggsida, och det verkar svårt att dra några generella slutsatser (Ahmadi-Afzadi et al., 2013).

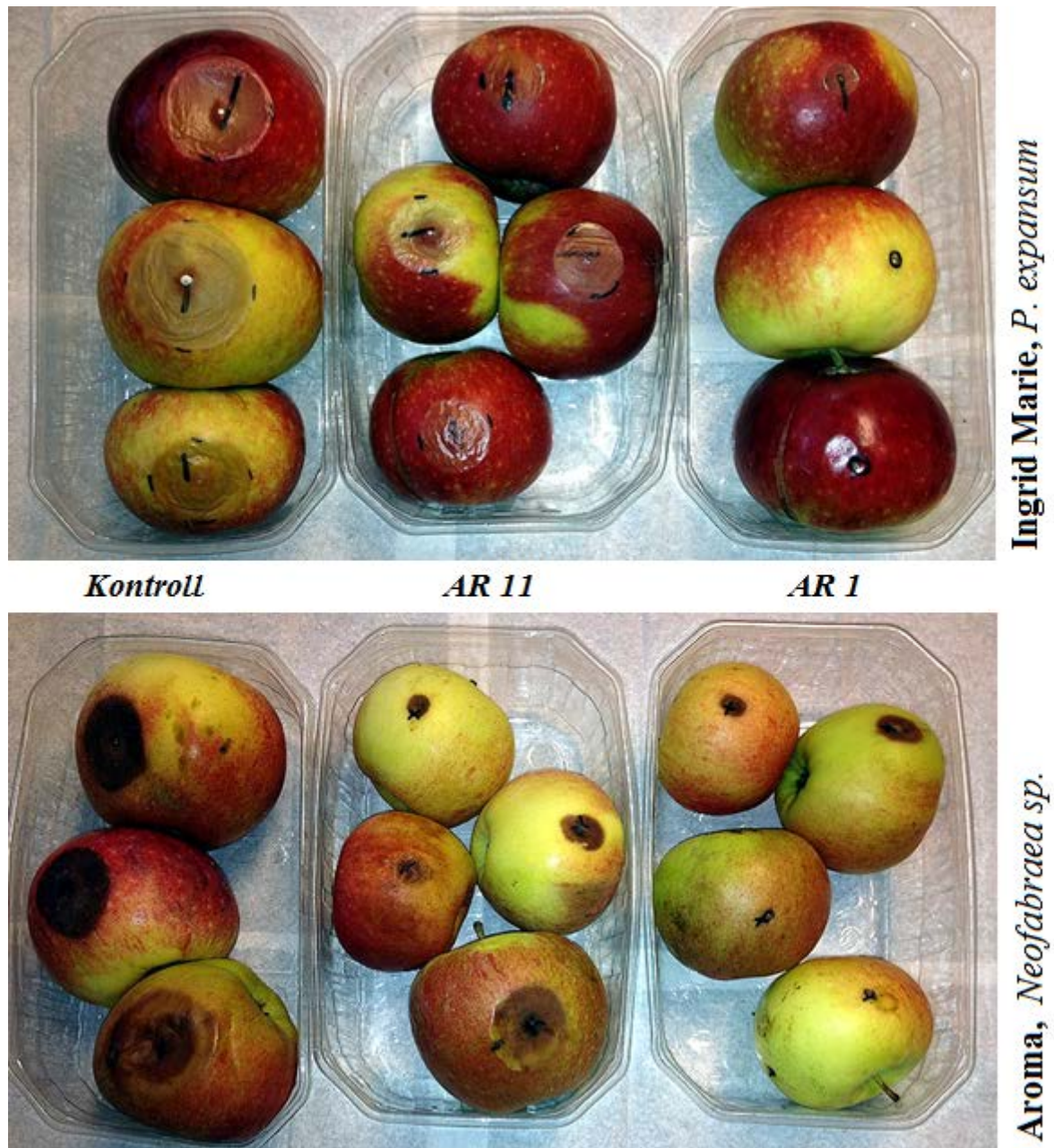


Fig. 7. Grön mögelinokulerade frukter av Ingrid Marie respektive *Neofabraea*-inokulerade frukter av Aroma. Kontroll: frukt som inte sprayats alls, AR11: frukt som sprayats med AR 11, AR1: frukt som sprayats med AR 1.

### 3.3.2. AR-lösningarnas effekt på frukt som inokulerats med tre svampar

På kontrollfrukt som ej behandlats med AR, var den genomsnittliga skadan (lesionen) orsakad av inokulering med *P. expansum* 49 mm medan skadan av *Neofabraea perennans* var 25 mm och skadan av *M. fructigena* 27 mm (Tabell 3). AR-behandlad frukt hade signifikant mindre lesioner jämfört med obehandlad frukt. Under 2014, när endast den lägre AR-koncentrationen (0,025) användes, minskade storleken på lesioner orsakade av *P. expansum* med 27% medan minskningen för *N. perennans* blev 48% jämfört med obehandlad inokulerad frukt (Tabell 3).

*Tabell 3. Genomsnittlig storlek på lesioner (i mm) uppkomna efter inokulering med tre svampar (P.e. Penicillium expansum, N.p. Neofabraea perennans och M.f. Monilinia fructigena) i frukt som behandlats med olika AR-koncentrationer.*

AR koncentration	2014			2015		
	<i>P.e.</i>	<i>N.p.</i>	<i>M.f.</i>	<i>P.e.</i>	<i>N.p.</i>	<i>M.f.</i>
Kontroll-lösning 0,0%	53,8 a	22,7 a	-	38,7 b	25,5 a	26,6 ab
ARa 0,025 %	39,7 b	11,2 b	-	32,4 c	22,6 b	22,9 bc
ARb 0,1 %	-	-	-	24,8 d	20,4 bc	19,8 cd
ARc 0,2 %	-	-	-	17,4 e	19,2 c	17,1 d
Obehandlad	54,5 a	21,6 a	-	44,3 a	27,5 a	28,4 a

*Värden med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).*

År 2015 var lesionerna orsakade av *P. expansum* 27%, 44% respektive 61% mindre efter behandling med 0,025%, 0,1% respektive 0,2% AR jämfört med obehandlad frukt (Fig. 10A). AR-koncentrationen och lesionens diameter var negativt korrelerade (Tabell 4). Behandling med kontroll-lösningen minskade lesionerna med 12% jämfört med obehandlad frukt (Fig. 8). Behandling med de tre AR-koncentrationerna hade signifikant inverkan även på *N. perennans*; lesionens diameter minskade med 19%, 30% respektive 40% jämfört med obehandlad frukt (Fig. 10B, Fig. 9) och AR-koncentration och lesionens diameter var negativt korrelerade (Tabell 4). Behandling med kontroll-lösning påverkade inte lesionens diameter.



*Fig. 8. Högre AR-koncentration leder till mindre angrepp av *P. expansum*.*



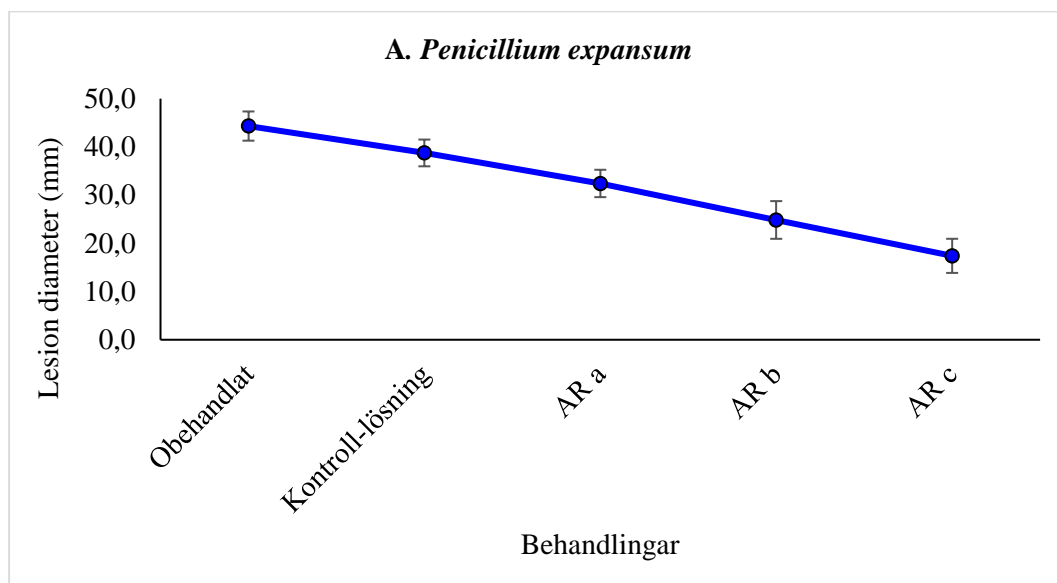
Fig. 9. Högre AR-koncentration leder till mindre angrepp av *Neofabraea perennans*.

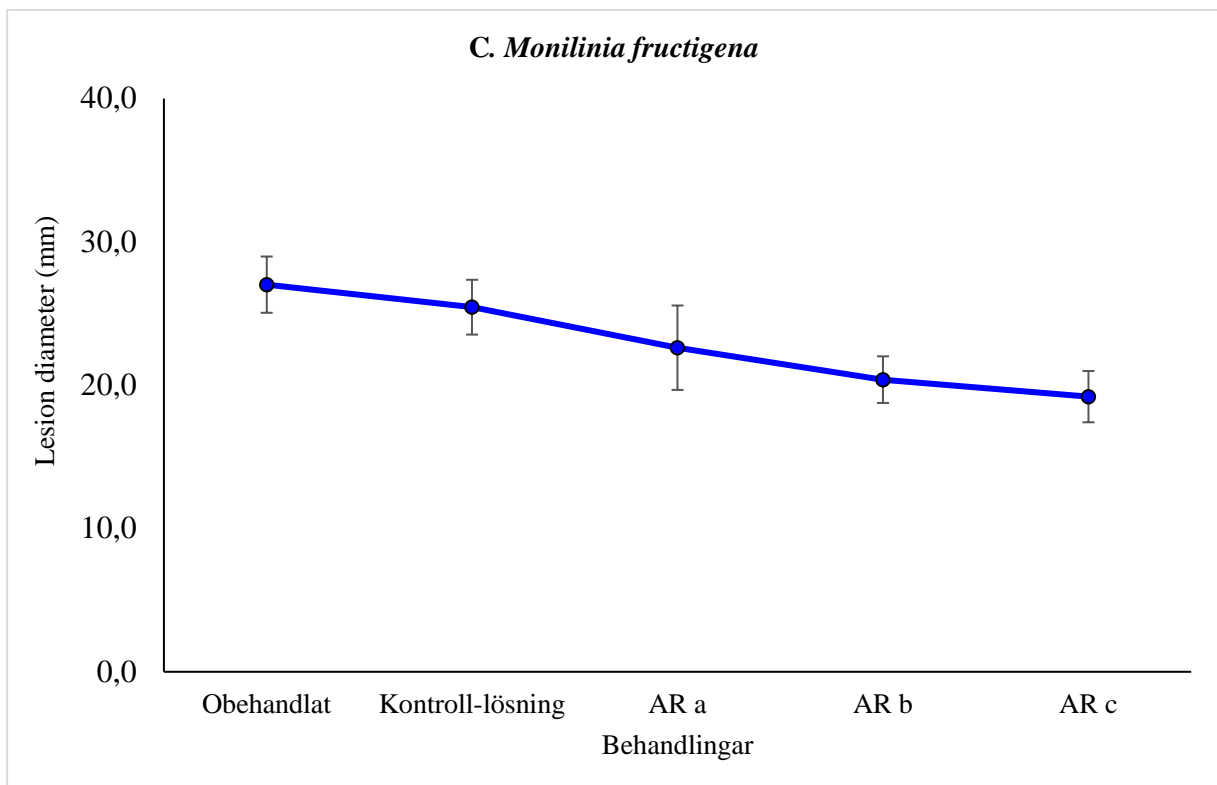
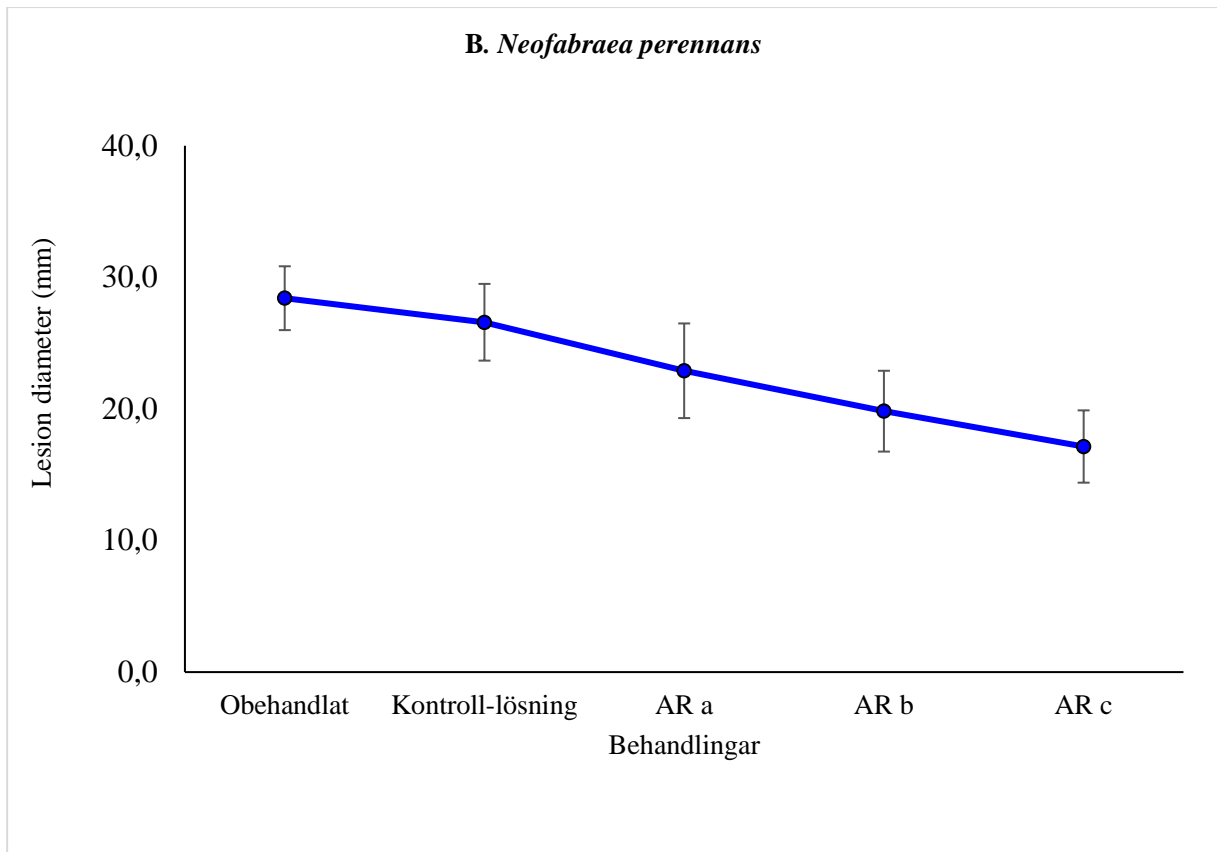
För *M. fructigena* minskade lesionens diameter med 16%, 24% och 29% efter AR-behandling (Fig. 10C), och AR-koncentration och lesionens diameter var återigen korrelerade (Tabell 4). Behandling med kontrollösning hade ingen effekt på lesionens diameter.

Tabell 4. Korrelation mellan koncentrationen av olika AR-lösningar och svampangrepp orsakades av inokulering med tre olika svampar (2015).

Faktor	Korrelation mellan storleken på lesioner orsakade av olika svampar			Korrelation mellan AR-koncentration (Konc.) och lesioner orsakade av olika svampar		
	P.e. & M.f.	P.e. & N.p.	M.f. & N.p.	Konc. & P.e.	Konc. & N.p.	Konc. & M.f.
r	0,56	0,56	0,39	-0,78	-0,50	-0,53
P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ekvation	5,2+1,15x	11,0+0,89x	16,6+0,27x	39,4-119x	25,0-33,2x	26,1-49,1x
R2	25,6%	31,1%	15,1%	61%	25%	28%

P.e. *Penicillium expansum*; M.f. *Monilinia fructigena*; N.p. *Neofabraea perennans*.





*Fig. 10. Inverkan av efterskördbehandling med olika AR-koncentrationer (ARa 0,025%, ARb 0,1% och ARc 0,2%) på diametern hos lesioner efter inokulering med tre olika svampar.*

### 3.4. Fältbehandling

#### 3.4.1. Fältbehandlingens inverkan på avkastning och fruktvtikt

Besprutning av träden minskade avkastningen jämfört med obesprutade träd. Räkntat över alla försöksled och båda säsongerna, hade AR-behandlade träd 25% lägre avkastning än träd som behandlats med kontrollösningen (Fig. 11). Antalet AR-behandlingar hade ingen inverkan på denna minskning (Fig. 12). Senare behandlingar (i augusti och september) visade mindre negativa effekter på avkastningen jämfört med tidigare behandlingar (Fig. 13).

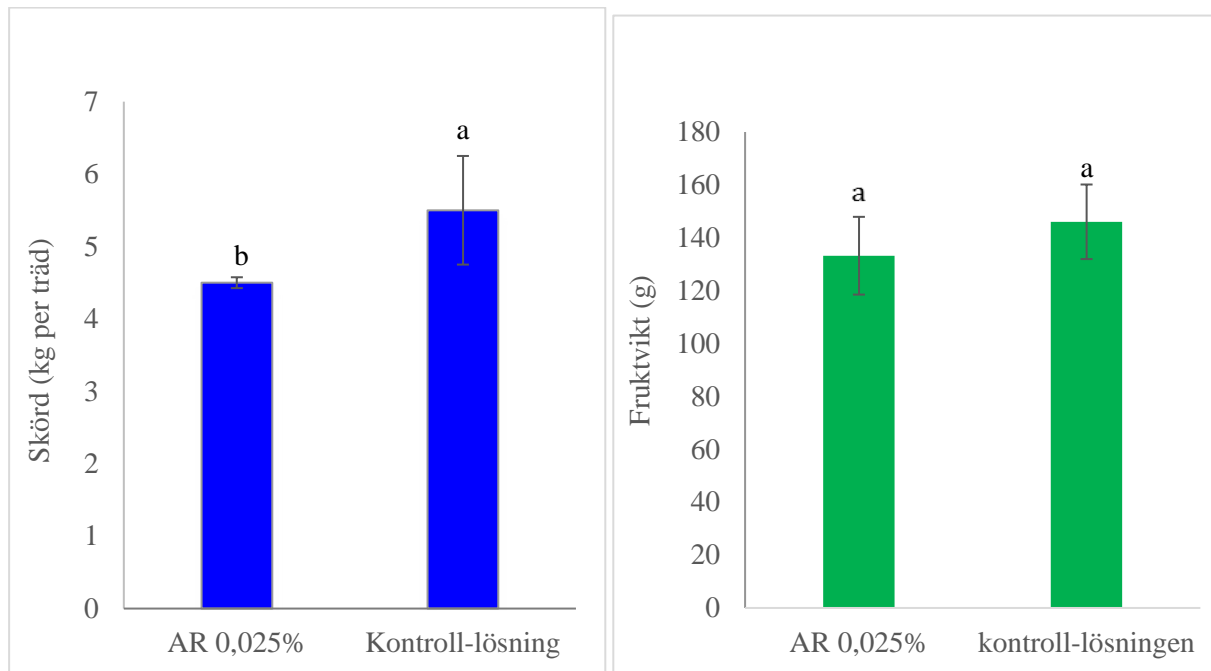


Fig. 11. Inverkan av AR-behandling på avkastning och fruktvtikt (medelvärden för 2014 och 2015). Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).

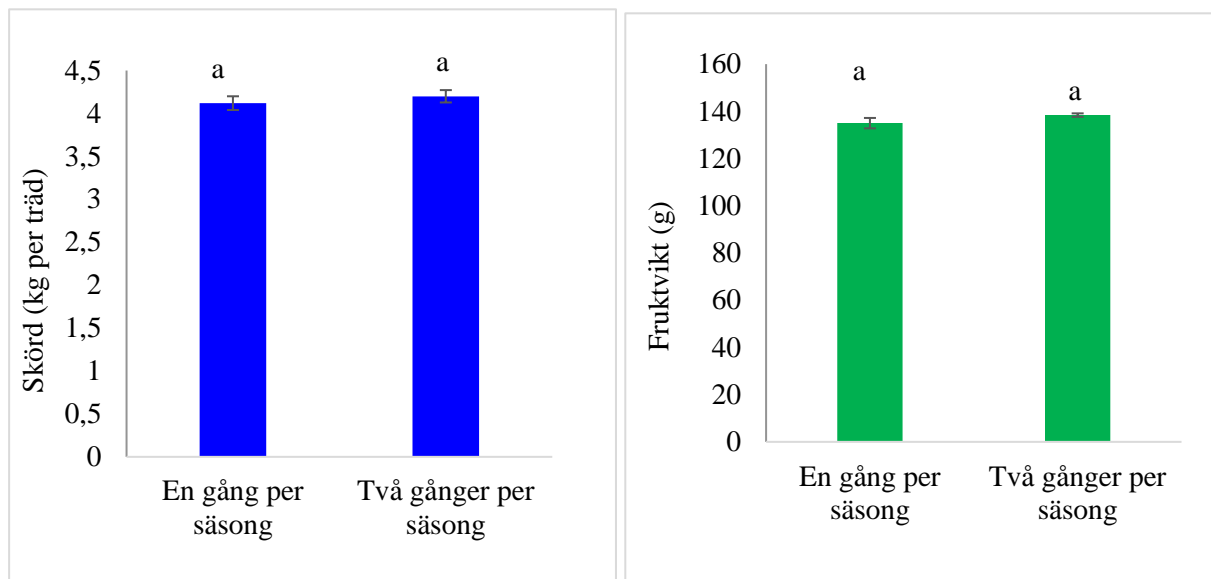


Fig. 12. Inverkan av antalet AR-behandlingar på avkastning och fruktvtikt (medelvärden för 2014 och 2015). Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).

Räknat över alla försöksled och båda säsongerna, påverkades fruktvikten inte av om träden behandlades med AR eller med kontrollösningen (Fig. 4). Behandling av träden med AR vid två tillfällen ledde till ca 15% lägre fruktvikt jämfört med bara en behandling under 2015 men skillnaden var inte signifikant när man räknade över båda säsongerna (Fig. 5).

Behandlingstidpunkt påverkade inte fruktvikten, varken när AR-lösningen eller kontrollen användes (ej visade data).

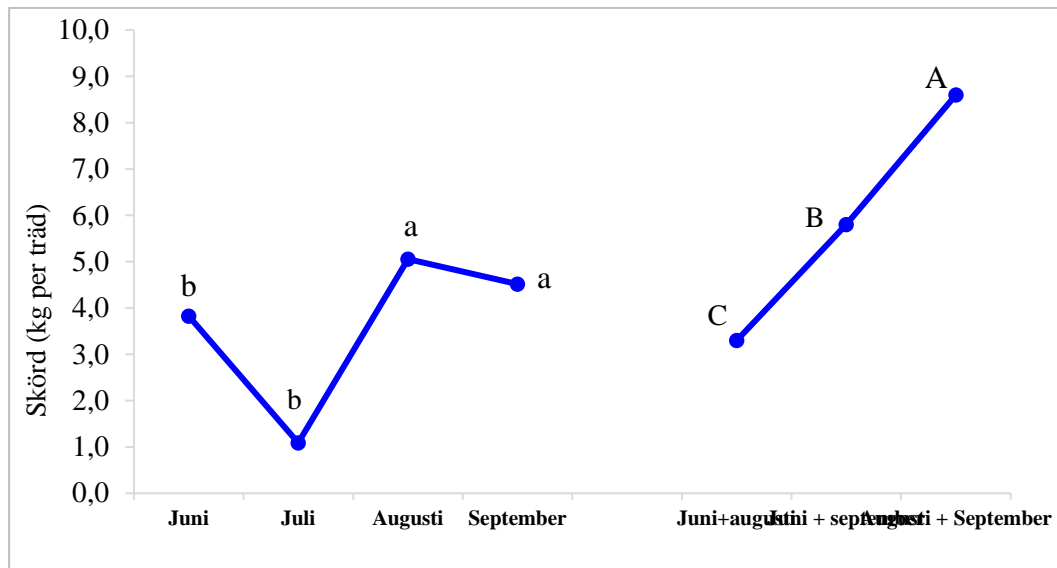


Fig. 13. Inverkan av AR-behandlingstidpunkt(er) på avkastningen (medelvärden för 2014 och 2015). Värden (punkter) med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).

### 3.4.2. Fältbehandlings inverkan på mängden fallfrukt

Frukt som låg under försöksträden samlades upp innan skörd. All denna fallfrukt hade svampangrepp, främst fruktmögel (*Monilinia fructigena*). Det fanns mindre fallfrukt under AR-behandlade träd jämfört med under obehandlade träd eller träd som behandlats med kontrollösningen (Fig. 14). Antal behandlingar och behandlingstidpunkt hade inga övergripande effekter. Räknat över alla försöksled och båda säsongerna, var andelen fallfrukt 43% lägre under AR-behandlade träd jämfört med träd som behandlats med kontrollösningen.

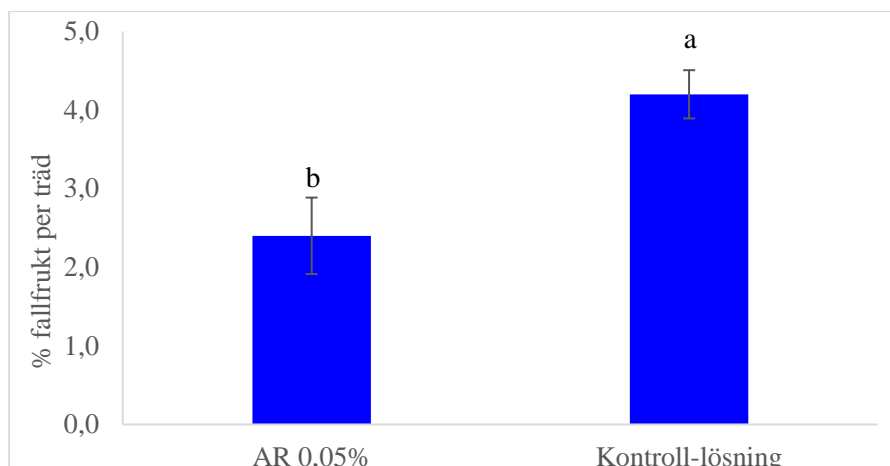


Fig. 14. Inverkan av AR-behandling på mängden fallfrukt per träd (medelvärden för 2014 och 2015). Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).



### 3.4.3. Fältbehandlingens inverkan på fruktens kvalitet vid skörd

Behandling med såväl AR som kontrollösning minskade fruktens fasthet något jämfört med obehandlad frukt under 2014 medan AR-behandlingen istället hade viss positiv effekt under 2015 (Tabell 5). Antal behandlingar och behandlingstidpunkt hade inga tydliga, övergripande effekter. Behandlingarna visade inga signifikanta effekter på mängden löslig torrsubstans. Fruktens färg påverkades negativt av behandling med såväl AR som kontrollösning under 2014, medan ingen signifikant effekt observerades under 2015. Det fanns ingen signifikant interaktion mellan säsong, typ av lösning och behandlingstillfällen för någon av kvalitetsvariablerna.

Tabell 5. Inverkan av AR-behandling på fruktens kvalitet (fasthet, löslig torrsubstans =SSC och färgindex) vid skörd.

Medel	Behandlings- tillfällen	2014			2015		
		Fasthet	SSC	Färgindex	Fasthet	SSC	Färgindex
AR 0,025 %	Juni	5,9 cd	12,6 a	15,4 cd	8,3 ab	13,3 abc	22,9 a
	Juli	-	-	-	8,2 abc	13,7 abc	28,5 a
	Augusti	6,9 ab	12,3 a	17,8 bc	8,8 a	13,5 abc	27,7 a
	September	-	-	-	8,6 ab	13,4 abc	26,8 a
	Juni+augusti	5,3 d	12,6 a	26,3 b	8,2 abc	13,3 abc	23,0 a
	Juni+sep.	6,2 bc	12,9 a	16,6 cd	8,8 a	14,4 a	24,6 a
	Aug.+sep.	6,6 bc	13,1 a	25,1 bc	7,9 bcd	13,3 abc	23,8 a
Kontroll- lösning	Juni	5,4 d	12,5 a	29,1 ab	8,1 abcd	12,6 bc	28,6 a
	Juli	-	-	-	7,3 cd	13,4 abc	21,6 a
	Augusti	5,9 cd	13,0 a	25,6 bc	8,2 ab	13,6 abc	30,2 a
	September	-	-	-	7,8 bcd	13,0 abc	25,7 a
	Juni+augusti	5,6 d	12,5 a	13,9 d	8,1 abcd	14,0 ab	27,7 a
	Juni+sep.	5,4 d	12,8 a	17,6 bcd	7,7 bcd	13,5 abc	25,4 a
	Aug.+sep.	5,3 d	12,5 a	18,5 bcd	7,2 d	13,3 abc	20,5 a
Obehandlad		7,5 a	12,8 a	38,1 a	7,8 bcd	12,4 c	25,7 a

Fasthet (kg/cm<sup>2</sup>), SSC: Total löslig torrsubstans (%), färgindex=(a x 1000)/(b x L). Värderna med olika bokstäver inom samma kolumn skiljer sig åt signifikant (p≤0.05).

Räknat över alla försöksled och båda säsongerna, förbättrade AR-behandlingen fruktens fasthet något jämfört med behandling med kontrollösningen. Inga effekter kunde noteras för löslig torrsubstans eller fruktens färg.

### 3.4.4. Fältbehandlingens inverkan på fruktens lagringsduglighet

Behandling av träden med AR respektive kontrollösning påverkade inte fruktens viktminskning, varken under kyl- eller ULO-lagring. Interaktionerna mellan säsong, typ av lösning och behandlingstidpunkt(er) var inte signifikanta. Räknat över alla försöksled gav ULO-lagring 50% lägre viktförlust jämfört med kylagring under båda säsongerna.

Behandling med AR respektive kontrollösning hade ingen effekt på förekomsten av fysiologiska sjukdomar som mjuk skalbränna. ULO-lagring minskade dock förekomsten av denna sjukdom. Träd som hade behandlats med AR tidigt under säsongen, visade en något högre frekvens mjuk skalbränna jämfört med träd som behandlats senare (data visas ej).

AR-behandling reducerade den totala förlusten av frukt under lagringsperioden jämfört med hos obehandlade träd. Senare behandlingar med AR minskade den totala förlusten av frukt under kylagring jämfört med kontrollen (Tabell 6). I ULO-lagrad frukt syntes en positiv effekt av behandlingarna främst under 2015 (Tabell 6).

*Tabell 6. Total förlust av frukt per träd efter lagring.*

Medel	Behandlings- tillfällen	2014		2015	
		Kyl	ULO	Kyl	ULO
AR 0,025 %	Juni	36,7 abc	23,3 abc	21,7 abcd	9,9 abc
	Juli	-	-	24,5 abcd	10,0 abc
	Augusti	20,0 bcd	15,6 bc	15,0 d	8,4 abc
	September	-	-	14,7 d	8,2 abc
	Juni+augusti	17,8 cd	11,1 c	25,4 abc	6,2 bc
	Juni+sep.	22,2 bcd	17,8 bc	17,0 cd	5,1 c
	Aug.+sep.	13,3 d	11,1 c	20,8 bcd	4,7 c
Kontroll- lösning	Juni	33,3 abc	17,8 bc	20,4 bcd	16,4 ab
	Juli	-	-	28,2 ab	17,4 a
	Augusti	20,0 bcd	28,9 abc	30,3 ab	13,5 abc
	September	-	-	27,8 ab	11,4 abc
	Juni+augusti	37,8 ab	37,8 a	25,7 abc	12,1 abc
	Juni+sep.	37,8 ab	24,4 abc	27,6 ab	16,2 ab
	Aug.+sep.	33,3 abc	26,7 abc	23,5 abcd	12,3 abc
Obehandlade		44,4 a	33,3 ab	31,3 a	18,4 a

Värden med olika bokstäver inom samma kolumn skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).

Lägst förlust erhöles för träd som hade behandlats med AR vid ett tillfälle (i september) eller vid två tillfällen (i augusti och september) (Fig. 15). Träd som hade behandlats med kontroll-lösningen skiljde sig inte signifikant från obehandlade träd.

Lagringsförlusterna var lägre under 2014 jämfört med 2015. Räknat över försöksled minskade behandling med AR de totala förlusterna med 40% under 2014 och med 51% under 2015, jämfört med behandling med kontrollösningen (Fig. 16).

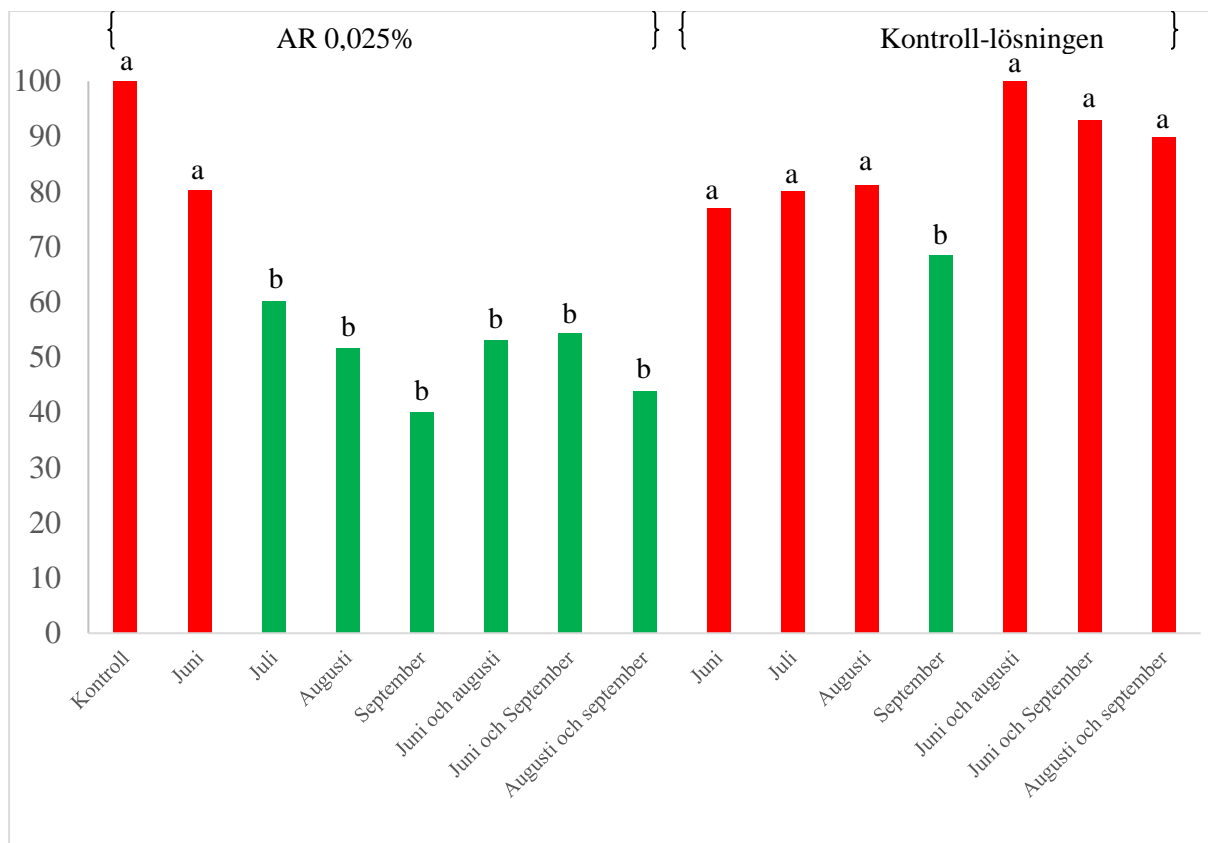


Fig. 15. Inverkan av olika AR-behandlingar på total förlust av frukt efter lagring (medelvärden av 2014 och 2015). Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).

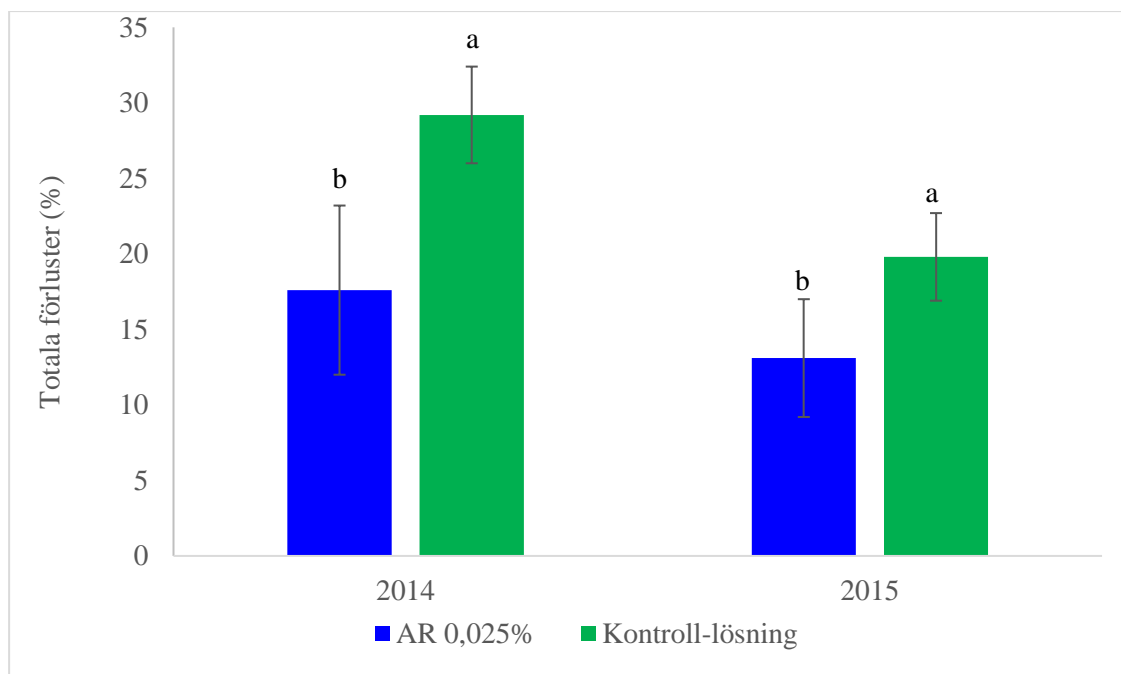


Fig. 16. Inverkan av AR-behandling på den totala förlusten av frukt efter lagring. Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).

Under 2014 hade behandling vid två tillfällen bättre effekt än behandling vid ett tillfälle; totala förlusterna minskade då med 30% i kylgrad frukt och med 32% i ULO-lagrad frukt (Fig. 17). Motsvarande tydliga effekter förelåg inte för 2015.

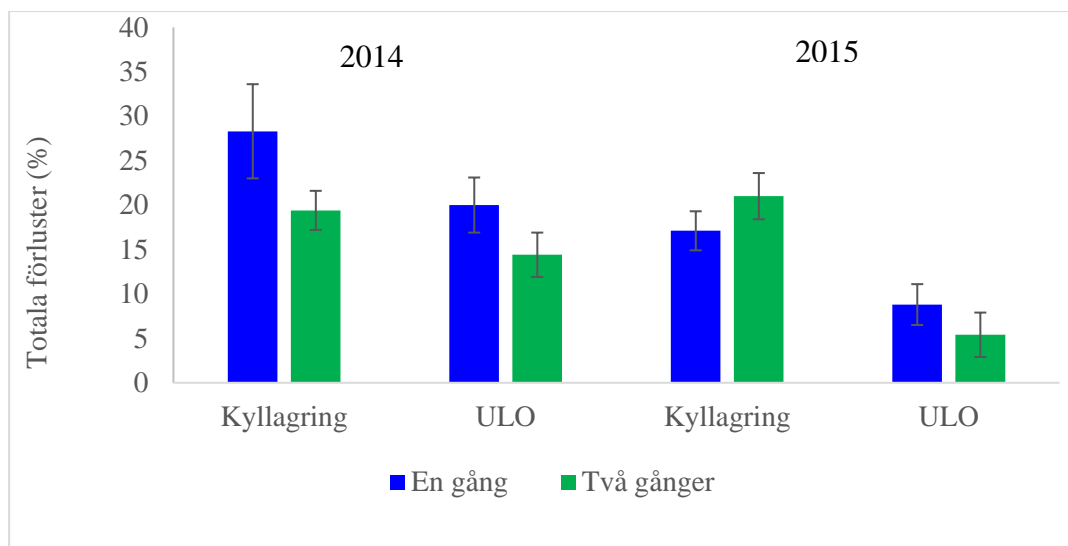


Fig. 17. Inverkan av antal AR-behandlingar på totala förlusten av frukt efter lagring.

### 3.4.5. Fältbehandlingens inverkan på svampangrepp under lagring

Frukt från obehandlade träd hade en större mängd spontant utvecklade svampangrepp 2014 jämfört med 2015, och likaså mer angrepp efter kyllagring jämfört med efter ULO-lagring. Jämfört med frukt från obehandlade träd, minskade AR-behandling de totala svampangreppen i lagrad frukt med 55–60% under 2014 och med 57–72% under 2015 (Tabell 7).

Tabell 7. Inverkan av AR-behandling på antalet svampangripna frukter efter kyl- och ULO-lagring.

Medel	Behandlingstillfällen	2014		2015	
		Kyllagring	ULO	Kyllagring	ULO
AR 0,025%	Juni	31,7 abc	23,3 abc	14,2 cd	6,7 abc
	Juli	-	-	11,7 cde	6,7 abc
	Augusti	15,0 cde	13,5 bc	8,3 de	5,6 bc
	September	-	-	5,8 e	4,4 bc
	Juni och augusti	13,5 de	9,0 c	13,3 cd	3,3 bc
	Juni och september	17,5 bcde	15,0 bc	11,7 cde	2,2 c
	Augusti och sept.	8,6 e	9,1 c	8,3 de	2,2 c
Kontroll-lösning	Juni	27,5 abcd	15,2 bc	15,8 bc	13,3 ab
	Juli	-	-	20,8 ab	15,6 ab
	Augusti	14,4 cde	26,9 abc	21,7 ab	10,0 abc
	September	-	-	14,2 cd	8,9 abc
	Juni och augusti	33,6 abc	30,1 ab	20,8 ab	9,1 abc
	Juni och september	34,4 ab	21,3 abc	20,8 ab	13,3 ab
	Augusti och sept.	29,6 abcd	24,8 abc	17,5 bc	10,0 abc
Kontroll		38,7 a	35,3 a	24,2 a	15,6 a

Värden med olika bokstäver inom samma kolumn skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).

Antalet svampangripna frukter från AR-behandlade träd var 42% (2014) respektive 50% (2015) lägre jämfört med träd som behandlats med kontrollösningen (Fig. 18 och 19).

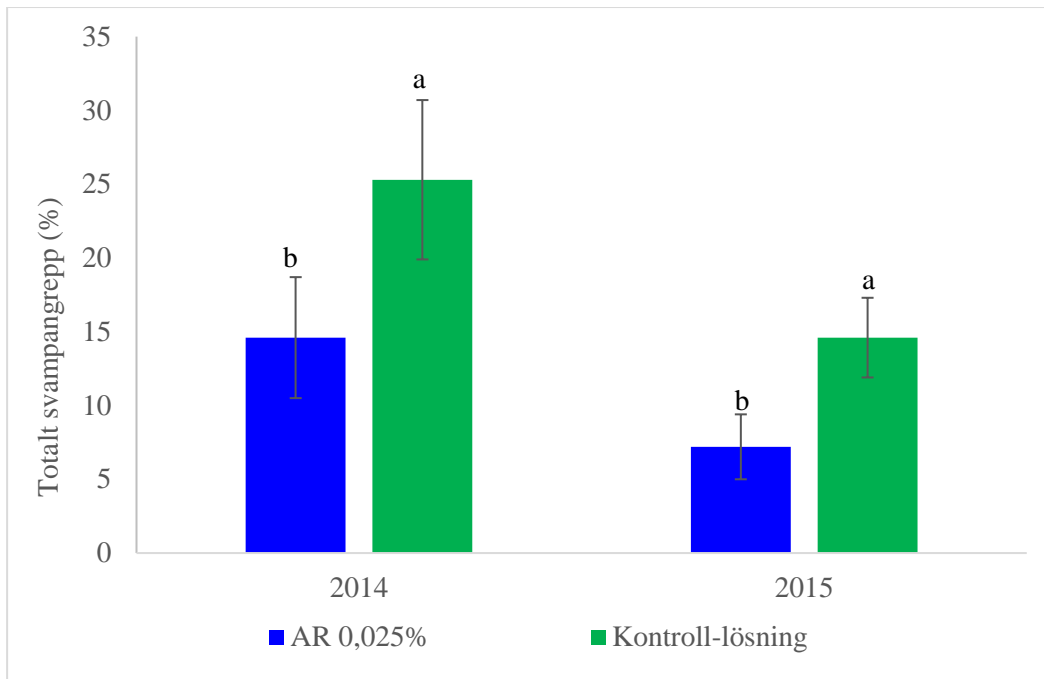


Fig. 18. Inverkan av lagringsmetod (A) och AR-behandling (B) på totalt svampangrepp i lagrad frukt. Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).



Fig. 19. E: frukt från träd som behandlats med AR i juni och september, F: i augusti och september, (C) i september, Control: obehandlade träd, D: i juni och augusti.

Antalet behandlingstillfällen visade ingen signifikant inverkan på det totala svampangreppet i frukt från AR-behandlade träd, varken under 2014 eller 2015. Tidpunkten för behandlingen hade däremot en signifikant effekt; senare behandling (augusti och september) minskade det totala svampangreppet jämfört med tidigare behandling (juni) (Fig. 20).

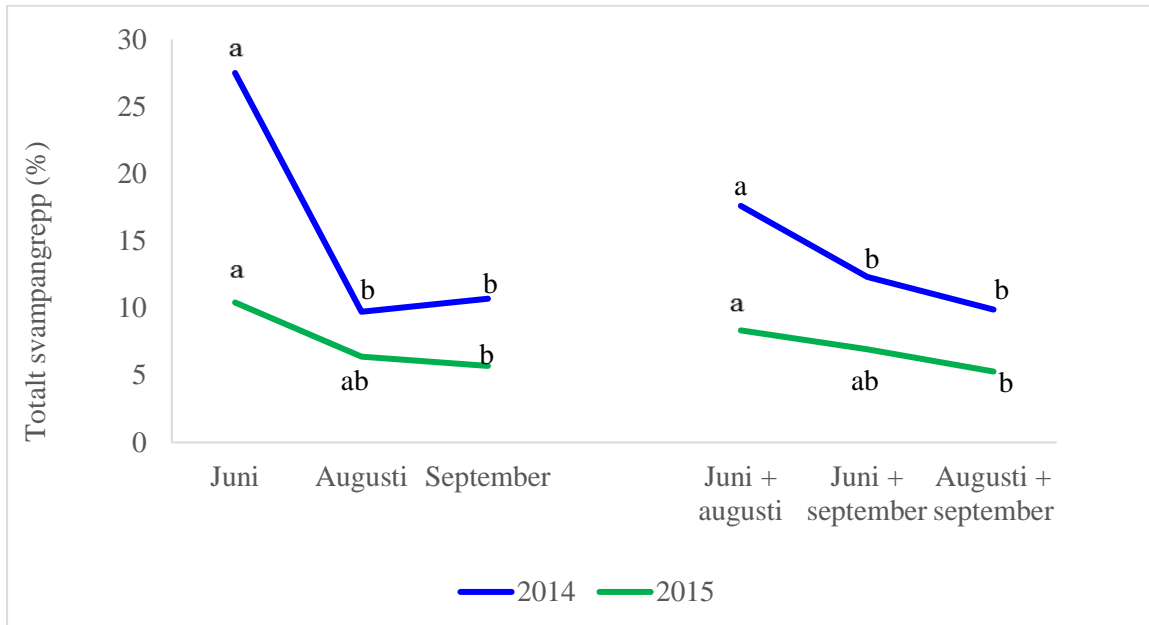


Fig. 20. Inverkan av behandlingstillfällen på totala svampangreppet i lagrad frukt från AR-behandlade träd. Värden (punkter) med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).

### 3.4.6. Fältbehandlingens inverkan på angrepp av olika svamparter

När spontant uppkomna svampangrepp utvärderades, ägnades speciell uppmärksamhet åt fyra olika lagringssjukdomar: lenticellröta (*Neofabraea* sp.), bitterröta (*Colletotrichum* sp.), grönmögel (*P. expansum*) och fruktmögel (*M. fructigena*).

**Lenticellröta** orsakade ca 45% av det totala svampangreppet under 2014 och var den mest destruktiva skadegöraren. Under 2015 orsakade den däremot bara 5,5% av det totala svampangreppet. ULO-lagring minskade angreppet med 22% jämfört med kylagring (Fig. 21). Behandling med AR hade ännu större effekt; skadorna minskade med 40–50% jämfört med kontrollbehandling. Antalet behandlingstillfällen hade ingen inverkan men senarelagd behandling (september eller augusti) gav mer effekt än behandling i juni (Fig. 22).

**Bitterröta** orsakade 33–34 % av det totala svampangreppet båda åren, och ULO-lagring minskade återigen skadorna (Fig. 21). Behandling med AR hade positiv inverkan enbart under 2015, då svampangreppet blev 60% lägre än efter behandling med kontrollösning. Precis som ovan, hade antalet behandlingstillfällen ingen signifikant inverkan medan senarelagd behandling (september eller augusti) var effektivare än behandling i juni (Fig. 22).

**Grönmögel** gjorde liten skada 2014 men orsakade i stället 52% av det totala svampangreppet under 2015. En kombination av AR-behandling och ULO-lagring ledde till minskade skador (Fig. 21). Behandling i juni eller september visade bättre effekt än behandling i augusti (Tabell 6 och Fig. 22).

**Fruktmögel** stod för en fjärdedel (2014) respektive en femtedel (2015) av det totala svampangreppet. ULO-lagring minskade fruktmögelskadorna med 33% jämfört med kylagring under 2015 (Fig. 21). AR-behandling hade stor effekt under både säsongerna, med 70–90% färre skador jämfört med kontrollbehandlingen. Under 2015 hade senarelagd behandling bättre effekt än tidigare behandling (Fig. 22).

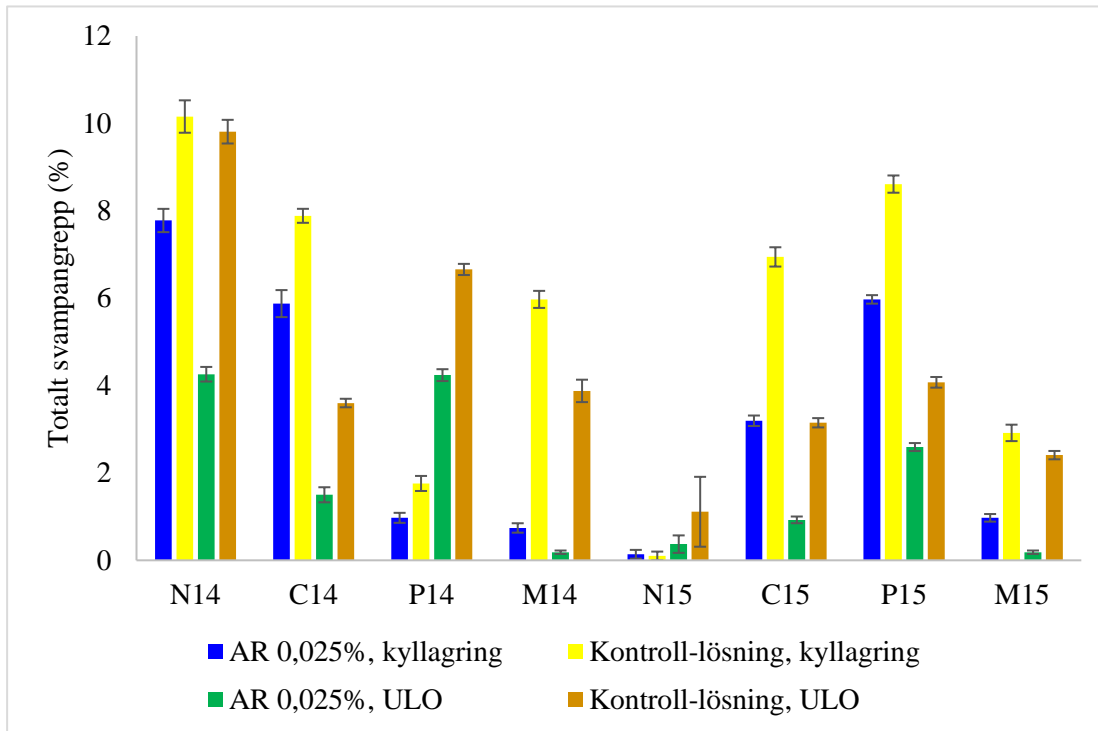


Fig. 21. Inverkan av AR-behandling och lagringsmetod på angrepp av N: *Neofabraea* sp., C: *Colletotrichum* sp., P: *P. expansum*, M: *M. fructigena*. 14 = 2014 och 15 = 2015.

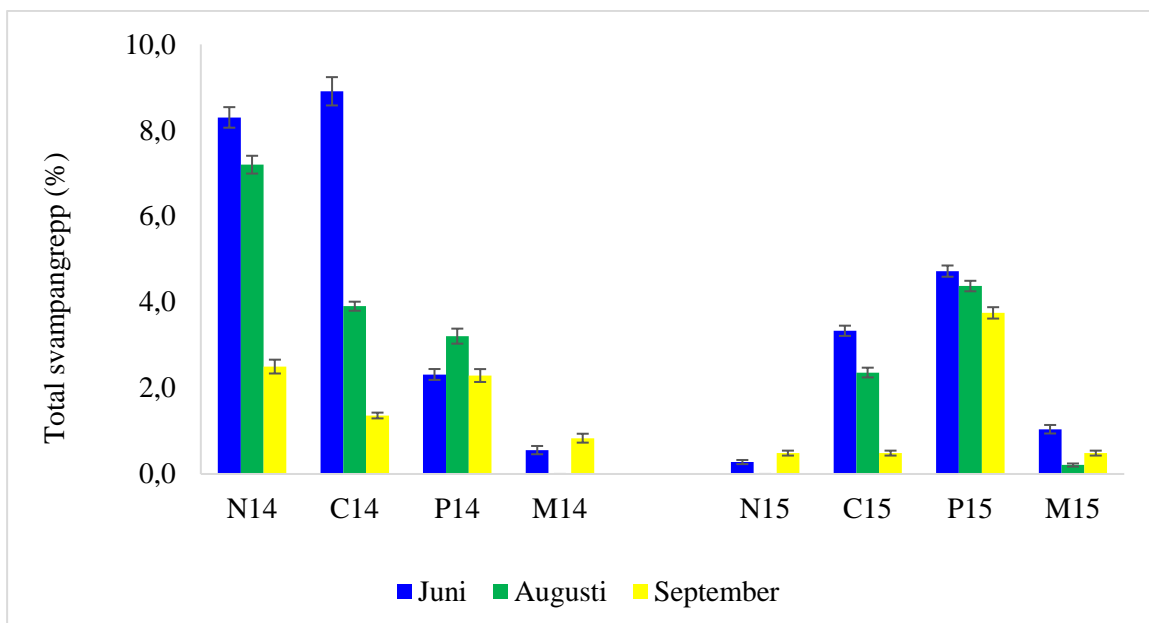


Fig. 22. Inverkan av behandlingstidpunkt på mängden angrepp av N: *Neofabraea* sp., C: *Colletotrichum* sp., P: *P. expansum*, M: *M. fructigena*. 14 = 2014 och 15 = 2015.

### 3.5. In vitro tester

#### 3.5.1. Effekt av två olika AR-lösningar på myceltillväxt och virulens

Tillsats av AR-lösning till petriskålar tre timmar innan mycelet fördes över, gav en sämre myceltillväxt under de påföljande tre veckornas inkubation. Effekten var dock statistiskt signifikant endast för AR 1-behandlade petriskålar med *Neofabraea*. Betydligt kraftigare inhibition erhöles när vi sprayade AR-lösningarna på petriskålarna tre timmar efter att svampmycelet tillsatts. Särskilt AR 1 utmärkte sig, med 71 och 77% inhibition av myceltillväxten hos grönmögel respektive *Neofabraea* (Fig. 23, Tabell 8).

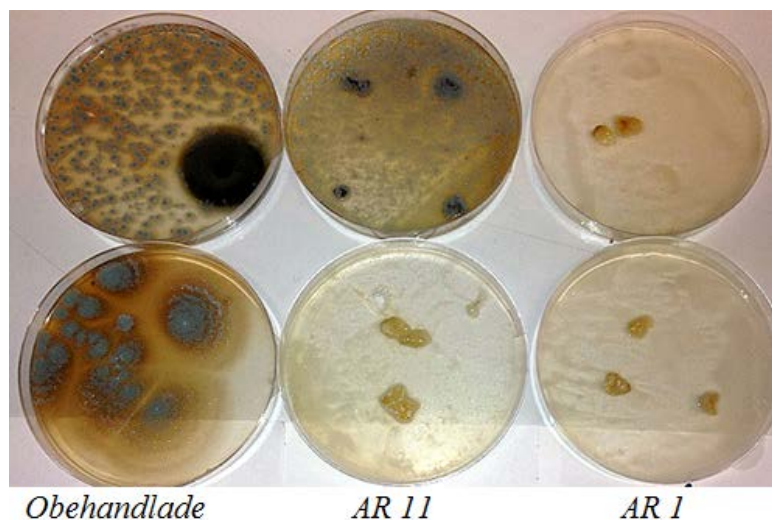


Fig. 23. Myceltillväxt hos grönmögel. Obehandlade: petriskålar som inte sprayats, AR 11: petriskålar som sprayats med AR 11 tre timmar efter att mycelet tillsatts, AR 1: petriskålar som sprayats med AR 1 tre timmar efter att mycelet tillsatts.

Tabell 8. AR-lösningarnas förmåga att inhibera (%) myceltillväxt in vitro av *P. expansum* respektive *N. perennans* på petriskålar med potatisdextros agar (PDA) respektive maltextrakt agar (MEA).

AR-lösning	AR tillsatt 3 tim. innan inokulering		AR tillsatt 3 tim. innan inokulering	
	<i>P. expansum</i>	<i>N. perennans</i>	<i>P. expansum</i>	<i>N. perennans</i>
AR 1	24 <sup>z</sup> a	46 a	71 a	77 a
AR 11	21 a	27 b	50 b	43 b

<sup>z</sup> Medelvärden som följs av olika bokstäver, inom samma kolumn och svamp, skiljer sig åt signifikant,  $p \leq 0.05$

När vi därefter inokulerade Aroma äpplen med inokulum som vi fått genom att skrapa av sporer från de AR-sprayade petriskålarna, fick vi signifikant mindre skador än när vi använde sporer från obehandlade kontroll-petriskålar (Fig. 24). AR-behandlingarna hade alltså förmåga att begränsa svamparnas virulens. För grönmögel visade AR 1 bäst förmåga att begränsa virulensen. De två AR-lösningarna skiljde sig däremot inte åt i sin förmåga att begränsa virulensen hos *Neofabraea*. När vi inokulerade Aroma äpplen med sporer som vi istället fått från petriskålar där AR-lösningarna tillsatts innan mycelet, fick vi inga signifikanta begränsningar av virulensen för någon av svamparna (Fig. 25).



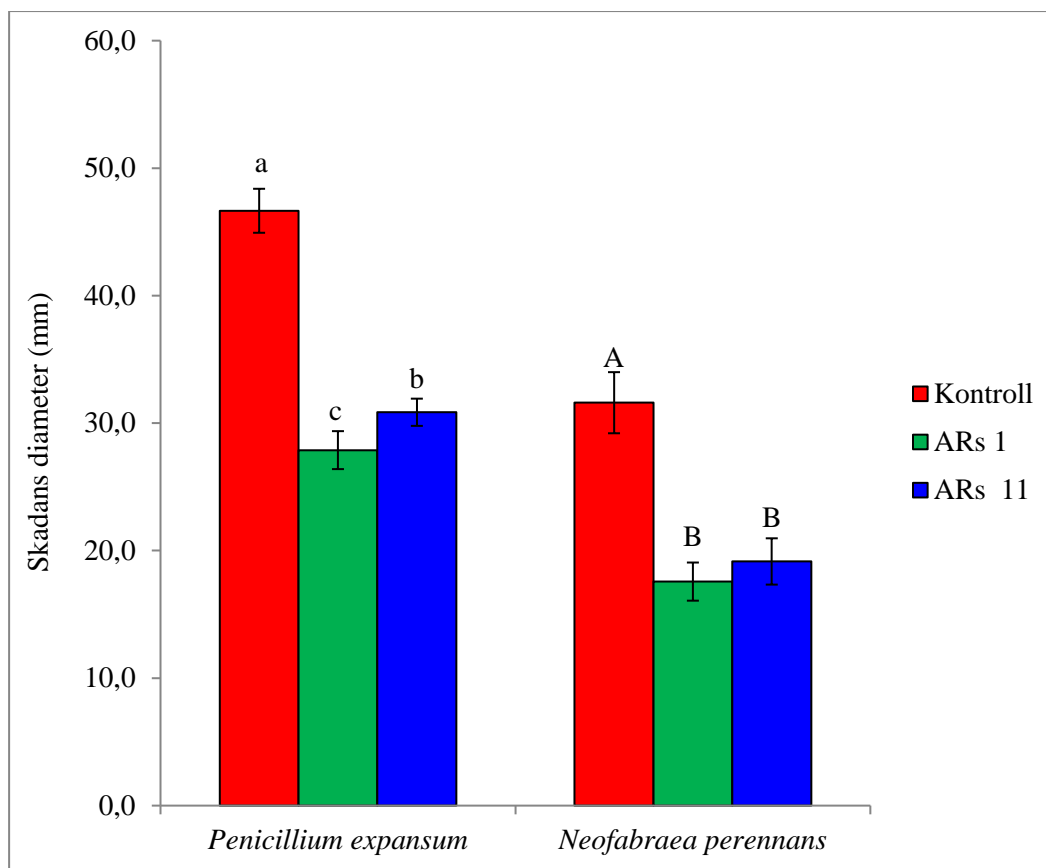


Fig. 24. Effekt av AR 1 och AR 11 på virulensen hos grönmögel och *Neofabraea*, beräknad som storleken av skador på frukter av Aroma. Dessa frukter hade inokulerats med sporer från petriskålar som sprayats med AR-lösningar tre timmar *efter* att de först försetts med svampmycel. Staplar med olika bokstäver (samma svamp), skiljer sig åt signifikant ( $p \leq 0.05$ ).

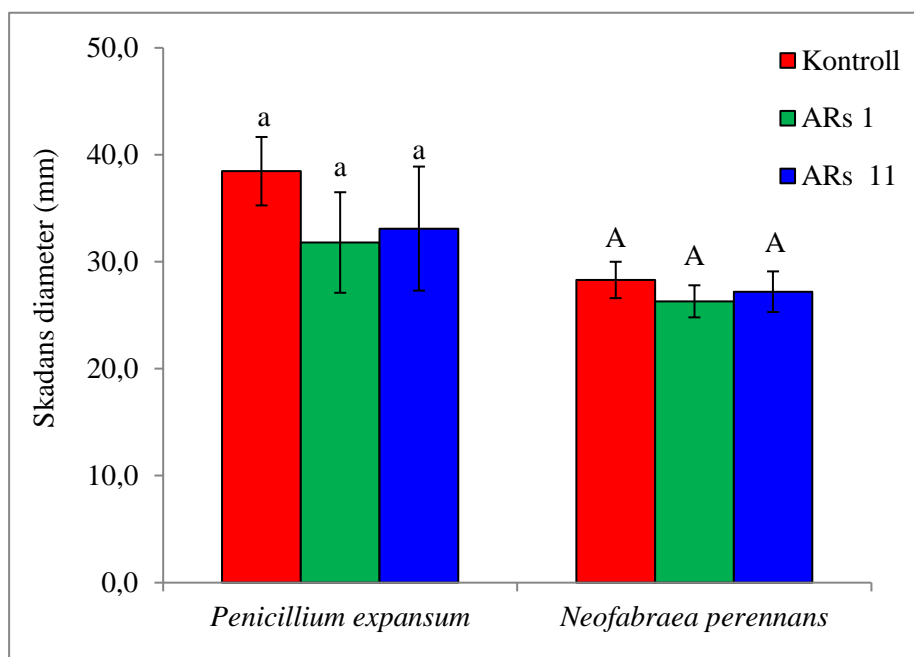


Fig. 25. Effekt av AR 1 och AR 11 på virulensen hos grönmögel och *Neofabraea*, beräknad som storleken av skador på frukter av Aroma. Dessa frukter hade inokulerats med sporer från petriskålar som hade behandlats med AR-lösningar tre timmar *innan* de försetts med svampmycel. Inga signifikanta skillnader kunde påvisas.

### 3.5.2. Olika koncentrationer av AR-lösning

#### 3.5.2.1. Effekt på myceltillväxt

*In vitro* test visade att ARa, ARb och ARc (0,025%, 0,1% och 0,2%) minskade tillväxten av *P. expansum* mycel med 51%, 83% respektive 86% jämfört med obehandlade svampkolonier. Kontrolllösningen hade också en något hämmande effekt (ca. 23%) (Fig 26, Fig 27A). Liknande resultat erhöles för *C. acutatum* där tillväxten minskade med 58%, 73% respektive 80% (Fig. 27B, Fig 28). Kontrolllösningen gav 15% minskad myceltillväxt. Myceltillväxten av *N. perennans* minskade med 74%, 85% och 90% medan kontrolllösningen endast gav 12% minskad tillväxt (Fig. 27C, Fig. 29). AR-koncentrationen hade en stark, negativ korrelation med myceltillväxten (Tabell 9) men det fanns inga signifikanta skillnader mellan effekten av ARb och ARc.

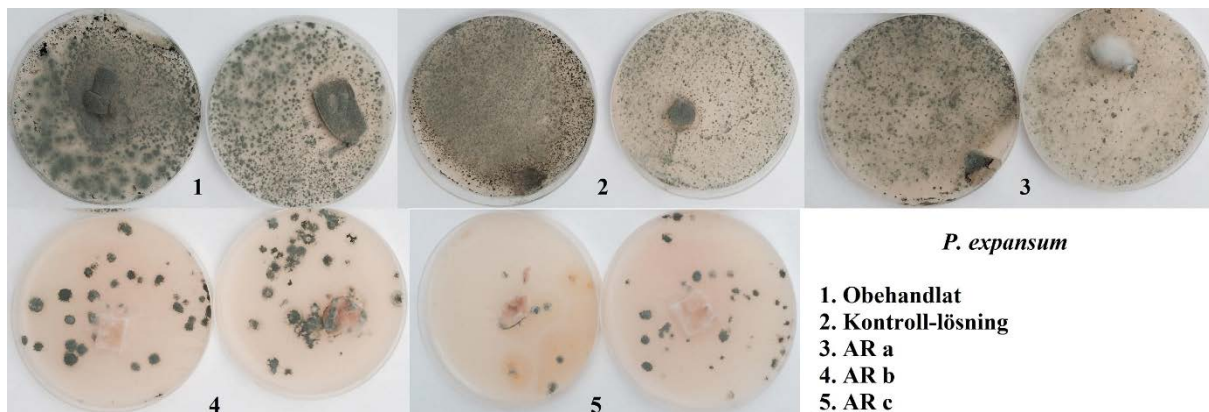
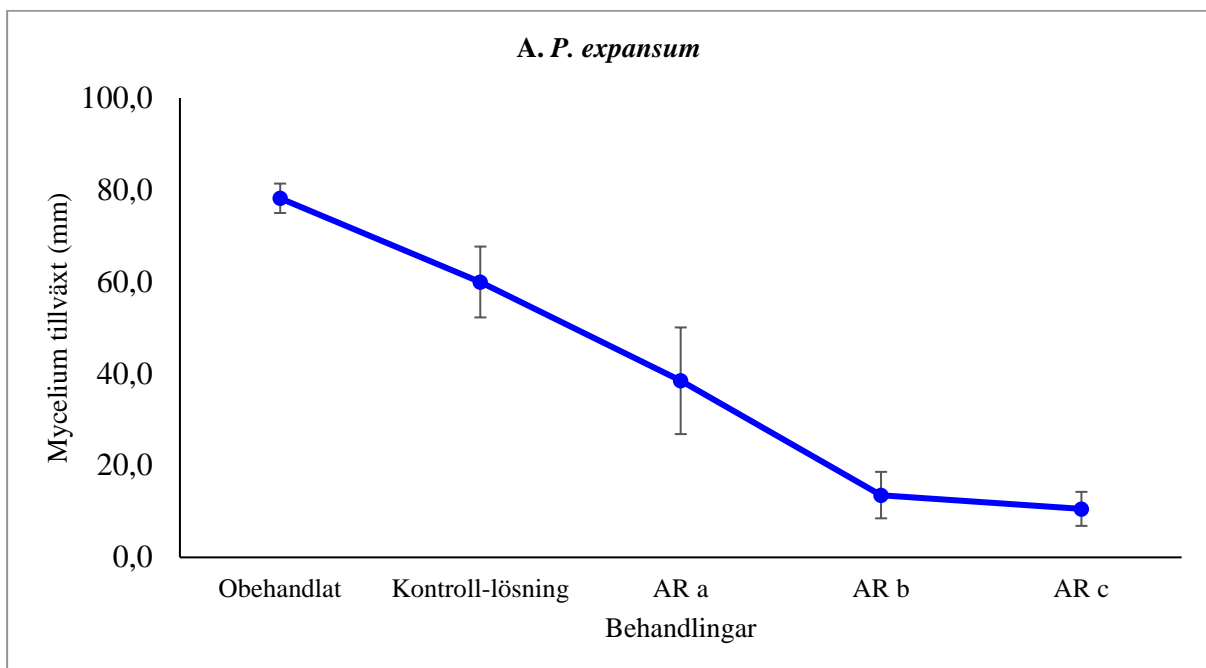


Fig. 26. Effekten av olika AR-koncentrationer på myceltillväxt hos *P. expansum*.



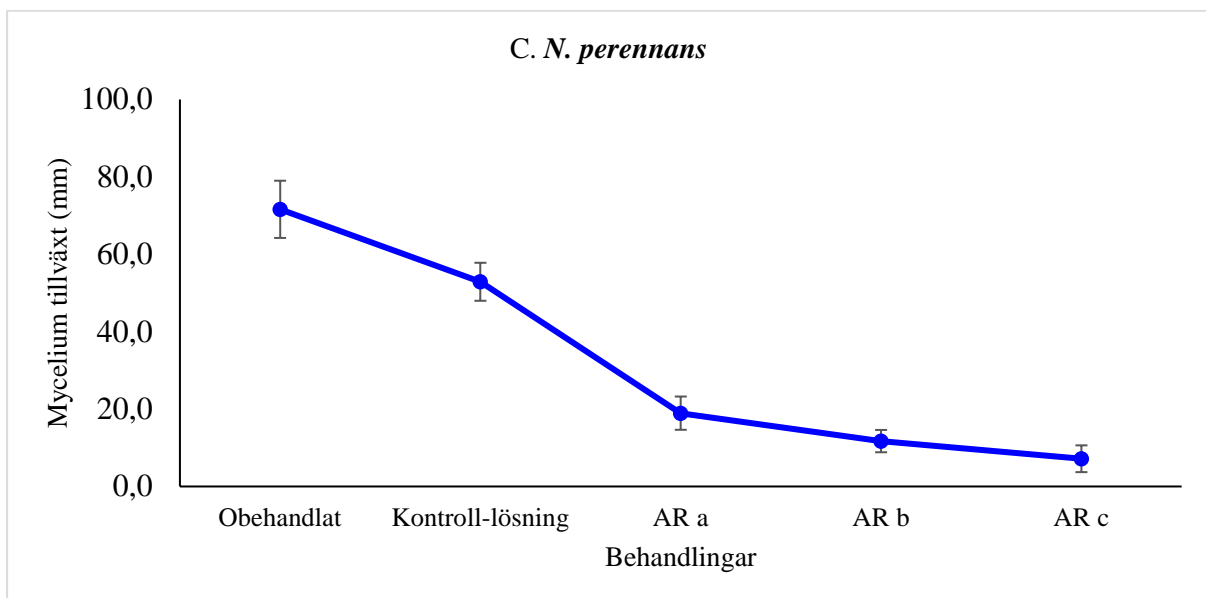
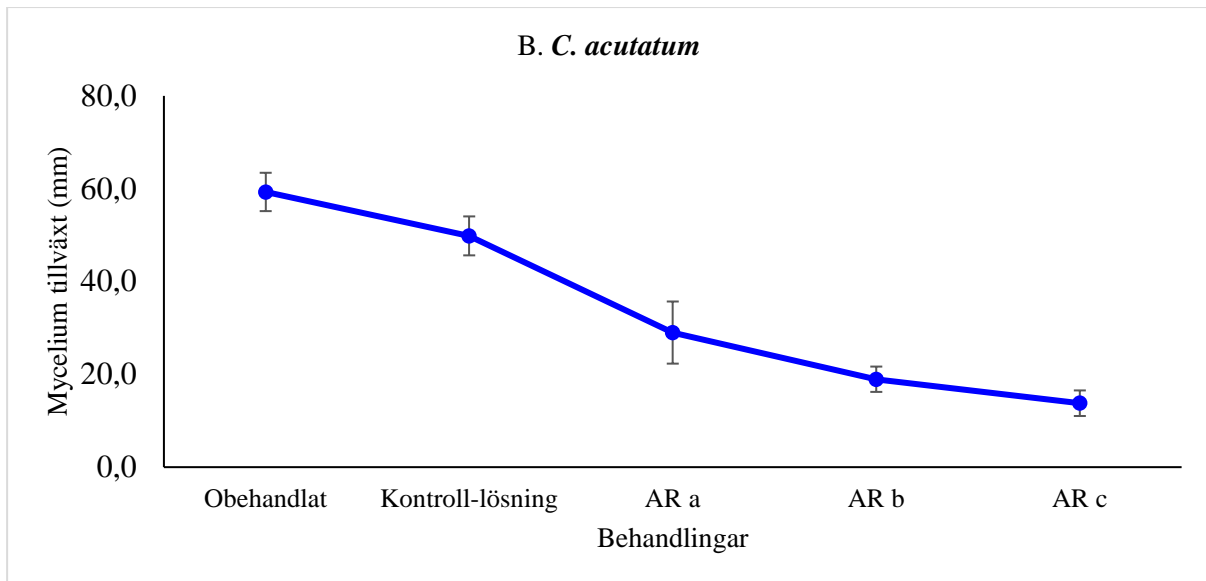


Fig. 27. Inverkan av olika AR-koncentrationer (ARa 0,025%, ARb 0,1% och ARc 0,2%) på myceltillväxt hos in vitro kolonier av tre olika svampar.

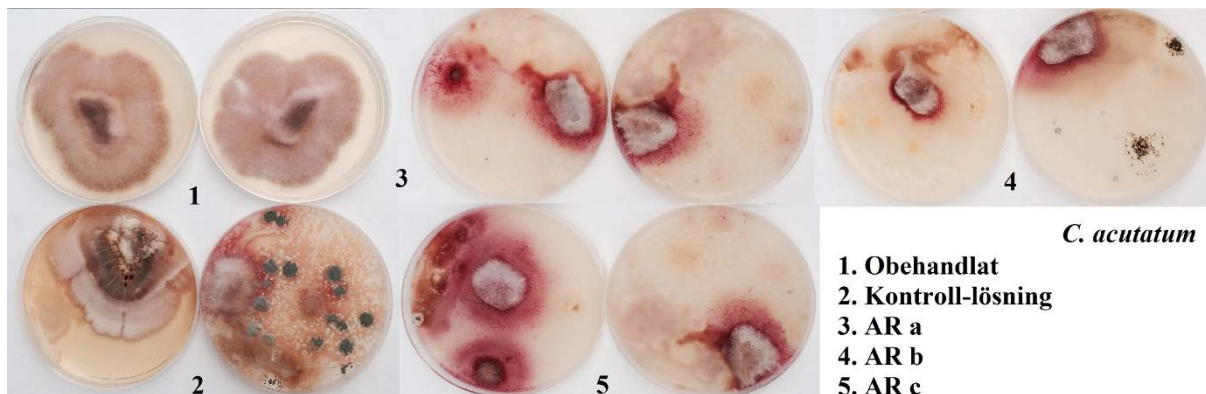


Fig. 28. Effekten av olika AR-koncentrationer på myceltillväxt hos C. acutatum.

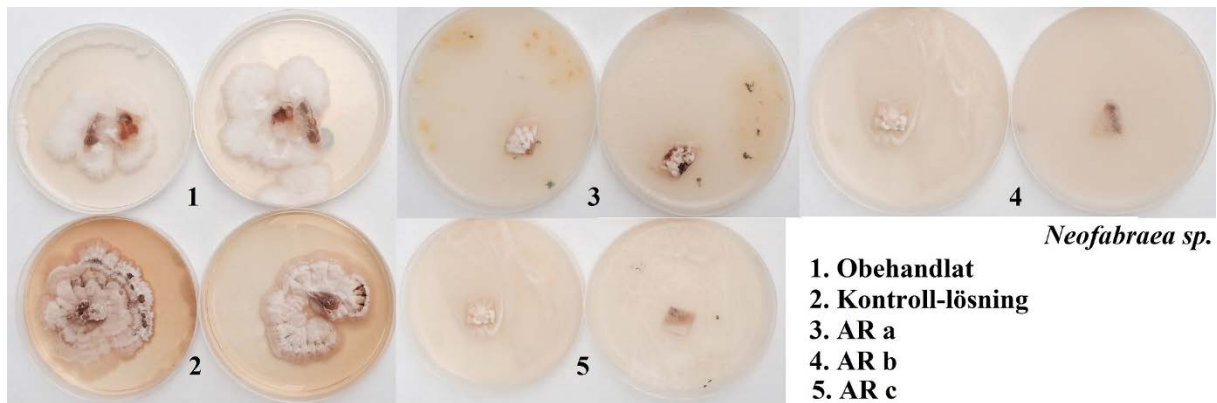
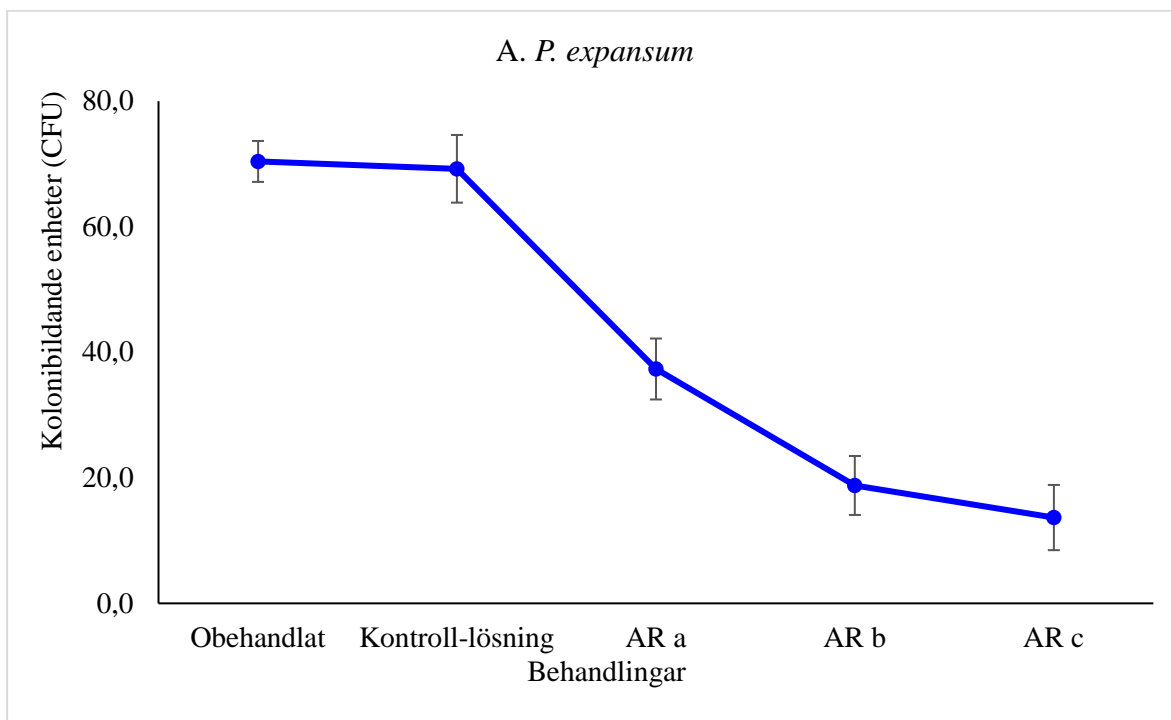
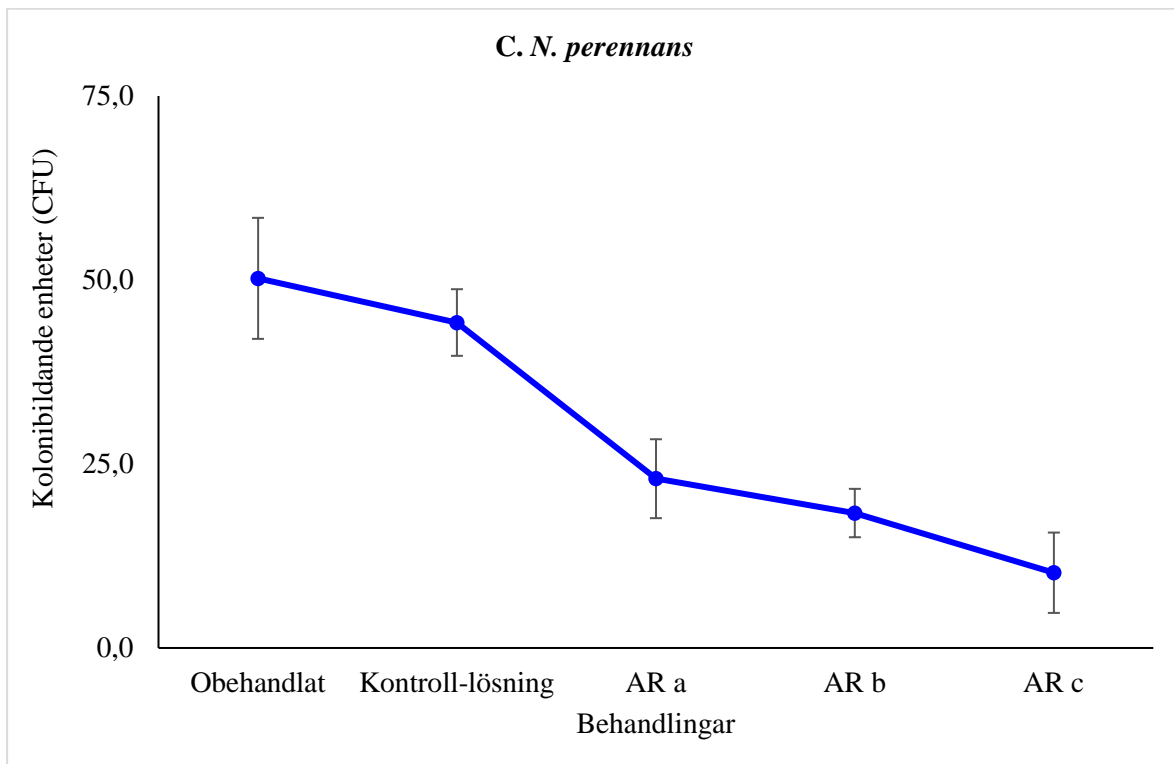
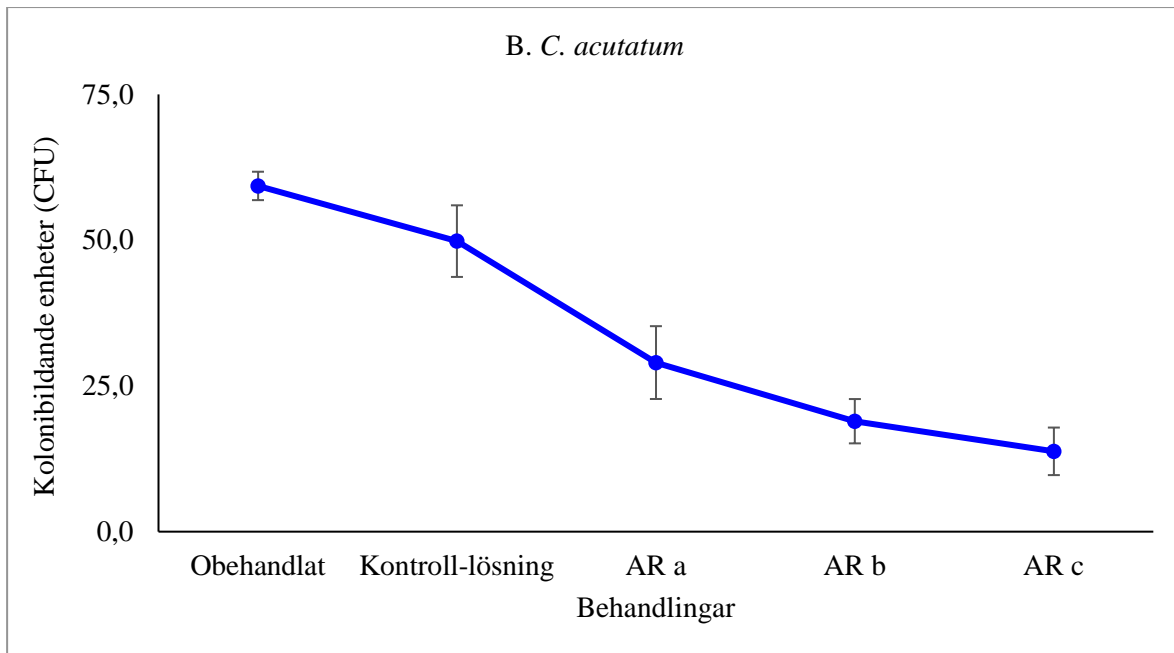


Foto 29. Effekten av olika AR-koncentrationer på myceltillväxt hos *Neofabraea sp.*

### 3.5.2.2. Effekt på konidiesporernas livsduglighet (viability).

Livsdugligheten hos konidier av *P. expansum* hämmades med 46%, 72% respektive 79% efter behandling med ARa, ARb respektive ARc (Fig. 18A). För *C. acutatum* noterades en minskning med 38%, 60% respektive 74% (Fig. 18B). För *N. perennans* minskade livsdugligheten med 54%, 68% respektive 80% (Fig. 18C). Signifikanta korrelationer mellan AR-koncentrationen och konidiernas livsduglighet noterades för alla tre svamparna. Kontroll-lösningen hade däremot inte någon signifikant effekt. Vanligtvis är färgen på kolonier av *P. expansum* grön medan färgen på kolonier av *Neofabraea* är grå-gul. Kolonifärgen blev dock mer brunaktig hos båda patogenerna efter behandling med AR.





*Fig. 30. Inverkan av olika AR-koncentrationer (ARa 0,025%, ARb 0,1% och ARc 0,2%) på konidiernas livsduglighet hos in vitro kolonier av tre olika svampar.*

## 4. Slutsatser

Användningen av fungicider i IP-odling har begränsats kraftigt i Sverige samtidigt som det för närvarande inte finns något effektivt medel som är godkänt inom ekologisk odling för kontroll av

lagringssjukdomar hos äpple. Ett antal naturliga ämnen har visat potential i inledande försök men merparten har aldrig utvecklats till produkter på kommersiell nivå (Plotto et al., 2003).

Under 2011 och 2012 undersöktes effekten av 19 olika AR-lösningar på svampangrepp i frukt som inokulerats med grönmögel eller lenticellröta (Dey et al. 2013). Merparten av dessa lösningar minskade angreppen signifikant jämfört med kontrollfrukt som inte behandlats alls eller bara sprayats med vatten. Dessutom visade *in vitro* försök med två AR-lösningar att myceltillväxten begränsades samt att konidiesporerna fick sämre livsduglighet (Tahir et al., 2014).

Innan man initierar en framtida utveckling av AR som växtstärkande medel för kontroll av lagringssjukdomar, är det förstås viktigt att undersöka hur medlet fungerar i fält. Därför undersökte vi effekterna av att applicera AR-lösningar med en fruktspruta i en ekologisk äppelodling. Frukt, som skördats från såväl behandlade som obehandlade träd, undersöktes avseende avkastning, storlek, inre kvalitet och lagringsduglighet. En minskad avkastning noterades, särskilt efter tidig behandling (juni och juli). AR-behandlingen påverkade däremot inte fruktens kvalitet, vare sig vid skörd eller efter lagring.

Lagringsdugligheten förbättrades hos AR-behandlad frukt eftersom naturligt förekommande svampangrepp av exempelvis *P. expansum*, *N. perennans* och *M. fructigena* minskade signifikant. Den bästa effekten uppnåddes när den behandlade frukten dessutom ULO-lagrades. Att behandla träden sent (augusti och/eller september) hade störst effekt vilket visar att de sista veckorna innan skörd är de mest kritiska för svampangrepp på fält. Behandlade träd producerade dessutom mindre fallfrukt, vilket minskar risken för svampangrepp genom sporspridning inom odlingen.

Effekten av olika AR-koncentrationer undersöktes på frukt som först inokulerats med tre olika svamparter, samt i *in vitro* försök rörande myceltillväxt och konidiernas livsduglighet. Skillnaden mellan den lägsta koncentrationen, 0,025% (som användes för alla fältförsöken) och 0,1% var oftast mycket stor, medan en visserligen bättre men inte alltid signifikant skiljbar effekt erhöles med 0,2%.

AR-behandlingen hade också vissa positiva effekter på fruktens fasthet vid skörd samt förmågan att bibehålla fastheten under lagring. Detta kan i sin tur medverka till skydd mot svampangrepp eftersom fruktens fasthet både vid skörd och efter lagring är signifikant korrelerat med förmågan att motstå svampangrepp (Ahmadi-Afzadi et al., 2013). Dessutom kan troligen AR-molekylernas antioxidativa effekt bidra till hämmandet av svamparnas myceltillväxt och sporgroning (Zainuri et al., 2013).

Ytterligare fältbehandlingar bör utföras för att bli optimerade AR-koncentrationen. Dessutom bör försöken omfatta fler äppelsorter.

## 5. Referenser

- Ahmadi-Afzadi M, Tahir I, Nybom H. 2013. Impact of harvesting time and fruit firmness on the tolerance to fungal storage diseases in an apple germplasm collection. *Postharvest Biol. Technol.* 82: 51–58.
- Amiri A, Dugas R, Pichot A, Bompeix G. 2008. *In vitro* and *in vivo* activity of eugenol oil (*Eugenia caryophyllata*) against four important postharvest apple pathogens. *Int. J. Food Microbiol.* 126: 13–19.
- Andersson U, Dey SE, Holm C, Degerman E. 2011. Rye bran alkylresorcinols suppress adipocytes lipolysis and hormon-sensitive lipase activity. *Molec. Nutrition Food Res.* 55: S290–S293.

- Camelo L, Gomez P. 2004. Comparison of color indexes for tomato ripening. *Horticultura Brasileira*, Brasília 22: 534–537.
- Dey ES, Mikhailopulo K. 2009. A food grade approach for the isolation of major alkylresorcinols (ARs) from rye bran applying tailored supercritical carbon dioxide (scCO<sub>2</sub>) extraction combined with HPLC. *J. Supercrit. Fluids* 51: 167–173.
- Dey ES, Ahmadi-Afzadi M, Nybom H, Tahir I. 2013. Alkylresorcinols isolated from rye bran by supercritical fluid of carbon dioxide and suspended in a food-grade emulsion show activity against *Penicillium expansum* on apples. *Arch. Phytopathol. Plant Protect.* 46: 105–119.
- Hajer GR, van Haeften TW, Visseren FLJ. 2008. Adipose tissue dysfunction in obesity, diabetes, and vascular diseases. *Europ. Heart J.* 29: 2959–2971.
- Hassan MK, Dann EK, Irving DE, Coates LM. 2007. Concentration of constitutive alk(en)ylresorcinol in peel of commercial mango varieties and resistance to postharvest anthracnose. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 71: 158–165.
- Janisiewicz WJ, Saftner RA, Conway WS, Yoder KS. 2008. Control of blue mold decay of apple during commercial controlled atmosphere storage with yeast antagonists and sodium bicarbonate. *Postharvest Biol. Technol.* 49: 374–378.
- Jönsson Å, Nybom H, Rumpunen K. 2010. Fungal disease and fruit quality in an apple orchard converted from integrated production to organic production. *J. Sustain. Agricult.* 34: 15–37.
- Landberg R, Andersson AAM, Aaman P, Kamal-Eldin P. 2009. Comparison of GC and colorimetry for the determination of alkylresorcinol homologues in cereal grains and products. *Food Chem.* 113: 1363–1369.
- Neri F, Mari M, Brigati S, Bertolini P. 2009. Control of *Neofabraea alba* by plant volatile compounds and hot water. *Postharvest Biol. Technol.* 51: 425–430.
- Nunes C, Usall J, Teixido N, Abadias I, Asensio A, Vinas I. 2007. Biocontrol of postharvest decay using a new strain of *Pseudomonas syringae* CPA-5 in different cultivars of pome fruit. *Agricult. Food Sci.* 16: 56–65.
- Plotto A, Roberts D, Roberts R. 2003. Evaluation of plant essential oils as natural postharvest disease control of tomato. *Acta Hort.* 628: 737–745
- Reiss J. 1989. Influence of alkylresorcinols from rye and related compounds on the growth of food-borne molds. *Cereal Chem.* 66: 491–493.
- Spadaro D, Garibaldi A, Gullino ML. 2004. Control of *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* on apple combining a biocontrol agent with hot water dipping and acibenzolar-S-methyl, baking soda, or ethanol application. *Postharvest Biol. Technol.* 33: 141–151.
- Tahir I. 2014. Vad är det som förtär äpple under lagring? SLU, Rapport från LTV-fakulteten 2014:14 ([pub.epsilon.slu.se/11224](http://pub.epsilon.slu.se/11224)).
- Tahir I, Jönsson Å, Nybom H. 2008. Äpplesorter för ekologisk odling. *Frukt & Bär* 2008 (10): 18–21.
- Tahir I, Nybom H. 2008. Jämförande försök med skorvresistenta äpplesorter. *Fakta från Partnerskap Alnarp*. 8: 1–4.
- Tahir I, Ahmadi-Afzadi M, Nybom H, Dey ES. 2014. Rye bran alkylresorcinols inhibit growth of *Penicillium expansum* and *Neofabraea perennans* *in vitro* and *in vivo* on different apple cultivars. *Europ. J. Hort. Sci.* 79: 218–225.
- Tahir I, Nybom H, Ahmadi-Afzadi M, Røen K, Sehic J, Røen D. 2015. Susceptibility to blue mold caused by *Penicillium expansum* in apple cultivars adapted to a cool climate. *Europ. J. Hort. Sci.* 80: 117–127 ([pubhort.org/ejhs/80/3/4/index.htm](http://pubhort.org/ejhs/80/3/4/index.htm)).
- Weber RWS, Roland WS. 2009. An evaluation of possible effects of climate change of pathogenic fungi in apple production using fruit rots as examples. *Erwerbsobstbau* 51: 115–120.

Zainuri DE, Irving EK, Dann LM, Coates A, Wearing H. 2013. Alk(en)ylresorcinol concentrations in 'Kensington Pride' mango peel and antifungal activity against *Colletotrichum gloeosporioides*. *Acta Hort.* 975: 217–222.