

Alkylresorcinoler kan användas för att bekämpa lagringssjukdomar i ekologisk äppelodling

*Application of ARs in an organic apple orchard
for protection against storage diseases*



Hilde Nybom¹, Estera Dey² och Ibrahim Tahir³

¹Institutionen för växtförädling – Balsgård, Sveriges lantbruksuniversitet, Fjälkestadsvägen 459, 29194 Kristianstad

²Kemiska institutionen, Avdelningen för tillämpad biokemi, Lunds universitet, Box 124, 22100 Lund

³Institutionen för växtförädling, Sveriges lantbruksuniversitet, Box 101, 23053 Alnarp

Förord

Äpple är en rik källa till antioxidanter och har dessutom ett lågt kaloriinnehåll. Studier av matvanorna i Europa visar att äpple bidrar med 7 % av intaget av flavonoider. 78 % av Sveriges befolkning äter äpple 2–5 gånger i veckan. 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 tuffa 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 lagersjukdomar orsakade av olika svamparter. Även IP-odlingar kan drabbas av besvärade lagringsskador beroende bland annat på vilka äpplesorter man odlar.

En studie utförd vid SLU har visat att, den ekonomiskt mest problematiska så kallade 'gloeosporiumröten' 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 alkylresorcinoler (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, och erhöll medel från SLU EkoForsk för ett tvåårigt projekt: 'Protection against storage diseases in organically grown apples'. Målsättningen var att undersöka om man kan utveckla ett biologiskt växtskyddspreparat med alkylresorcinoler (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*.

Ett nytt tvåårigt projekt '*Application of ARs in an organic apple orchard for protection against storage diseases*' beviljades av EkoForsk 2014. Nu tog vi metodiken ut i fält, och behandlade några äppleträd i en ekologisk odling med AR-lösningar. 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, juli, 2016

Projektgruppen

Innehållsförteckning

Förord	2
Bakgrund	4
Material och metoder	5
<i>Framställning av AR-lösningar</i>	5
<i>Behandling på fält</i>	6
<i>Behandling av skördad och inokulerad frukt</i>	6
<i>In vitro tester</i>	7
<i>Statistiska analyser</i>	7
Resultat	7
<i>Fältbehandlingens inverkan på avkastning och fruktvikt</i>	7
<i>Fältbehandlingens inverkan på mängden fallfrukt</i>	9
<i>Fältbehandlingens inverkan på fruktens kvalitet vid skörd</i>	10
<i>Fältbehandlingens inverkan på fruktens lagringsduglighet</i>	12
<i>Fältbehandlingens inverkan på svampangrepp under lagring</i>	15
<i>Fältbehandlingens inverkan på angrepp av olika svamparter</i>	18
<i>AR-lösningarnas effekt på frukt som inokulerats med tre svamparter</i>	19
<i>In vitro tester</i>	22
Diskussion och slutsatser	26
Referenser	26

Bakgrund

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*), bull's eye rot (på svenska ibland kallad gloeosporiumröta, *Pezicula*-röta eller lenticelröta) 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 lagersjukdomar 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 resistent äpplesorter finns visserligen inte dokumenterade, men man har noterat stor variation mellan sorter i deras tolerans för lagersjukdomarna (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 blivit också 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 kontroll av lagersjukdomar innan eller efter skörd. Av de icke-kemiska växtskyddsmetoderna är behandling av frukten med hett vatten ganska effektiv (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 lagersjukdomar 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 rågsodling. Ur rågkli kan man utvinna olika icke-toxiska fenol-lipider som exempelvis alkylresorcinoler (AR; Landberg et al., 2008. bild 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).

I ett tidigare Ekoforsk-projekt 2011–2012, kunde vi visa att angreppen av lagringssjukdomar blir mindre om skördade äpplen behandlas med AR (Dey et al., 2013). Detta gällde såväl spontana svampangrepp hos lagrad frukt som skador uppkomna efter inokulering av frukten med sporer av olika lagringssvampar (Tahir et al., 2014).

Målsättningen för det här redovisade projektet var att undersöka om AR-besprutning av fruktträd i fält, vid olika tidpunkter under säsongen, kan ge ett skydd mot svampangrepp under kylagringen.

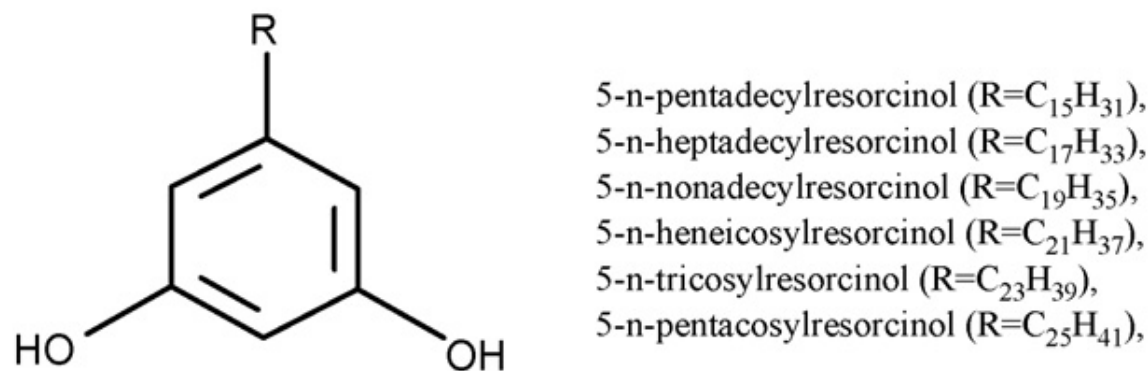


Bild 1. Kemisk struktur för 5-(n)-alkylresorcinoler med olika alkylkedjor

Material och metoder

Framställning av AR-lösningar

Inom vårt föregående Ekoforsk-projekt utarbetades en metod för att utvinna alkylresorcinoler ur rågkli, nämligen superkritisk koldioxidextraktion i två steg (Dey & 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. Därefter utprovades olika tillsatser av lösningsmedel, emulgeringsmedel och konsistensgivare för att få en god effekt av AR-lösningen vid besprutning av frukt. Inom det här redovisade projektet användes den hittills mest effektiva lösningen, AR1, som innehåller 0,1% xanthan gum, 0,5% Synperonic 91/6, 0,2% Tween 20, 1% trioleate, 2% oleylalkohol, 2% PEG 400 samt 5% $CaCl_2$ i vatten. Tre olika koncentrationer av den aktiva beståndsdelen användes inom denna studie: 0,025%, 0,1% och 0,2% AR. Dessutom användes en kontroll-lösning, som var identisk i alla avseenden utom att den saknade AR.

Behandling på fält

Nittio träd, av den svenska äppelsorten ‘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 kontroll-lösning (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: veckan i juni och 1:a veckan i augusti, försöksled 5 med AR och försöksled 12 med kontroll)
- två tillfällen (1: 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)
- ingen behandling (försöksled 15)

Optimal skördetidpunkt bestämdes med Streif index (fasthet)/(löslig torrs substans $\times$ stärkelsenedbrytning) genom bedömning av 10 frukter från fem träd, plockade två gånger per vecka från och med sista veckan i augusti. Frukten fasthet, löslig torrs substans (SSC $\approx$ sockerhalt), och stärkelsenedbrytning (SNB) beräknades. Fastheten (kg/cm^2) mättes med en penetrometer. SSC (%) i äppelsaften mättes med refraktometer. SNB bedömdes genom att doppa en skiva av äpplet från fruktens mittersta del i jod-lösning. När Streif index nått 0,15 skördades all frukt på varje träd för bedömning av avkastning och kvalitet. Frukten vägdes och räknades. Fasthet och SSC utvärderades enligt ovannämnda metoder. Frukten 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 torrs substans och färg) och spontant uppkomna svampangrepp bedömdes efter avslutad lagring.

Behandling av skördad och inokulerad frukt

Eftersom effekten av AR svårigen kan bedömas enbart på spontant förekommande svampangrepp, valde vi att också behandla frukt som först inokulerats med svampsporer enligt tidigare beskrivna metoder (Ahmadi-Afzadi et al., 2013; Tahir et al., 2014; Tahir et al., 2015). Svampsporer framställdes från frukt med typiska symptom av *P. expansum*, *Monilinia fructigena* och *Neofabraea* sp. i två olika packerier (Äppelriket och Alnarp). Dessa frukter 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 på plattorna artbestämdes enligt Tahir (2014), och flyttades sedan till nya plattor (subkulturer). Dessa behandlades med UV-ljus i 24 timmar och därefter förvarades de i rumstemperatur i mörker under 4 dagar. Från dessa plattor skördades sporer, som lades i steriliserat vatten med Tween 0,05 %. Sporerna artbestämdes under mikroskop (förstoring från 20 $\times$ till 40 $\times$). Koncentrationen av sporer i lösningen justerades med hjälp av hemacytometer till 1 $\times 10^5$ per ml för *P. expansum* och *M. fructigena* och till 1 $\times 10^3$ för *N. perennans*.

Tre olika AR-koncentrationer togs fram (ARa 0,025 %, ARb 0,1% och ARc 0,2%) samt en kontroll utan AR. Fyrahundra femtio frukter av 'Amorosa' skördades i den odling där

fältförsöket utförts. Frukten transporterades till Balsgård, tvättades med vatten för att avlägsna spontant förekommande ytliga svampinfektioner, och delades in i tre grupper. Den första gruppen inokulerades med *P. expansum*, den andra med *N. perennans* och den tredje med *M. fructigena*. Inokuleringen utfördes genom att injicera 20 mikroliter av sporlösningen med en pipett, som stacks in ca 4 mm i frukten. Varje frukt inokulerades på två sidor, och förvarades sedan i rumstemperatur tills att sporlösningen torkat in. 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. Diametern på uppkomna symptom (vanligen en rundad lesion) bedömdes efter 10 veckor i kylslagring (2 °C).

***In vitro* tester**

Mycelpluggar (10 mm i diameter) från 10 dagar gamla kolonier av *P. expansum* fördes 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, ARb, ARc eller kontroll 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.

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 fruktqualitet 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).

Resultat

Fältbehandlings inverkan på avkastning och fruktvikt

Besprutning av träden minskade avkastningen jämfört med obesprutade träd (Tabell 1). Räknat över alla försöksled och båda säsongerna, hade AR-behandlade träd 25 % lägre avkastning än träd som behandlats med kontroll-lösningen (Fig. 1) men antalet AR-

behandlingar spelade ingen roll för denna minskning (Fig. 2). Senare behandlingar (i augusti och september) visade mindre negativa effekter på avkastningen jämfört med tidigare behandlingar (Fig. 3).

Tabell 1. Inverkan av AR-behandling på avkastning och fruktvikt.

Medel	Behandlingstillfällen	Skörd (kg per träd)		Fruktvikt (g)	
		2014	2015	2014	2015
AR 0,025%	Juni	4,5 ef	2,7 bcd	198 ab	115 abc
	Juli	-	1,1 d	-	91 bcd
	Augusti	6,2 cdef	4,0 bcd	95 d	124 ab
	September	-	4,8 bc	-	101 abcd
	Juni och augusti	5,1 def	3,9 bcd	214 ab	84 cd
	Juni och september	4,7 ef	1,9 cd	181 ab	84 cd
	Augusti och september	11,3 a	4,1 bcd	157 bcd	127 a
kontroll- lösningen	Juni	3,6 f	5,8 ab	208 ab	129 a
	Juli	-	2,9 bcd	-	110 abcd
	Augusti	6,5 cde	2,0 cd	177 abc	88 cd
	September	-	5,6 ab	-	114 abc
	Juni och augusti	3,6 f	3,2 bcd	224 a	81 d
	Juni och september	8,8 abc	4,4 bcd	169 acd	115 abc
	Augusti och september	9,8 ab	6,1 ab	150 bcd	114 abc
Obehandlad		7,5 bcd	8,5 a	112 cd	122 ab

Värden med olika bokstäver inom samma kolumn 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 kontroll-lösningen (Fig. 1). 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. 2). Behandlingstidpunkt påverkade inte fruktvikten, varken när AR-lösningen eller kontrollen användes (ej visade data).

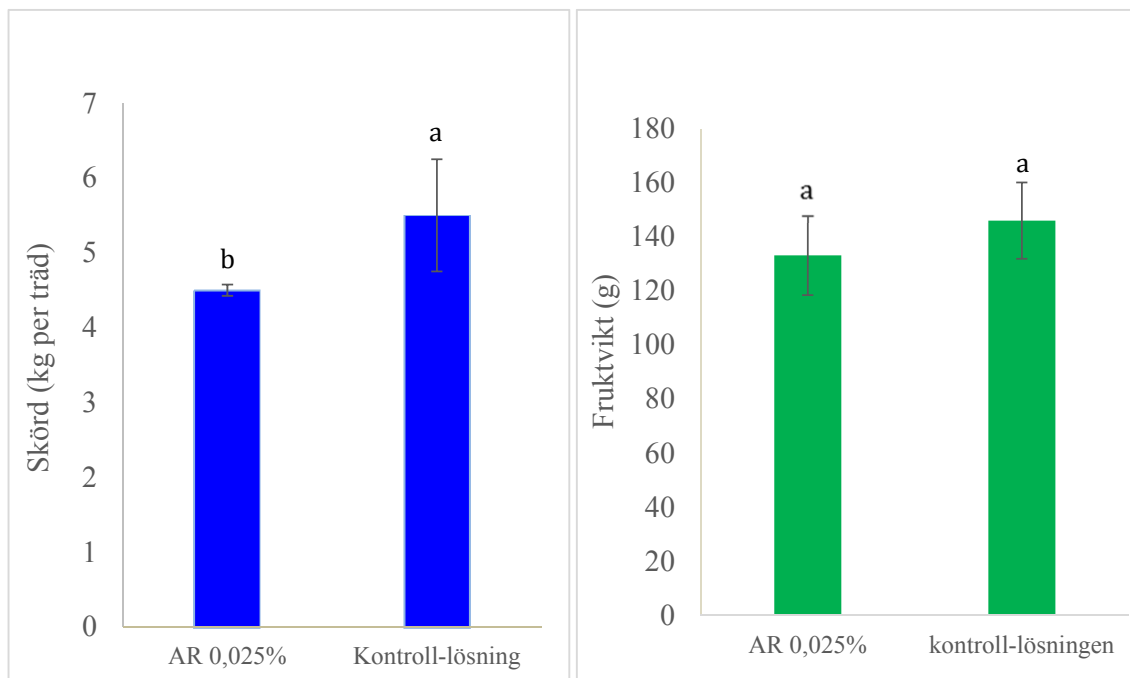


Fig. 1. Inverkan av AR-behandling på avkastning och fruktvikt (medelvärden för 2014 och 2015). Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p \leq 0.05$).

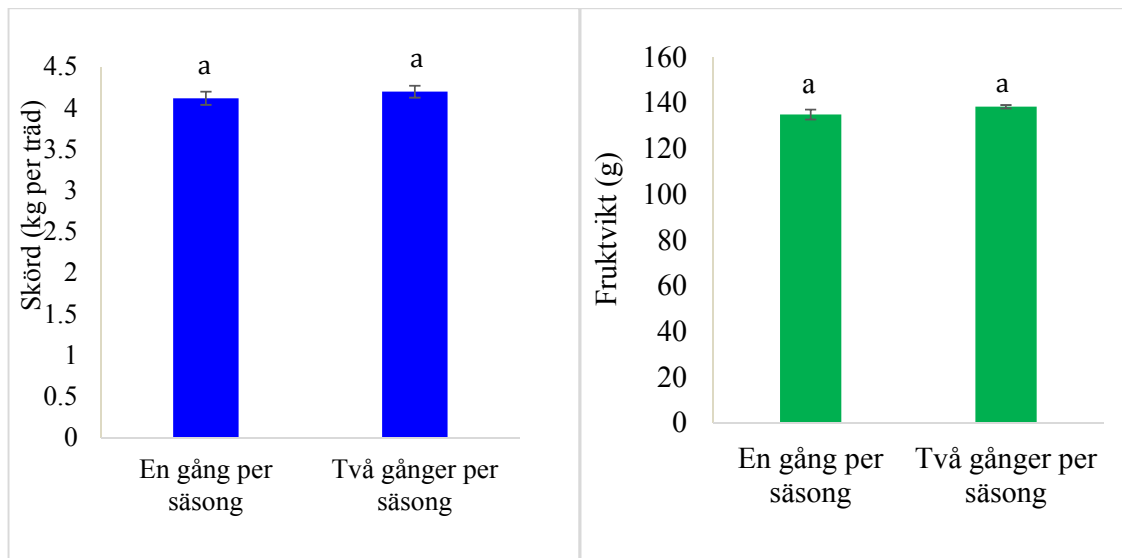


Fig. 2. Inverkan av antalet AR-behandlingar på avkastning och fruktvikt (medelvärden för 2014 och 2015). Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p \leq 0.05$).

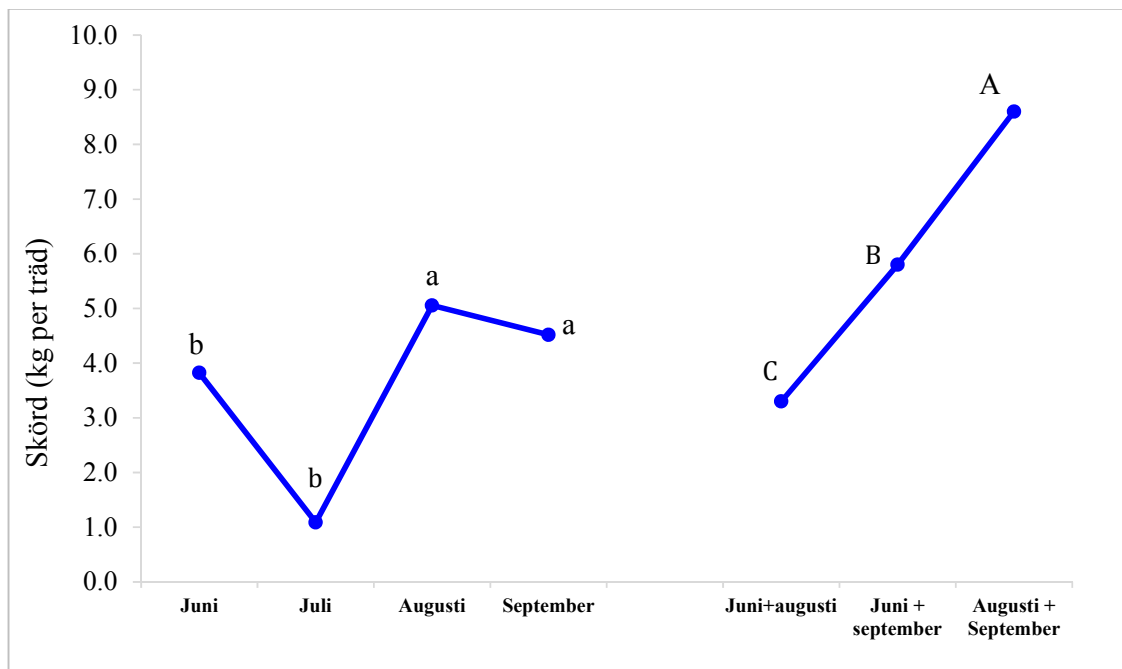


Fig. 3. Inverkan av AR-behandlingstidpunkt(er) på avkastningen (medelvärden för 2014 och 2015). Värden (punkter) med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p \leq 0.05$).

Fältbehandlingens inverkan på mängden fallfrukt

Fallfrukten under försöksträden samlades upp innan skörd. All fallfrukt hade svampangrepp, främst av fruktmögel (*Monilinia fructigena*). Mängden fallfrukt var mindre under AR-behandlade träd jämfört med under obehandlade träd eller under träd som behandlats med kontroll-lösningen (Tabell 2). Antal behandlingar och behandlingstidpunkt (er) hade inga tydliga, övergripande effekter. Räknat över alla försöksled och båda säsongerna, var antalet fallfrukter 43 % lägre under AR-behandlade träd jämfört med träd som behandlats med kontroll-lösningen (Fig. 4).

Tabell 2. Inverkan av AR-behandling på mängden fallfrukt per träd under 2014 och 2015.

Medel	Behandlingstillfällen	Antal fallfrukter/träd	
		2014	2015
AR, 0,025 %	Juni	2,00 c	1,30 bcd
	Juli	-	1,20 bcd
	Augusti	3,00 bc	0,73 cd
	September	-	0,50 cd
	Juni och augusti	5,00 abc	0,83 cd
	Juni och september	8,00 a	0,17 d
	Augusti och september	5,00 abc	0,17 d
Kontroll-lösning	Juni	9,00 a	1,70 bcd
	Juli	-	2,50 ab
	Augusti	3,00 bc	2,00 abc
	September	-	2,00 abc
	Juni och augusti	6,00 abc	1,80 abc
	Juni och september	8,00 a	1,50 bcd
	Augusti och september	7,00 b	1,50 bcd
Obehandlad		9,00 a	3,30 a

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

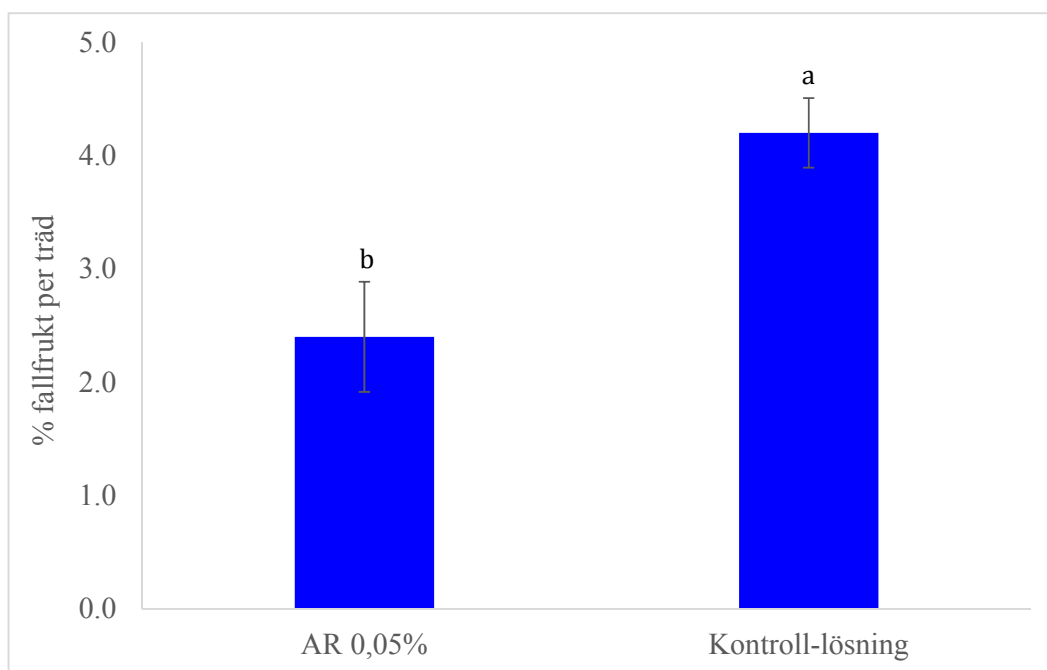


Fig. 4. Inverkan av AR-behandling på mängden fallfrukt per träd (medelvärden för 2014 och 2015). Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p \leq 0.05$).

Fältbehandlings inverkan på fruktens kvalitet vid skörd

Behandling med såväl AR som kontroll-lösning minskade fruktens fasthet något jämfört med obehandlad frukt under 2014 medan AR-behandlingen istället hade viss positiv effekt under 2015 (Tabell 3). Antal behandlingar och behandlingstidpunkt hade inga tydliga, övergripande effekter. Behandlingarna visade inga signifikanta effekter på mängden löslig torrsbstans. Fruktens färg påverkades negativt av behandlingarna med både AR och kontroll-lösning under 2014, medan ingen signifikant effekt observerades under 2015. Interaktionen mellan säsong, typ av lösning och behandlingstillfällen var inte signifikant för någon av kvalitetsvariablerna.

Tabell 3. Inverkan av AR-behandling på fruktens kvalitet (fasthet, löslig torrs substans =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/cm²), SSC: Total löslig torrs substans (%), färgindex=(a x 1000)/(b x L). Värden 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 kontroll-lösningen (Fig. 5). Inga effekter kunde noteras för löslig torrs substans eller fruktens färg.

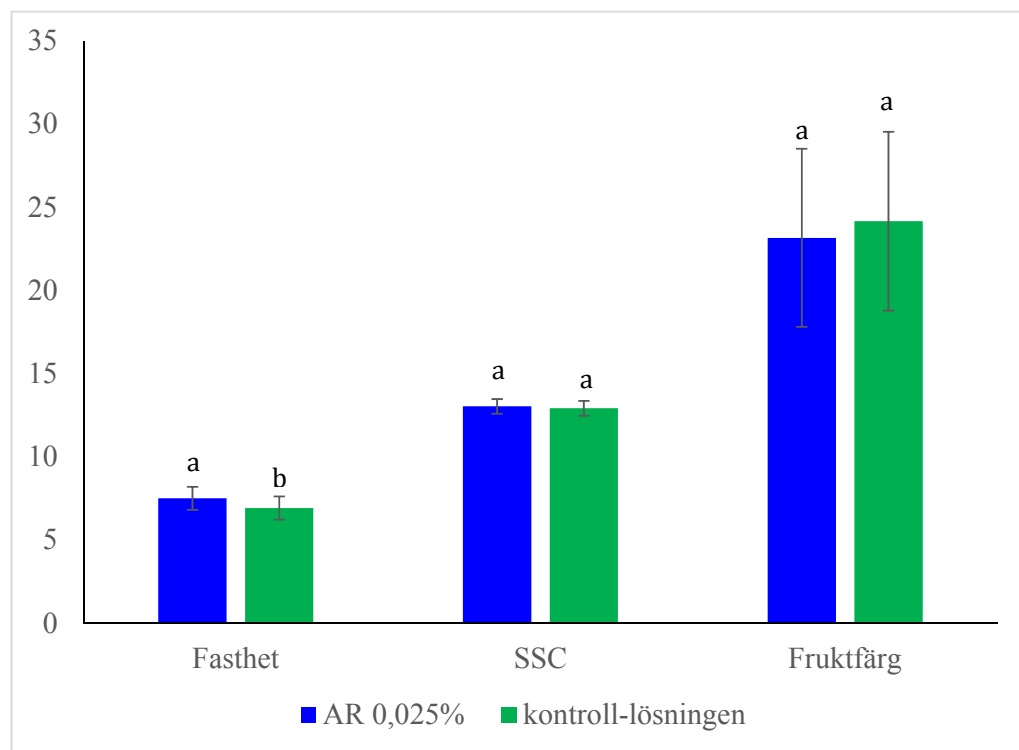


Fig. 5. Inverkan av AR-behandling på fruktens kvalitet vid skörd (medelvärden för 2014 och 2015). Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant (p≤0.05). Fastheten (kg/cm²), SSC: total torrs substans %, Färgindex (a x 1000)/(b x L).

Fältbehandlings inverkan på fruktens lagringsduglighet

Behandling av träden med AR respektive kontroll-lösning påverkade inte fruktens viktförlust, varken under kyl- eller ULO lagring (Tabell 4.a). 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 (Fig. 6).

Tabell 4. Inverkan av AR-behandling på den skördade fruktens lagringduglighet.

4.a. Viktförlust hos frukten efter lagring.

Medel	Behandlingstillfällen	2014		2015	
		Kyl	ULO	Kyl	ULO
AR 0,025 %	Juni	4,5 a	2,0 a	7,5 a	2,1 a
	Juli	-	-	5,2 ab	3,3 a
	Augusti	5,0 a	2,1 a	6,7 ab	1,7 a
	September	-	-	6,3 ab	3,7 a
	Juni+augusti	4,3 a	2,1 a	5,3 ab	2,9 a
	Juni+sep.	4,7 a	2,8 a	5,3 ab	2,9 a
	Aug.+sep.	4,7 a	2,0 a	6,6 ab	2,6 a
Kontroll-lösning	Juni	5,8 a	2,6 a	3,7 b	3,0 a
	Juli	-	-	5,7 ab	1,9 a
	Augusti	5,6 a	2,0 a	6,9 ab	3,5 a
	September	-	-	6,9 ab	2,5 a
	Juni+augusti	4,2 a	2,5 a	4,9 ab	3,2 a
	Juni+sep.	3,4 a	3,1 a	5,9 ab	2,8 a
	Aug.+sep.	3,7 a	1,9 a	6,0 ab	2,3 a
Obehandlade		5,7 a	3,2 a	4,6 ab	2,8 a

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

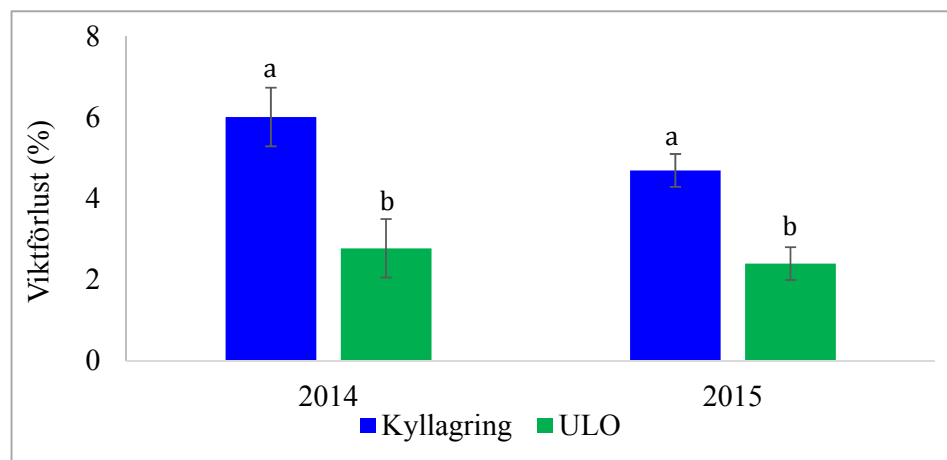


Fig. 6. Inverkan av lagringsmetod på viktförlusten hos frukt efter lagringen. Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p \leq 0.05$).

Behandling med AR respektive kontroll-lösning 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

kyllagring jämfört med kontrollen (Tabell 4.b). I ULO-lagrad frukt syntes en positiv effekt av behandlingarna främst under 2015 (Tabell 4.b).

Tabell 4.b. 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. 7). Träd som hade behandlats med kontroll-lösningen skiljde sig inte signifikant från obehandlade träd.

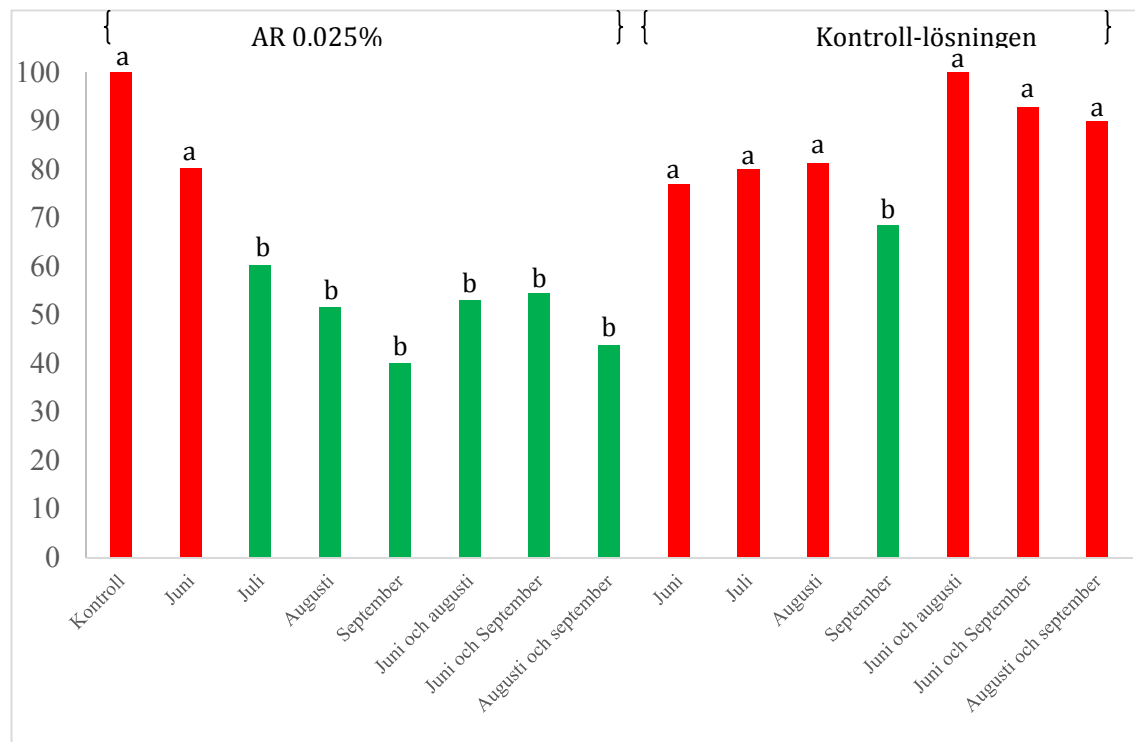


Fig. 7. Inverkan av olika AR-behandlingar på total förlust av frukt efter lagring (medelvärden av 2014 och 2015). Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p \leq 0.05$).

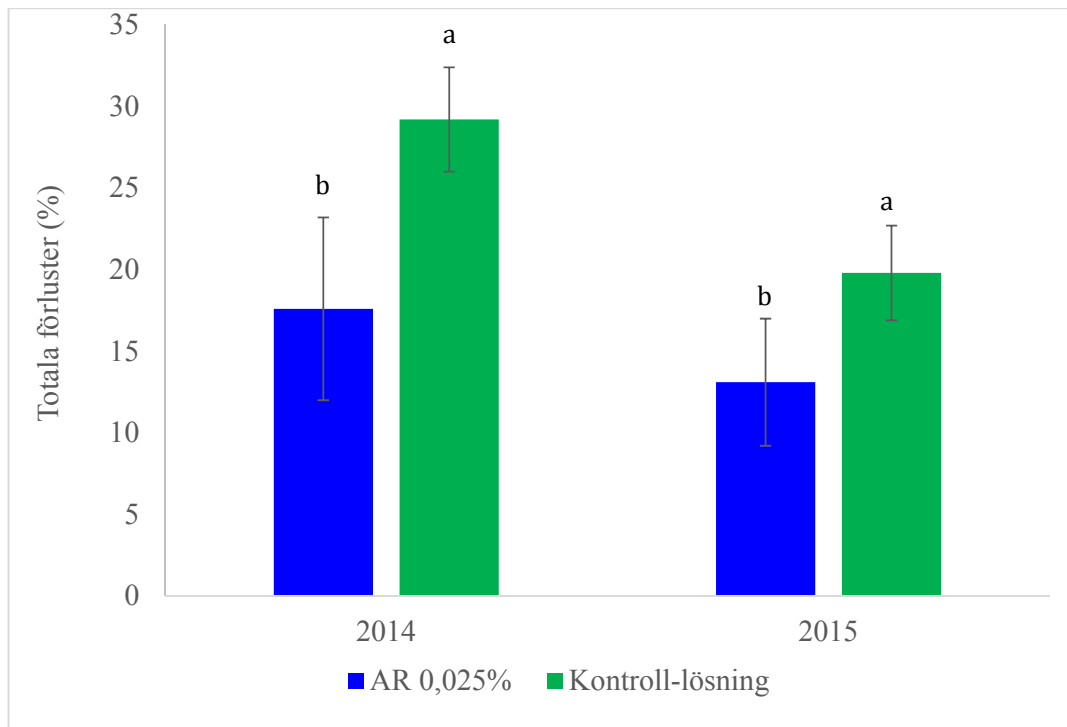


Fig. 8. Inverkan av AR-behandling på den totala förlusten av frukt efter lagring. Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p \leq 0.05$).

Lagringsförlusterna var lägre under 2014 jämfört med 2015. Räknat över försöksled minskade behandling med AR de totala förlusterna med 40 % under 2014 och 51 % under 2015, jämfört med behandling med kontroll-lösningen (Fig. 8). Jämfört med kylagring, minskade ULO lagring de totala förlusterna med 22 % under 2014 och 49 % under 2015 (Fig. 9).

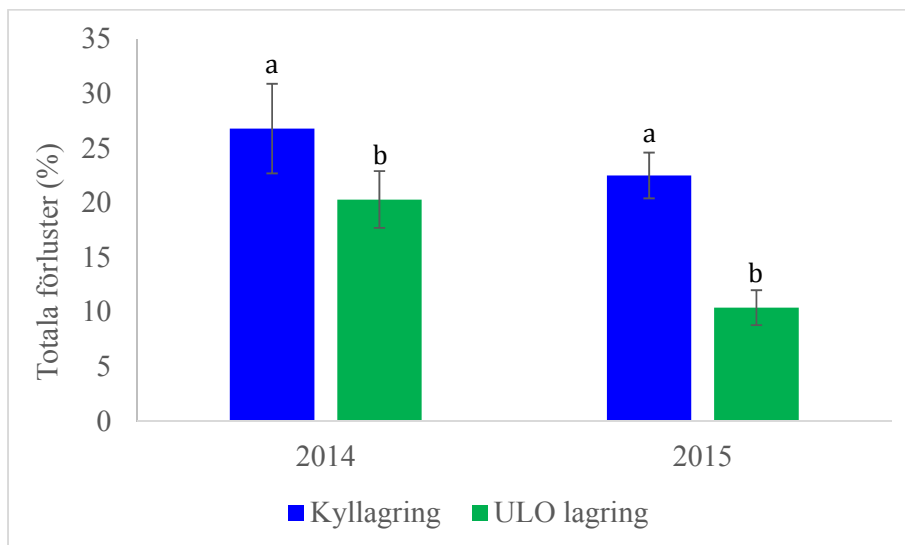


Fig. 9. Inverkan av lagringmetoder på den totala förlusten av frukt efter lagring. Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p \leq 0.05$).

Under 2014 hade behandling vid två tillfällen bättre effekt än behandling vid ett tillfälle; totala förlusterna minskade med 30 % i kylagrad frukt och med 32 % i ULO-lagrad frukt (Fig. 10). Motsvarande tydliga effekter förelåg inte för 2015.

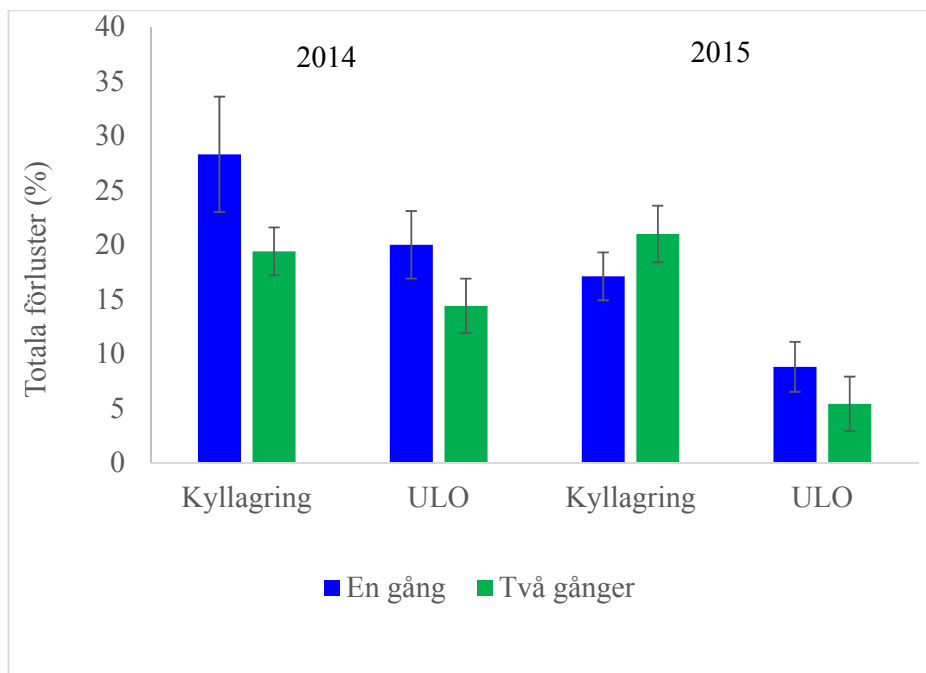


Fig. 10. Inverkan av antal AR-behandlingar på totala förlusten av frukt efter lagring.



Fig. 11. Inverkan av behandlingstillfällen på totala förlusten av frukt efter lagring. Värden (punkter) med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p \leq 0.05$).

Fältbehandlingens inverkan på svampangrepp under lagring

Frukt från obehandlade träd hade en större mängd spontant utvecklade svampangrepp 2014 jämfört med 2015, samt likaså mer angrepp efter kyllagring jämfört med efter ULO-lagring (Tabell 5). Jämfört med frukt från obehandlade träd, minskade AR-behandling av träden de totala svampangreppen i lagrad frukt med 55–60% under 2014 och med 57–72% under 2015 (Tabell 5). Lagringmetoden hade en positiv effekt på fruktens lagringduglighet enbart under 2015, när ULO-lagring minskade det totala svampangreppet med ca 50% jämfört med kyllagring (Fig. 12).

Tabell 5. 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 ($p \leq 0.05$).

Det totala svampangreppet i frukt hos träd som behandlats med AR var 42% (2014) respektive 50% (2015) lägre jämfört med frukt i träd som behandlats med kontroll-lösningen (Fig. 12, Foto 1).

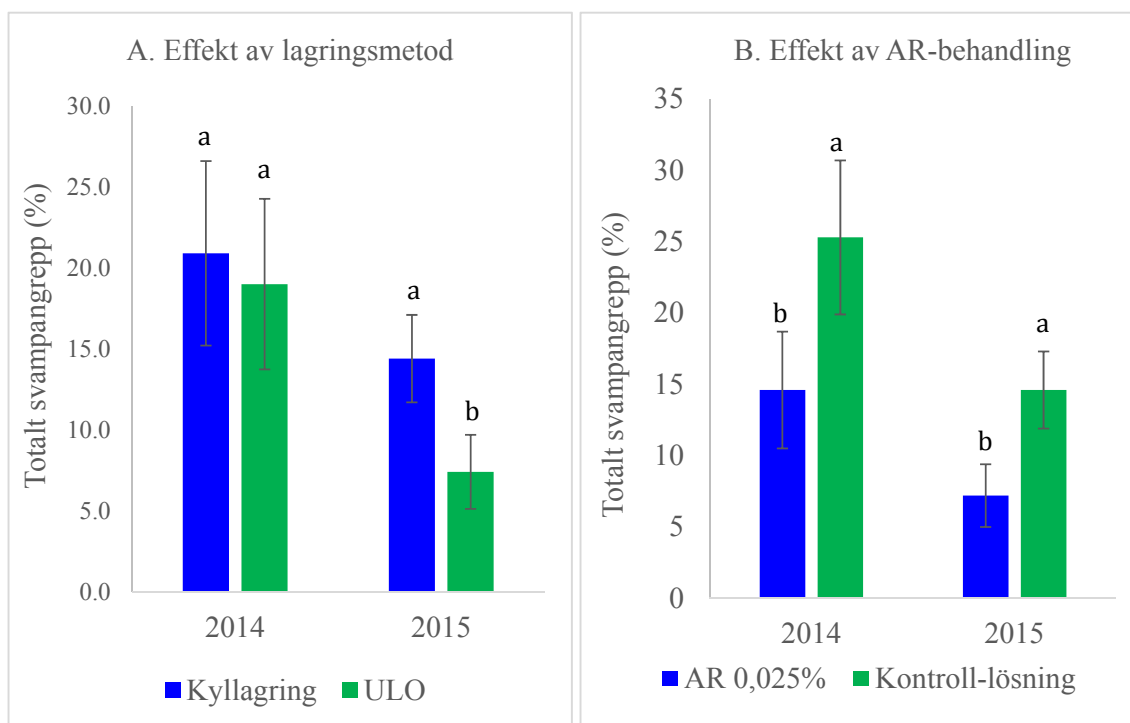


Fig. 12. Inverkan av lagringsmetod (A) och AR-behandling (B) på totalt svampangrepp i lagrad frukt. Staplar med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p \leq 0.05$).



Foto 1. Behandling av träd i fält med AR vid ett tillfälle i september (C) eller vid två tillfällen i augusti och september (F) minskade totalt naturligt svampangrepp under lagring jämfört med obehandlade träd (Kontroll) eller tidigare behandling av träd i juni oavsett om trädet behandlades igen sen i augusti (D) eller i september (E).

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. 13).

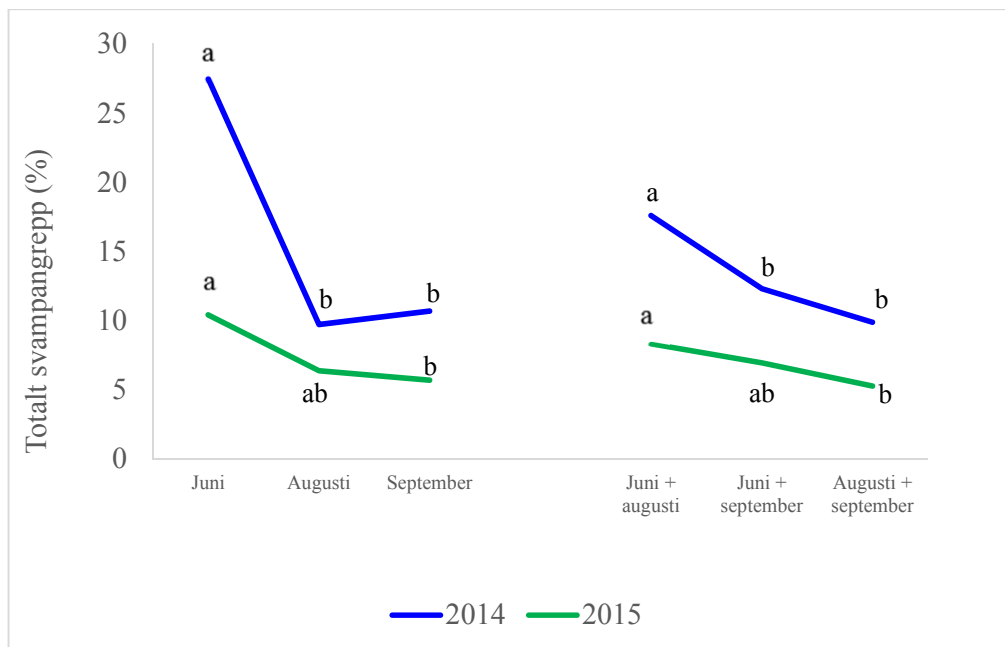


Fig. 13. Inverkan av behandlingstillfällen på totala svampangreppet i lagrad frukt från AR-behandlade träd. Värden (punkter) med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p \leq 0.05$).

Fältbehandlings inverkan på angrepp av olika svamparter

Speciell uppmärksamhet ägnades åt fyra olika lagringssjukdomar: lenticelmögel (*Neofabraea* sp.), bitterröta (*Colletotrichum* sp.), grönmögel (*Penicillium expansum*) och fruktmögel (*Monilinia fructigena*).

Lenticelmögel orsakade ca 45 % av det totala svampangreppet under 2014 och var den mest destruktiva skadegöraren. Under 2015 orsakade den bara 5,5 % av totalt svampangrepp. ULO lagring minskade angreppen med 22 % jämfört med kylagring (Fig. 14). 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 (Tabell 6 och Fig. 15).

Bitterröta orsakade 33–34 % av det totala svampangreppet båda åren, och ULO-lagring minskade återigen skadorna (Tabell 6 och Fig. 14). Behandling med AR hade positiv inverkan enbart under 2015, då svampangreppet blev 60 % lägre än efter behandling med kontroll-lösning. Precis som ovan, hade antalet behandlingstillfällen ingen signifikant inverkan medan senarelagd behandling (september eller augusti) var bättre än behandling i juni (Tabell 6 och Fig. 15).

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. 14). Behandling i juni eller september visade bättre effekt än behandling i augusti (Tabell 6 och Fig. 15).

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. 14). 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 (Tabell 6 och Fig. 15).

Tabell 6. Variansanalyser beräknade på effekt av lagringsmetod (ULO eller kylagring), typ av lösning (AR eller kontroll), antal behandlingstillfällen (1 eller 2) och behandlings-tidpunkt på mängden uppkomna skador i lagrad frukt.

Faktor	2014				2015			
	N	C	P	M	N	C	P	M
Lagringsmetod	0,020	0,000	0,000	0,016	0,007	0,000	0,000	ns
Lösning (AR el kontroll)	0,000	ns	0,000	0,000	ns	0,000	0,001	0,001
Frekvens (1 el 2 behandl)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tidpunkt för behandl	0,000	0,000	ns	0,001	0,000	ns	0,000	ns
Lagr. x Lösn.	ns	0,000	0,025	ns	ns	ns	ns	ns
Lagr. x Frek.	ns	ns	0,000	ns	ns	ns	ns	ns
Lagr. x Tid	ns	0,000	0,000	ns	ns	ns	ns	ns
Lösn. x Frek.	0,000	0,000	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Lösn. x Tid	ns	0,000	0,035	0,002	ns	ns	ns	ns
Frek. x Tid	0,001	0,000	ns	0,000	ns	ns	ns	ns
Lagr. x Lösn. x Frek.	0,034	ns	ns	ns	ns	0,008	ns	ns
Lagr. x Lösn. x Tid	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Lagr. x Frek. x Tid	ns	0,029	0,000	0,000	ns	ns	ns	ns
Lösn. x Frek. x Tid	ns	0,000	ns	0,005	ns	ns	ns	ns
Lösn. x Lösn. x Frek. x Tid	ns	ns	ns	0,000	ns	ns	0,037	ns

N Neofabraea sp.; C Colletotrichum sp.; P Penicillium expansum; och M Monilinia fructigena.

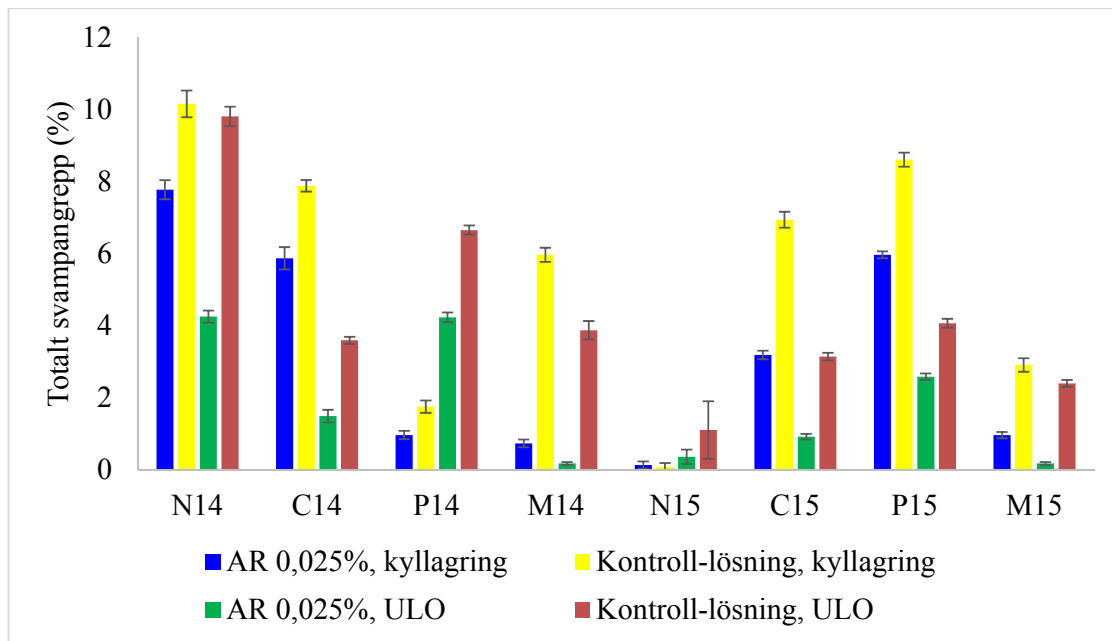


Fig. 14. Inverkan av AR-behandling och lagringsmetod på angrepp av *N* *Neofabraea* sp.; *C* *Colletotrichum* sp.; *P* *Penicillium expansum*; och *M* *Monilinia fructigena*. 14 = 2014 och 15 = 2015.

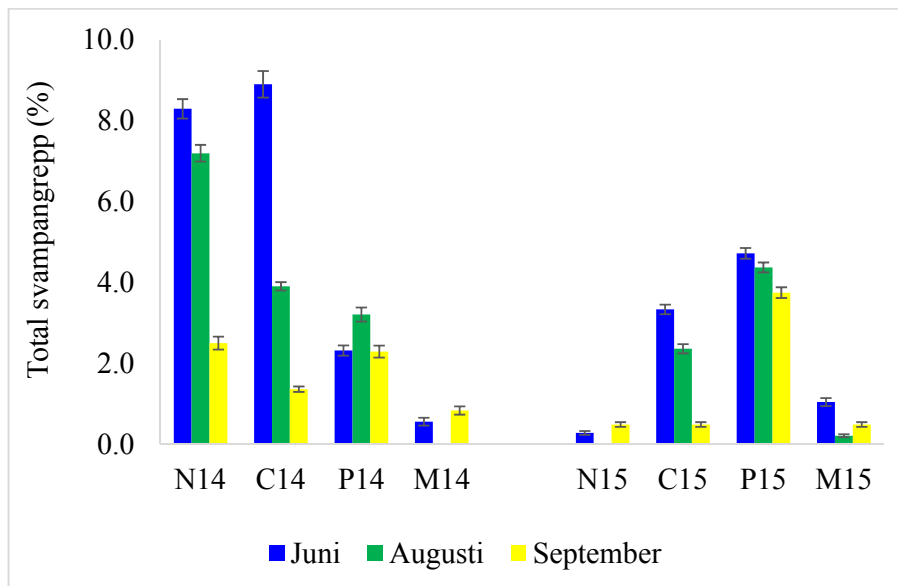


Fig. 15. Inverkan av behandlingstidpunkt på angrepp av *N* *Neofabraea* sp.; *C* *Colletotrichum* sp.; *P* *Penicillium expansum*; och *M* *Monilinia fructigena*. 14 = 2014 och 15 = 2015.

AR-lösningarnas effekt på frukt som inokulerats med tre svamparter

På obehandlad kontrollfrukt 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 7). 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 7).

Tabell 7. 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 ($p \leq 0.05$).

Under 2015 minskade lesionerna orsakade av *P. expansum* med 27%, 44% respektive 61% efter behandling med 0,025%, 0,1% respektive 0,2% AR (Fig. 16A). AR-koncentrationen och lesionens diameter var korrelerade (Tabell 8). Behandling med kontroll-lösningen minskade diametern för lesionerna med 12% jämfört med obehandlad frukt (Foto 2). Behandling med de tre AR-koncentrationerna hade signifikant inverkan även på *N. perennans*; lesionens diameter minskade med 19%, 30% respektive 40% jämfört med kontrollfrukt (Fig. 16B) och AR-koncentration och lesionens diameter var korrelerade (Tabell 8). Behandling med kontroll-lösning påverkade inte lesionstorleken (Foto 3).



Foto 2. Högre AR-koncentration leder till mindre angrepp av *P. expansum*.



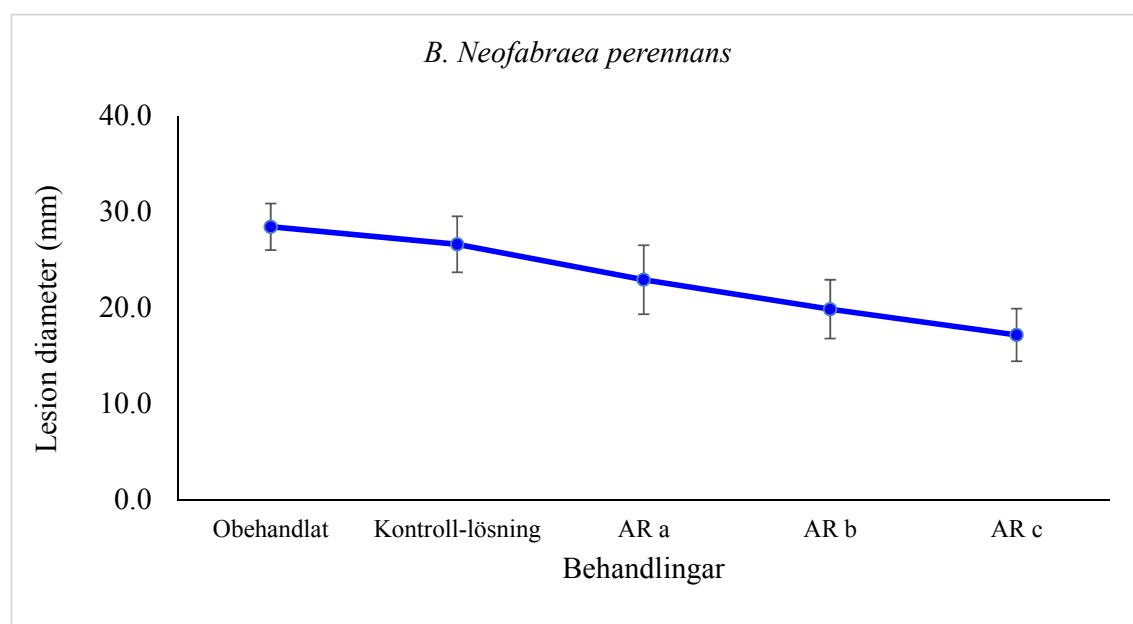
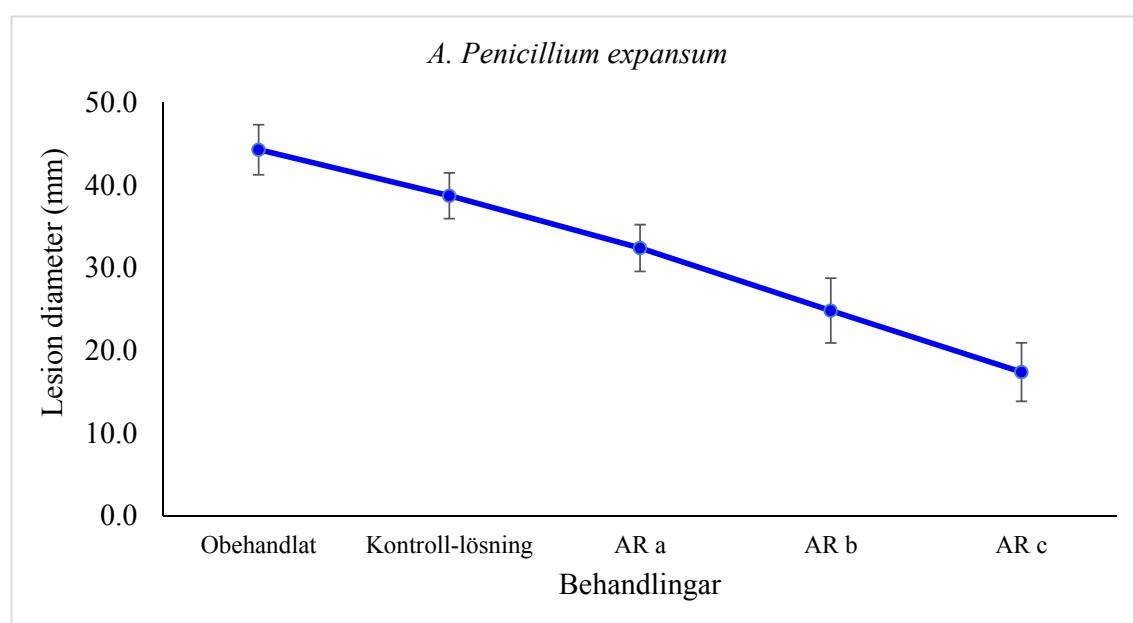
Foto 3. Högre AR-koncentration leder till mindre angrepp av *Neofabraea* sp.

För *M. fructigena* minskade lesionens diameter med 16%, 24% och 29% efter AR-behandling (Fig. 16C), och AR-koncentration och lesionens diameter var återigen korrelerade (Tabell 8). Behandling med kontroll-lösning hade ingen effekt på lesionens diameter.

Tabell 8. 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		
	<i>P.e.</i> & <i>M.f.</i>	<i>P.e.</i> & <i>N.p.</i>	<i>M.f.</i> & <i>N.p.</i>	Konc. & <i>P.e.</i>	Konc. & <i>N.p.</i>	Konc. & <i>M.f.</i>
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
R ²	25,6%	31,1%	15,1%	61%	25%	28%

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



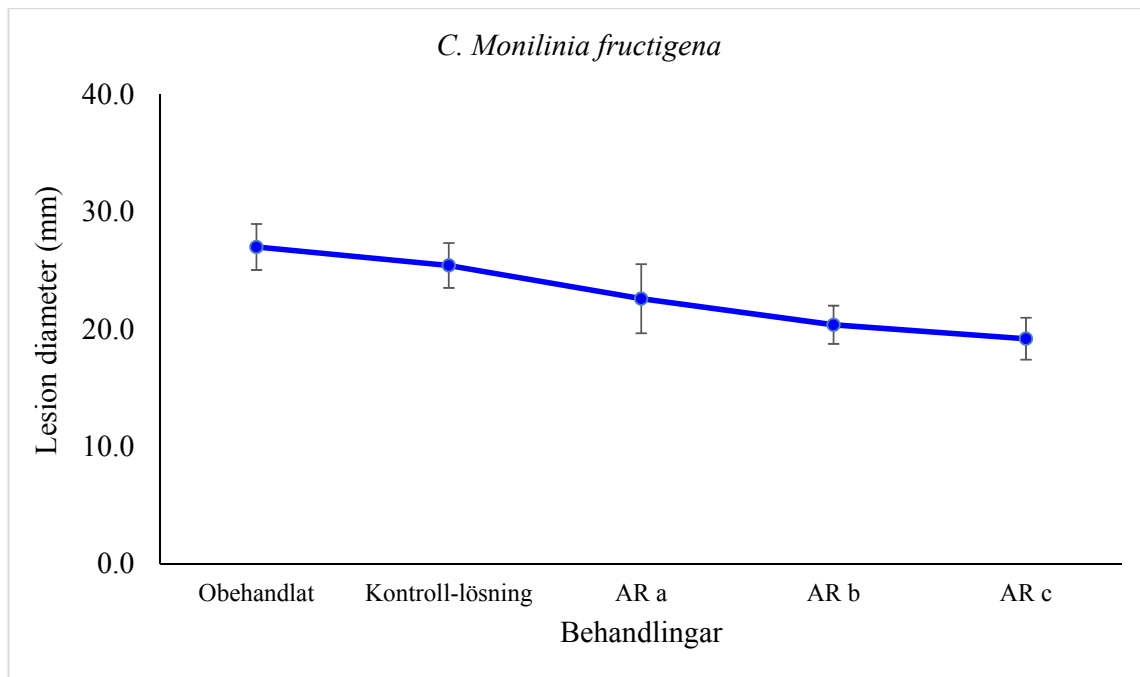
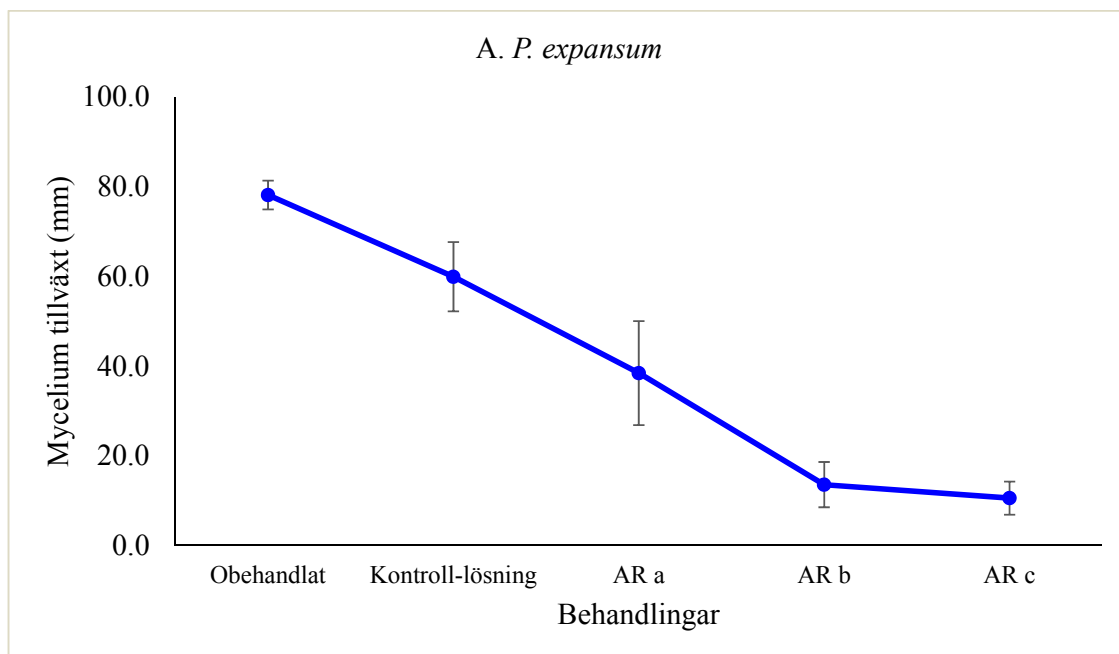


Fig. 16. Inverkan av efterskördbehandling med olika AR-koncentrationer (ARa 0,025%, ARb 0,1% och ARc 0,2%) på diametern hos lesioner efter inokulering med tre olika svampar.

In vitro tester

Effekt på myceltillväxt. In vitro test visade att ARa, ARb och ARc (0,025%, 0,1% och 0,2%) minskade tillväxten av *P. expansum* mycelium med 51%, 83% respektive 86% jämfört med obehandlade svampkolonier. Kontroll-lösningen hade också en något hämmande effekt (ca. 23%) (Fig. 17A, Foto 4). Liknande resultat erhöles för *C. acutatum* där tillväxten minskade med 58%, 73% respektive 80% (Fig. 17B, Foto 5). Kontroll-lösningen gav 15% minskad myceltillväxt. Myceltillväxten av *N. perennans* minskade med 74%, 85% och 90% medan kontroll-lösningen endast gav 12% minskad tillväxt (Fig. 17C, Foto 6). AR-koncentrationen hade en stark, negativ korrelation med myceltillväxten (Tabell 8) men det fanns inga signifikanta skillnader mellan effekten av ARb och ARc.



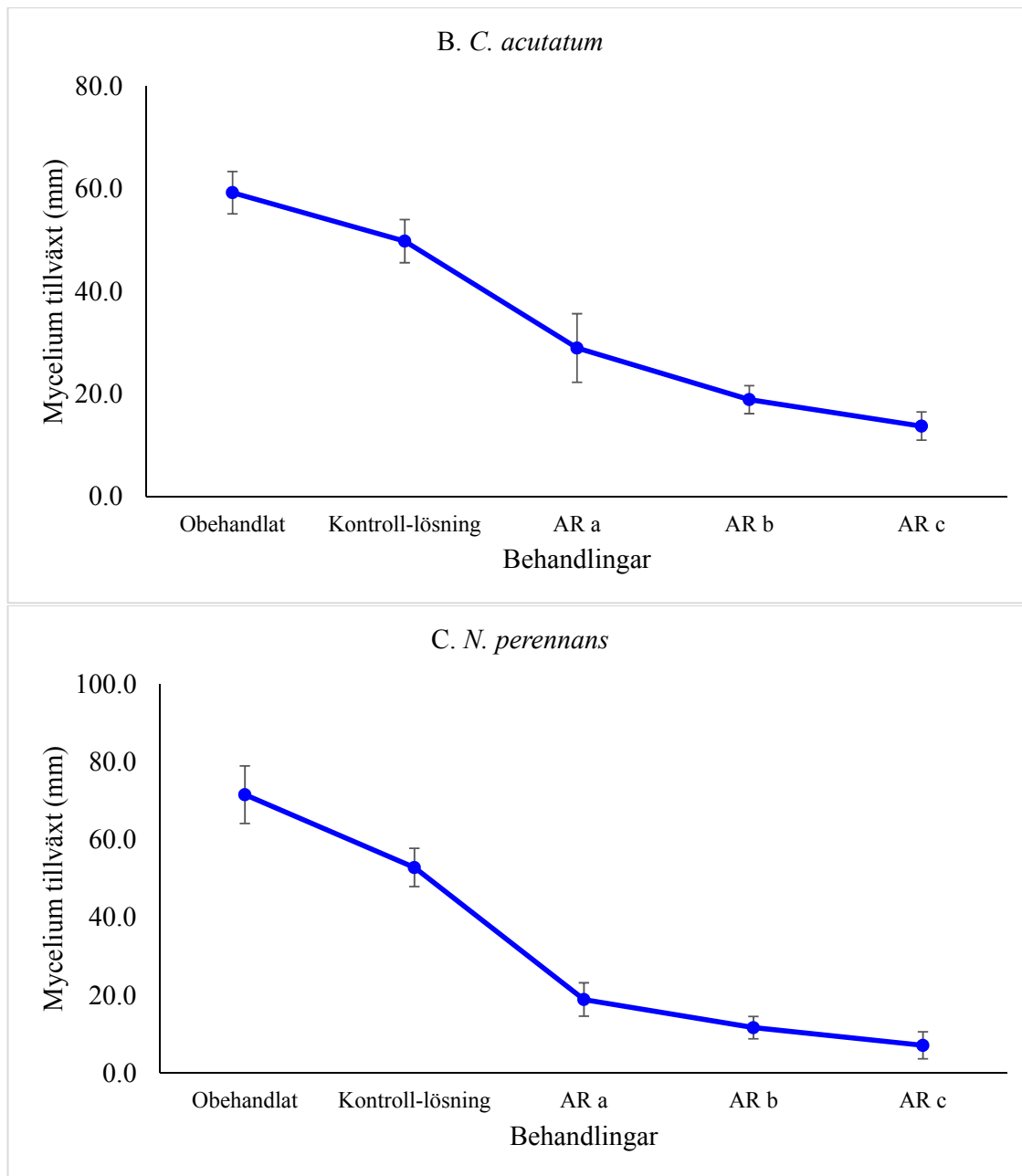


Fig. 17. Inverkan av olika AR-koncentrationer (ARa 0,025%, ARb 0,1% och ARc 0,2%) på myceltillväxt hos in vitro kolonier av tre olika svampar.

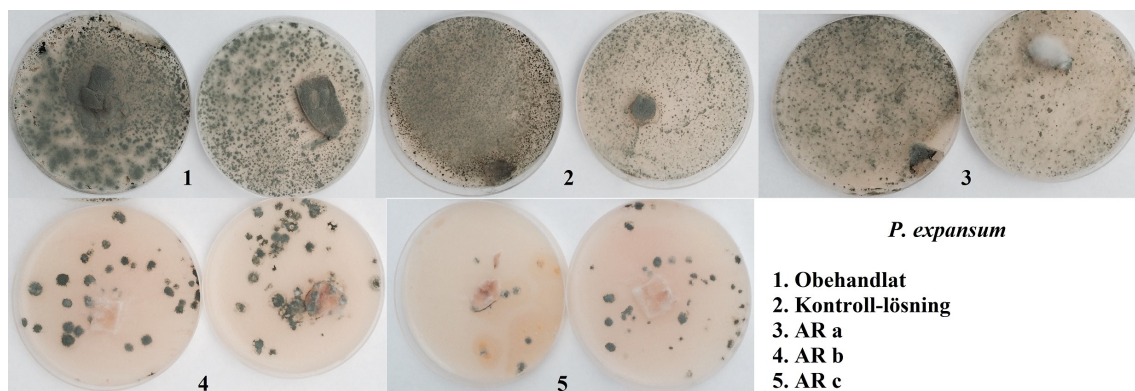


Foto 4. Effekten av olika AR-koncentrationer på myceltillväxten av *P. expansum*.

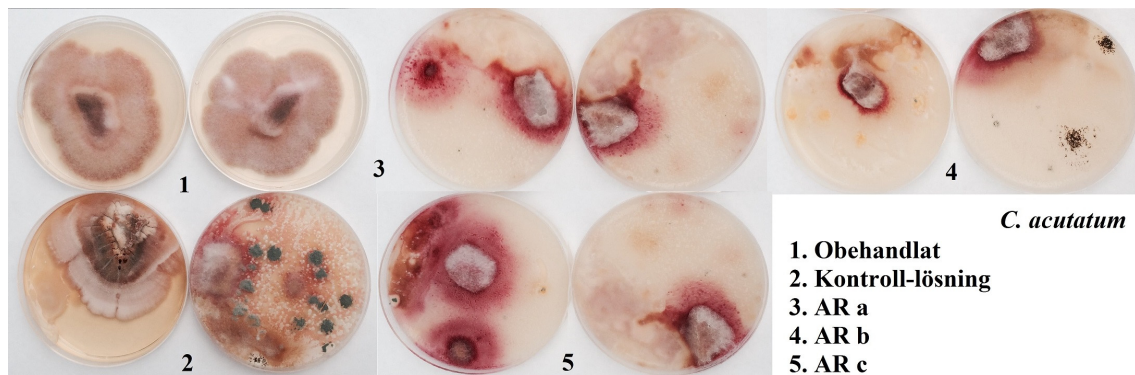


Foto 5. Effekten av olika AR-koncentrationer på myceltillväxten av *C. acutatum*.

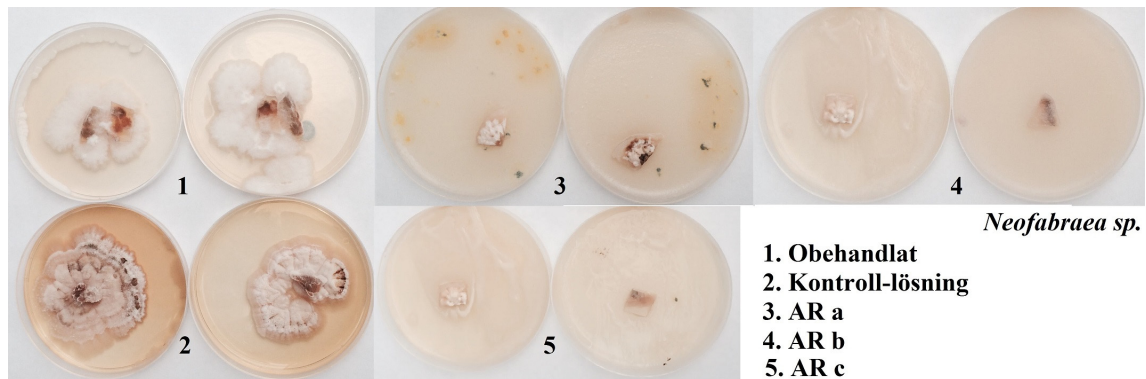
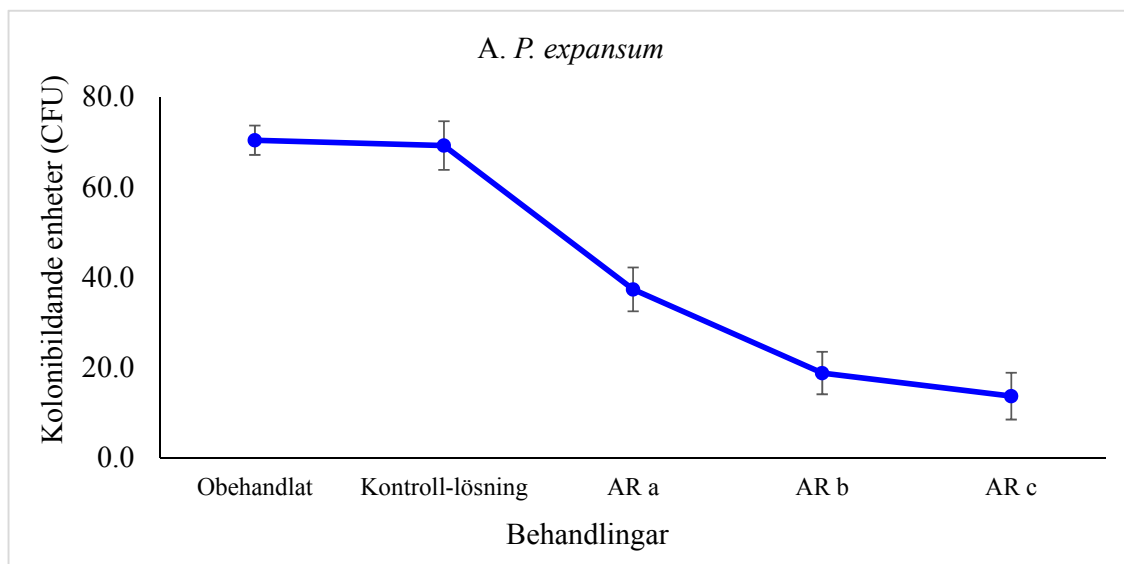


Foto 6. Effekten av olika AR-koncentrationer på myceltillväxten av *Neofabraea* sp.

Effekt på konidiernas livsduglighet (viability). Livsdugligheten hos konidier av *P. expansum* hämmades med 46%, 72% respektive 79% efter behandling med ARa, ARb respektive ARc jämfört med obehandlade konider (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 (Tabell 8). 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 av båda patogena ändrades dock till blek eller mörkbrun respektive efter behandling med AR.



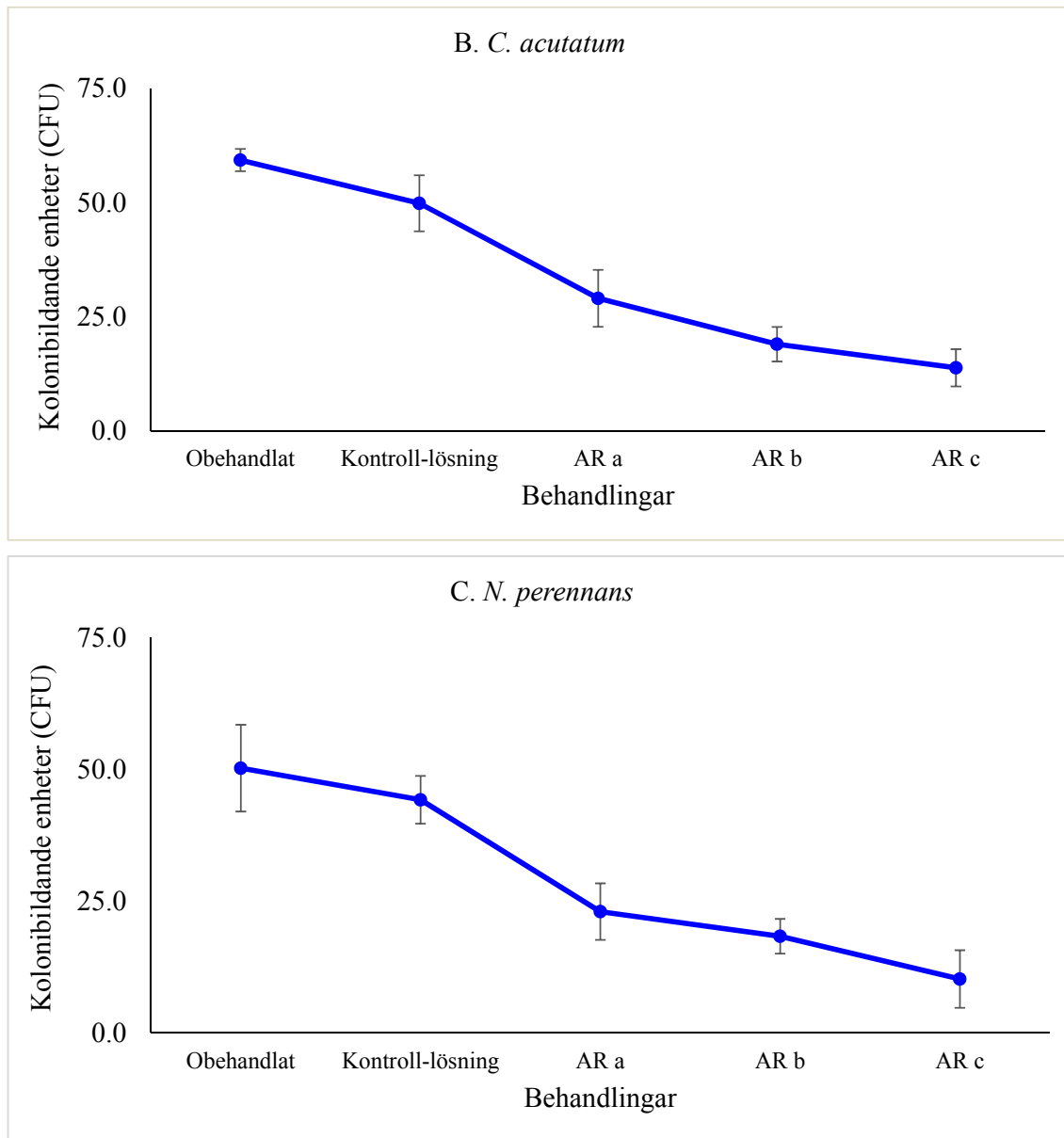


Fig. 19. Inverkan av olika AR-koncentrationer (ARa 0,025%, ARb 0,1% och ARc 0,2%) på konidiernas livsduglighet hos in vitro kolonier av tre olika svampar.

Diskussion och 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).

I en tidigare studie undersöktes effekten av 19 olika AR-lösningar på svampangrepp i frukt som inokulerats med grönmögel eller lenticellmögel (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 har vi nu undersökt effekterna av att applicera AR-lösningar med en fruktspruta i en ekologisk äppelodling. 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. Lagringsdugligheten förbättrades 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 bl a optimera AR-koncentrationen. Dessutom bör försöken omfatta fler äppelsorter.

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 vitro* 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. and P. Gomez. 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 (scCO₂) 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 Chemistry* 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, Abadías 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. What spoils apples during storage? (Vad är det som förtär äpple under lagring?). Alnarp: (LTJ, LTV, 14) <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 skurvresistenta 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. and 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)
- 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.