

Hållbar produktion av vallbaljväxter i ekologiska odlingssystem

Slutrapport projekten 2014 - 55, 2017 - 57
och 2018 - 32



Ann-Charlotte Wallenhammar, Eva Stoltz, Zahra Omer, Eva Edin och Artur Granstedt

2021-03-31

Sammanfattning

Bakgrund och syfte

Rödklöver som är basen i lokalproducerat proteinfoder har sviktande uthållighet i vallarna. Under många år har mjölkproducenter drabbats av problem med uthålligheten av rödklöver i blandvallar då rödklöverplantorna försvagas. En av orsakerna till detta är att de jordbundna patogena svamparna *Fusarium avenaceum*, *Cylindrocarpon destructans* och *Phoma medicaginis* infekterar klöverrötterna och så småningom utvecklas rotröta. I dagens ekologiska växtföljder på gårdar med grovfoderproduktion förekommer rödklöver i odlingen i stort sett årligen på samma fält. De finns ett stort behov av att ta fram åtgärder för att utöka uthålligheten hos rödklöver. I ekologisk odling baseras kväveförsörjningen på den biologiska fixeringen av atmosfäriskt kväve hos bakterier som lever i knölar på rötter hos baljväxter. Det är därför av yttersta vikt att bibehålla en jämn produktion över åren eftersom kväveefferverkan till stor del beror på hur stor andelen nedbrukade baljväxter är.

Syftet är att identifiera och utveckla strategier för att uthålligt odla vallbaljväxter för lokalproducerade proteinfodermedel och säkra god kväveförsörjning genom biologisk kvävefixering. Målsättningen är att ta fram ett underlag för att bibehålla en jämn produktionsnivå i vällen med stabil andel baljväxter under minst tre år och att ta fram åtgärder för att minska sjukdomstrycket av rotrötekomplexet.

Teori och metod

För att minska infektionstrycket av rotröta i vallarna finns nu anledning att variera baljväxtkomponenten, utveckla odlingstekniken och jämföra produktionsnivån på samma fält. Uthållighet och produktionsförmåga hos vitklöver, käringtand och blåusern, tre baljväxter som i tidigare undersökningar visat lägre sjukdomsangrepp och bättre uthållighet, jämförs med rödklöver i samodling med timotej på olika försöksgårdar i Mellansverige där problemen med utvintrade bestånd varit akuta. Att växla mellan olika baljväxter och att odla en baljväxtart i samodling med timotej är en metod som undersöks för att nå stabilare produktionsnivåer av proteinfoder och samtidigt begränsa uppförökningen av rotröta.

Ett storparcellförsök på Ullberga gård och två fältförsök; på försöksgårdarna Nibble, Järna och Kvinnersta, Örebro, anlades 2015. Kvinnerstaförsöket fick ersättas med ett nytt försök 2016 på grund av vildsvinsskador. I storparcellförsöket jämfördes olika växtföljder med rödklöver (SW Vicky 4n) och blåusern (Power 4.2) i samodling med timotej (Lischka) samt gårdens egen vallfröblandning (rödklöver, vitklöver, blåusern och käringtand). Försöken skördades vid tre tidpunkter genom att klippa av biomassan på 0,5 m² på fyra platser i varje storruta. I fältförsöken jämfördes rödklöver (SW Vicky), vitklöver (Hebe), käringtand (Oberhaunstedter) och blåusern (Power 4.2) i samodling med timotej (Lischka). Rödklöver, vitklöver och blåusern skördades vid tre tidpunkter och käringtand vid två. Skörden utfördes med vallskördemaskin på 5–7 cm stubbhöjd. Vid varje skördetillfälle bestämdes botaniskt utvecklingsstadium, grönmassan vägdes och torrsubstans (TS) bestämdes samt att prover togs för botanisk sammansättning (insådd baljväxt, övrig baljväxt, gräs, örtogräs och stubb).

Plantprovtagning för bestämning av sjukdomsangrepp gjordes på hösten (november). Angreppen av rotröta har graderats och sjukdomsindex (SI) för yttre och inre angrepp beräknats. PCR-analyser genomfördes för att bestämma förekomst av patogenerna *Fusarium avenaceum*, *F. culmorum*, *Phoma* spp. och *Cylindrocarpon destructans* i rötterna.

Efterverkan av vallbaljväxterna undersöktes i Kvinnersta 2 genom att höstvetete såddes efter vallbrottet och att skördeparametrar uppmättes. Kvävenivåerna i jorden analyserades ner till 90 cm djup och höstvetets kväueupptag beräknades genom mätning men handhållen N-sensor. Förändringen i kolhalt undersöktes i Ullberga från 2016–2020 genom markprovtagningar ner till 90 cm djup.

Huvudresultat

Samtliga baljväxtarter visade en konkurrenskraftig produktion vallskördeår 1 under gynnsamma nederbördsförhållanden. Första vallskördeåret fanns inga signifikanta skillnader i avkastning mellan baljväxtarterna 2016. I medeltal gav blåusern högst avkastning och visade höga baljväxthalter (<60 %) på samtliga försöksplatser.

Under den nederbördsfattiga sommaren 2017 var skörden betydligt lägre och torkkänsligheten bekräftades hos vitklöver och käringtand i vallskörd 2 på Nibble, Järna. Rödklöver visade svag tillväxt medan blåusern gav signifikant högst skörd och överträffade medelvärdet av skördarna för rödklöver, vitklöver och käringtand med 66%. Baljväxthaltarna var genomgående höga och högst i blåusern med 75%. Under den torra sommaren 2018 med extremvärme fanns ingen vitklöver, rödklöver eller timotej i vallskörd 3 varvid skörden uteblev. Under torra förhållanden 2017, och extremt torra förhållanden 2018, visade blåusern hög produktionsförmåga då blåusern lämnade 1443 kg ts per ha i tredjeskörd i Järna, och totalskörderna var statistiskt säkerställda och överträffade klöverleden med 250 %. På försöksplatsen i Kvinnersta, Örebro var skördenivåerna generellt lägre än i Järna. Under 2018 medförde nederbörden i augusti i Örebrotrakten att tredjeskörderna blev högst totalt för samtliga försöksled medan den högsta skörden i Järna totalt sett skördades i vallskörd 1. Tredje vallåret i Kvinnersta 2019 hade blåusern fortsatt högre avkastning än klöverarterna och ledet med käringtand var också högvastande i de båda skördarna mot övriga vallblandningar som skördades tre gånger.

Vi har visat att angreppen av rotröta varierar mellan plats och är mycket kraftiga i rödklöver och vitklöver på fält med ofta förekommande rödklöverproduktion. Rotgraderingarna visar höga sjukdomsangrepp på Nibble och Ullberga redan insåningsåret. Sjukdomsindex (SI) på 30 och 21 för den yttre respektive inre avläsningen av rödklöver är ovanligt högt i jämförelse med undersökningar i tidigare studier. I Kvinnersta var nivåerna lägre med 8 och 5 för yttre respektive inre SI under första vallåret. Rödklöver och vitklöver hade högre angrepp jämfört med käringtand och blåusern. De molekylära analyserna har avslöjat att de patogena svamparna *Fusarium avenaceum*, *Cylindrocarpon destructans* och *Phoma* spp förekommer i samtliga baljväxtarter, vilket innebär att blåusern och käringtand visar tolerans mot patogenerna genom att inte utveckla sjukdomssymtom i motsvarande omfattning som rödklöver och vitklöver, vilket är ny kunskap. Resultatet visade också att det fanns större mängd av *Phoma* spp och mindre mängd av *C. destructans* i blåusern, i motsats till i rödklöver. Mängden svamppatogen var dessutom i korrelation med hur kraftiga rötskador som baljväxterna fick, i synnerhet vitklöver men även mängden *Phoma* spp. i blåusern och *F. avenaceum* i rödklöver. Genom att patogenerna finns i rötterna är det svårt att tro att smittan reduceras över tid. Vitklöver bibehåller vitaliteten genom förmågan att producera stoloner och därmed bilda nya plantor medan rödklöverroten bryts ner med plantdöd som påföljd.

I Ullbergaförsöket nyanlades vällen efter blåusern eller rödklöver, så att efterföljande vall innehåll rödklöver eller blåusern varvid det blev fyra kombinationer av växtföljder. Blåusern sådd efter blåusern var lika angripen av rotröta under vallår 2 som blåusern sådd efter rödklöver. Dock hade rödklöverplantorna sådda efter blåusern mindre rötskador än rödklöver sådda efter rödklöver. Den femåriga vällen med gårdens blandning hade minskat i avkastning samtidigt som rötskadorna i blåusern var kraftiga. Sammantaget tyder resultaten på att blåusern bibehåller patogenerna i marken, vilket bekräftar resultaten från fältförsöken att blåusern är mer tolerant mot rotröta samtidigt som de patogena svamparna uppföras. Resultatet visade också att det fanns större mängd av *Phoma* spp och mindre mängd av *C. destructans* i blåusern, i motsats till i rödklöver. Vi kan spekulera att det blev mindre *C. destructans*-inokulum i jorden efter blåusern, och därav blev det lägre angrepp i rödklöver som odlades efter blåusern. Detta kan betyda att val av en baljväxtart kan förändra sammansättningen av de olika patogena svamparna i jorden som orsakar rotröta.

När kväveeffterverkan av de treåriga vallbaljväxterna undersöktes i höstveten på Kvinnersta visade blåusern signifikant högre N-sensorvärde än rödklöver som följdes av en signifikant ($p=0,0022$) högre kärnskörd (42 %), högre proteinhalt, rymdvikt och kvävehalt i halmen. Några skillnader i markens mineralkväve kunde inte visas, men genom att tillämpa metoden att mäta upptaget kväve i plantan har skillnader påvisats. Den goda förfruktseffekten kan ha berott på struktureffekter som de djupa rötterna medförde. De långliggande försöken i Ullberga tycks öka mängden kol i marken, men det var för få upprepningar för statistiska beräkningar.

Slutsatser

- Rödklöver, vitklöver, käringtand och blåusern i samodling med timotej kan under gynnsamma väderförhållanden hålla en god konkurrenskraftig produktion under vallskördeår 1.
- Kraftiga angrepp av rotröta sätter ner produktionen hos rödklöver under det tredje vallskördeåret. Avkastningen för blåusernblandningen var högre än båda klöverblandningarna under de tre årliga vallskördarna, samtidigt som ledet med käringtand också var högavkastande vid de två skördarna.
- Den signifikanta korrelationen mellan sjukdomsindex (inre och yttre index) och resultatet av qPCR-analyser i form av antal genkopior i fram för allt vitklöver, men också i andra baljväxter och vissa av de tre patogenerna bekräftar att symptomen som graderades på rötterna orsakades av *Fusarium avenaceum*, *Phoma* spp och *C. destructans*.
- Rotrötesvamparna *Fusarium avenaceum*, *Cylindrocarpon destructans* och *Phoma* spp förekommer i rötterna av samtliga undersökta baljväxtarter.
- Käringtand och blåusern påvisar tolerans mot att utveckla rotröta men kan uppföröka svamparna så att inokulum finns kvar i jorden till nästkommande vallgröda.
- Vitklöver bibehåller vitaliteten genom förmågan att producera stoloner och därmed bilda nya plantor.
- Angreppen av rotröta varierar mellan plats och är mycket kraftiga i rödklöver och vitklöver på fält med ofta förekommande rödklöverproduktion.
- Röttskadorna i vitklöver var i korrelation med mängden svamppatogen i rötterna för de tre undersökta arterna.
- De inre röttskadorna i blåusern var i korrelation med mängden *Phoma* spp i rötterna.
- Långliggande vallar kan bidra till att markens kolinnehåll ökar tack vare den stora rotvolymen.
- Vallbaljväxter har en god förfruktseffekt där blåusern gav en högre effekt än rödklöver samtidigt som vitklöver och käringtand gav goda skördenivåer däremellan. Markens kväveförråd påverkades inte av baljväxtart utan förfruktseffekten kan vara mer på det strukturella planet.
- Resultaten från denna undersökning kommer att ha stor betydelse för val av vallbaljväxt i långsiktigt hållbara odlingssystem i Sverige och internationellt.

Bild på försättsblad: Blommande rödklöver, vitklöver, käringtand och blåusern.

Innehåll

Sammanfattning.....	2
1. Bakgrund.....	7
1.1 Symbiotisk kvävefixering utgör grunden för all ekologisk odling	7
1.2 Rotröta minskar snabbt rödklöverandelen.....	7
1.3 Infektion och symtom	7
1.4 Motståndskraften mot rotröta är större hos blåusern, vitklöver och käringtand.....	8
1.5 Odlingsmaterial.....	8
1.6 Frågeställningar.....	8
1.7 Syfte.....	8
2. Material och metoder.....	9
2.1 Anlagda fältförsök	9
2.2 Storparcellförsök	9
2.3 Fältförsök.....	9
2.4 Jordprovtagningar	10
2.5 Undersökning av rötter.....	12
2.5.1 Provtagning	12
2.5.2 Gradering.....	12
2.5.3 Identifiering av patogener med realtids-PCR.....	12
2.6 Skörd	12
2.7 Kväveefterverkan av vallbaljväxter på Kvinnersta 2	13
2.8 Nederbörd och temperatur.....	13
2.9 Statistiska analyser	15
3. Resultat.....	16
3.1 Storparcellförsöket Ullberga.....	16
3.1.1 Rotgraderingar och PCR-analyser	16
3.1.2 Avkastning Ullberga 1, 2016 – 2018 och nyanlagd vall 2019 – 2020, Ullberga 2.....	21
3.2 Fältförsök.....	26
3.2.1 Rotgraderingar och realtids qPCR-analyser	26
3.2.2. Avkastning fältförsök	35
4. Diskussion	45
Nationella möten och sammankomster.....	50
Internationella möten.....	51
Internationella publikationer	51
Publikationer på svenska.....	51
Vetenskaplig publikation.....	52
6. Tack.....	52
7. Referenser.....	52

8. Strategier för odling av hållbara vallbaljväxter.....	55
1. Bibehåll en jämn produktionsnivå.....	55
2. Öka uppehållet mellan baljväxtvallarna i växtföljden.	55
3. Minimera fysiska skador.....	55
4. Odling av lusern innan rödklöver i växtföljden ökar hållbarheten hos rödklöver på lång sikt	55
5. Bibehåll eller öka pH i jorden med regelbunden kalkning	56
6. Val av arter efter produktionsinriktning	56

1. Bakgrund

1.1 Symbiotisk kvävefixering utgör grunden för all ekologisk odling

Rödklöver odlas i den tempererade delen av världen och har historiskt sett använts för att förbättra markbördigheten (Knox et al., 2011), men införandet av handelsgödsel förändrade detta. I ekologisk odling baseras kväveförsörjningen på den biologiska fixeringen av atmosfäriskt kväve hos kvävefixerande bakterier ur släktet *Rhizobium*, som lever i knölar på rötter hos baljväxter, vilka ingår i växtföljden och utgör därmed själva grunden för all ekologisk odling. Studier av odlingssystemet på ekologiska gårdar visar att huvuddelen av denna kvävetillförsel sker i fleråriga vallar framför allt med rödklöver (Granstedt, 1990) men även andra fleråriga baljväxter kan förekomma som exempelvis blåusern och käringtand. Förfruktsvärdet av vallar med stort inslag av rödklöver har visat stor potential på flera platser i Sverige och Finland (Granstedt & Baeckström, 2000; Nykänen, et al., 2008a, Nykänen et al., 2008b) och den stora betydelsen av mängden nedbrukad biomassa i form av skörderester och rötter har påvisats, liksom att andelen baljväxt har stor inverkan på kväveefterverkan.

1.2 Rotröta minskar snabbt rödklöverandelen

Mjolkproducenterna har under många år drabbats av problem med uthålligheten av rödklöver i blandvallar men också etableringen av nya vallar kan vara nyckfull, vilket medför ojämna bestånd. Den omfattande minskningen i klöverhalt i blandvallar över tid är ett stort problem som uppmärksammas av odlare och som undersökts i olika studier (Rufelt, 1986; Nykänen et al., 2000, Wallenhammar et al., 2014). Detta är ett hot mot det ekologiska lantbrukets vidareutveckling och produktionsförmåga och frågan bör ha allra högsta prioritet för den ekologiskt inriktade lantbruksforskningen. Rödklöverplantorna försvagas snabbt genom angrepp av rotröta orsakade av patogena svampar såsom *Cylindrocarpon destructans*, *Phoma medicaginis* samt arter ur släktet *Fusarium* (Rufelt, 1986, Lager och Gerhardson, 2002, Wessén, 2006, Öhberg, 2008, Almquist et al., 2016). I en nyligen genomförd undersökning har dessa patogener följts över tid och plats med en kvantitativ molekylär metod, även kallad Realtids-PCR (Almquist et al., 2016). DNA från vallbaljväxterna analyserades tidigt under insåningsåret, innan synliga symtom påvisades, och visade att *C. destructans* förekom redan vid första provtagningen. *Phoma* spp. förekom i låga nivåer från första provtagningen och ökade till betydligt högre nivåer under hösten. *Fusarium avenaceum* detekterades däremot sporadiskt under första sommaren och ökade något under hösten. Resultaten tyder på att *C. destructans* kan vara den svamp som till störst del orsakar rotrötans utveckling i roten.

Nibble gård, Järna, är ett exempel på en produktionsinriktning där ekologisk och biodynamisk odling pågått sedan 1960-talet. Där har klöverandelarna under senare år minskat dramatiskt redan efter det första vallåret samtidigt som skördarna har minskat påtagligt. Vallskördarna i andraårsvallarna har generellt minskat med ca 50 % jämfört med skördarna på 1980-talet (Granstedt, 1992). Olika arter som vitklöver och lusern har prövats utan direkt synliga förbättringar och detta skulle dock behöva undersökas på ett mera systematiskt sätt i försök.

1.3 Infektion och symtom

Sjukdomen börjar ofta i primära och sekundära rötter 5–7 cm under markytan. I tidiga stadier av infektionen är symtomen begränsade till missfärgningar i rotens cortex (vävnader som transporterar vatten och näring), men allt eftersom infektionen framskrider sker en tilltagande förruttnelse av vävnaderna och leder till en ihållig rot som slutligen förstörs (Ylimäki, 1967). När pålroten förstörs utvecklas nya sekundära rötter snabbt i rotens övre del med syfte att ersätta funktionerna hos den förstörda roten. Karaktäristiskt för sjukdomen är att den ökar progressivt med beståndets ålder. Tydliga symtom ses ofta först i andraårsvallar, men svaga symtom går att hitta insåningsåret och i förstaårsvallar. Skadorna är oftast tydligast på våren när snön försvunnit, då klövern är försvagad och mycket mottaglig för angrepp av patogener.

1.4 Motståndskraften mot rotröta är större hos blåusern, vitklöver och käringtand. Uthålligheten hos vallbaljväxter med bl.a. omfattande undersökningar av rotröta hos olika vallbaljväxter visade att infektionen i rödklöver redan insåningsåret var signifikant högre jämfört med infektionen i blåusern, vitklöver respektive käringtand (Wallenhammar et al., 2014). Angreppsnivån ökade snabbt i rödklöver första vallåret medan övriga baljväxter behöll en betydligt lägre angreppsnivå under de tre vallskördeåren. Inga större skillnader hos rödklöver i motståndskraft mot rotröta mellan sorter eller mellan skördesystem har kunnat påvisas (Wallenhammar, 2010, Wallenhammar et al., 2013, Wallenhammar et al., 2017, Almquist, 2016). Vallfröutsädes betydelse som infektiionskälla har nyligen undersökts och Thermo Seed-behandling sanerade effektivt utsädessmitta av *Fusarium* spp, men hade ingen effekt på sjukdomsutvecklingen i roten (Wallenhammar et al., 2017).

1.5 Odlingsmaterial

Av tradition har vallfoder producerats i samodling av flera arter. Från att på 1800-talet bestå av 13–14 arter har fröblandningarna under många år baserats på rödklöver som motor tillsammans med timotej och ängssvingel. I dagens ekologiska växtföljder förekommer rödklöver i odlingen i stort sett årligen (Wallenhammar et al., 2005). Blåusern (*Medicago sativa*) är torktålig med ett djupt rotsystem där rotdjup på 2–5 m inte är ovanligt i fleråriga bestånd (Witter och Johansson, 2001). Maximal avkastning erhålls i vall II och proteininnehållet är betydande. Treskördesystem är en nödvändighet med avseende på näringsinnehållet. Kärtingtand (*Lotus corniculatus*) är en torktålig baljväxt med god återväxt samt att den har flera positiva egenskaper utöver själva produktionsförmågan (Nilsdotter-Linde, 2001). Innehållet av kondenserade tanniner har en fördröjande effekt på proteinnedbrytningen i vommen hos nötkreatur även vid låga tanninkoncentrationer med förbättrat proteinutnyttjande till följd (Nilsdotter-Linde et al., 2002).

För att minska infektionstrycket av rotröta i vallarna finns nu anledning att variera baljväxtkomponenten, utveckla odlingstekniken och jämföra produktionsnivån på samma fält. De finns ett stort behov av att ta fram åtgärder för att utöka uthålligheten hos rödklöver. En metod som vi vill undersöka är att växla mellan olika arter och odla baljväxter samodlat med timotej för att nå stabilare produktionsnivåer av proteinfoder och samtidigt begränsa uppförökningen av rotröta.

1.6 Frågeställningar

- Kan renodling av en vallbaljväxt tillsammans med timotej ge stabila produktionsnivåer av proteinfoder?
- Hur bör växtföljder med baljväxtblandvallar utformas med hänsyn till vallålder, avbrottsgrödor och sortval för att förhindra uppförökning av i klövervallar förekommande skador och sjukdomar?
- Kan uppförökningen av rotröta begränsas genom val av arter som angrips i mindre omfattning än rödklöver?

1.7 Syfte

Syftet är att identifiera och utveckla strategier för att uthålligt odla vallbaljväxter för lokalproducerade proteinfodermedel och att säkra en god kväveförsörjning genom biologisk kvävefixering.

Hypoteserna är

- att **en** baljväxtart samodlad med gräs på sikt reducerar trycket av jordbundna patogener i växtföljden
- att blåusern, kärtingtand och vitklöver är baljväxter med bättre motståndskraft mot rotröta, vilket ökar hållbarhet och produktion i jämförelse med rödklöver.

2. Material och metoder

2.1 Anlagda fältförsök

Ett storparcellförsök och två fältförsök anlades enligt plan 2015 och ett ersättningsförsök anlades 2016.

2.2 Storparcellförsök

Ett storparcellsförsök, utan upprepningar, anlades den 6 maj på Ullberga gård utanför Nyköping 2015. Storleken på varje storparcell är 7,2 x 50 m. Varje storparcell motsvarar en växtföljd och försöksplanen redovisas i tabell 1. Växtföljd 5 är gårdens egen blandning av baljväxter, örter och gräsarter. Efter skörden 2017 plöjdes försöksytan, förutom storparcellen med gårdens egen blandning, och nya vallbaljväxter såddes 2018. Utsädesmängden var 8 kg/ha av rödklöver (SW Vicky), 17 kg/ha av blåusern (Power 4.2) och 8 kg/ha av timotej (Lischka). Blåusern utsädet var ympat med Nitragin gold som innehåller bakterien *Sinorhizobium meliloti* och käringtanden var ympad med *Rhizobium loti*. Ingen växtnäring tillfördes. Skyddsgrödan var havre (180 kg/ha). Insådden etablerades jämt i storparcellförsöket i direkt anslutning till havresådden. Nyanläggning 2018 gjordes i höstvetete.

Tabell 1. Storparcellförsök på Ullberga med fem olika växtföljder anlagt 2015

År	Växtföljd 1	Växtföljd 2	Växtföljd 3	Växtföljd 4	Växtföljd 5
2015	Vårvetete med insådd	Vårvetete med insådd	Vårvetemed insådd	Vårvetete med insådd	Vårvetete med insådd
2016	Blåusern vall 1	Blåusern vall 1	Rödklöver vall 1	Rödklöver vall 1	Gårdens blandning vall 1
2017	Blåusern vall 2	Blåusern vall 2	Rödklöver vall 2	Rödklöver vall 2	Gårdens blandning vall 2
2018	Höstvetete med insådd	Höstvetete med insådd	Höstvetete med insådd	Höstvetete med insådd	Gårdens blandning vall 3
2019	Blåusern vall 1	Rödklöver vall 1	Rödklöver vall 1	Blåusern vall 1	Gårdens blandning vall 4
2020	Blåusern vall 2	Rödklöver vall 2	Rödklöver vall 2	Blåusern vall 2	Gårdens blandning vall 5

I växtföljd 1-4 samodlas baljväxt med timotej (Lischka) = 8 kg/ha, rödklöver (SW Vicky) = 8 kg/ha samt blåusern (Power) = 17 kg/ha. Gårdens blandning: gårdens vallfröblandning, ekologisk betesblandning från Scandinavian Seed som grund (timotej, vitklöver, engelskt rajgräs, rödsvingel, ängsgröe och ängssvingel) som kompletterats med blåusern, käringtand och örter, totalt ca 20 arter, total utsädesmängd var 23 kg/ha.

2.3 Fältförsök

Två fältförsök anlades 2015, ett på Nibble gård i Järna (N 59° 19', E 18° 4') den 27 april (figur 1) och ett på Kvinnersta (N 59° 21', E 15° 14') norr om Örebro den 30 april med en försöksplan som redovisas i tabell 2. Skyddsgrödan var havre (200 kg/ha). Sådd av skyddsgrödan utfördes 26 april på Nibble och på Kvinnersta såddes skyddsgrödan och vallfröblandningarna samma dag. Försöken har randomiserad blockdesign med fyra upprepningar. Rutstorleken är 3 x 12 m och den skördade ytan 15 m². Utsädesmängden var 8 kg/ha rödklöver (SW Vicky, 4n), 8 kg/ha timotej (Lischka), 4 kg/ha vitklöver (Hebe), 10 kg/ha käringtand (Oberhaunstedter) respektive 17 kg/ha blåusern (Power 4.2). Blåusern utsädet var ympat med Nitragin gold som innehåller bakterien *Sinorhizobium meliloti* och käringtanden var ympad med *Rhizobium loti*. Ingen växtnäring tillfördes. Insådden etablerades jämt på båda försöksplatserna. Efter skador av vildsvin i samtliga rödklöverled under vintern 2015–2016 i Kvinnerstaförsöket (Kvinnersta 1) beslutade vi att anlägga ett nytt försök på ett annat fält där risken för vildsvinsskador bedöms vara lägre (Kvinnersta 2). Försöket anlades 10 juni 2016 på samma sätt som beskrivet ovan och stängslades med elektrisk tråd påföljande vinter.

Tabell 2. Försöksplan med olika baljväxter i samodling med timotej

Led	Fröblandning	Antal skördar /år
A.	Rödklöver (SW Vicky 8 kg/ha) + timotej ¹	3
B.	Vitklöver (Hebe 4 kg/ ha) + timotej j ¹	3
C.	Käringtand (Oberhaunstedter 10 kg/ha)+timotejj ¹	2
D.	Blålusen (Power 4.2. 17 kg/ha) + timotej j ¹	3

¹Timotej 8 kg/ha



Figur 1. Fältförsök med olika baljväxtarter, Nibble 26 augusti, 2016.

2.4 Jordprovtagningar

Jordprover togs i samband med anläggning av storparcellsförsöket och fältförsöket. Provtagningsdjupet i matjord var 0–30 cm och i alv 30–60 cm samt 60–90 cm. I samtliga skikt analyserades: pH, P-AL, K-AL, Mg-AL, Ca-AL, Al-AL, Fe-AL, K-HCL, P-HCL, jordart (mull, ler, silt, sand), totalkväve och totalkol (tabell 3). På Ullberga gjordes provtagningar för markemiska analyser samt bestämning av mullhalter på profildjupen 0–20 cm, 30–60 cm samt 60–90 cm vid tre tillfällen; 2016, 2018 och vid försökets avslutning 2020 på tre inmätta provtagningspunkter i varje storparcell. Markanalyserna utfördes av Agrilab i Uppsala där kolhalten bestämdes som total mängd kol i marken (totalkol) utom år 2020 då bestämningen gjordes av organiskt kol, varvid en omräkningsfaktor, 1,02, användes för att få jämförbara värden för totalkol för den här aktuella jorden. Omräkning till kg kol per ha baserades på den uppmätta mängden g kol per kg jord med en uppmätt volymvikt på 1,2 kg i matjorden på marknivån 0–20 cm, 1,3 kg dm⁻³ i marknivån 30–60 cm samt 1,4 kg dm⁻³ i marknivån 60–90 cm.

Tabell 3. Jordegenskaper och näringsstatus på de olika försöksplatserna i Ullberga, Järna och Kvinnersta på tre profildjup; 0-30 cm, 30-60 cm och 60-90 cm.

	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	K/Mg-AL	Ca-AL	Al-AL	Fe-AL	K-HCl	P-HCl	Cu-HCl	Mull	Ler	Silt	Sand	Jordart	Tot-C	Tot-N
Skikt	(mg 100g ⁻¹)					(mg 100g ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)	(%)				(g kg ⁻¹)		
Ullberga, storparcellförsök																		
0-30	6,7	8,0	11,9	20,1	0,6	210	15	26	291	64,1	14,5	1,8	19	70	9,7	mf mj LL	15,1	1,35
30-60	6,9	5,6	11,8	37,9	0,3	224	19	28	340	52,3	18,3	0,8	30	54	15,7	mf ML	6,4	0,72
60-90	7,0	7,4	14,0	57,9	0,2	236	23	27	393	43,7	20,7	0,8	39	53	7,4	mf ML	4,1	0,50
Järna																		
0-30	6,9	10,1	40,0	32,8	1,2	341	30	40	575	74,4	30,0	3,4	51	39	7,1	mmh SL	19,8	2,0
30-60	7,4	8,8	36,9	34,8	1,1	414	35	34	595	66,3	32,7	2,5	52	38	7,5	nmh SL	15,9	1,4
60-90	8,0	4,7	28,8	37,2	0,8	1145	44	32	580	57,3	34,0	1,9	64	30	4,0	mf MSL	9,7	0,8
Kvinnersta, fältförsök 1, anlagt 2015																		
0-30	6,3	5,6	20,6	32,2	0,6	266	23	54	258	63,4	16,1	5,0	28	56	10,5	mmh ML	30,1	2,5
30-60	6,7	3,1	14,9	53,1	0,3	269	20	90	265	48,3	14,3	3,0	43	51	3,5	mmh SL	17,6	1,6
60-90	7,2	1,1	17,4	85,4	0,2	265	21	65	311	30,3	17,8	1,0	50	40	9,0	mf SL	7,2	0,5
Kvinnersta, fältförsök 2, anlagt 2016																		
0-30	6,3	4,6	20,9	27,4	0,8	209	23	49	317	65,1	23,2	2,8	39	51	7,7	nmh ML	16,6	1,53
30-60	6,4	4,2	17,4	25,7	0,7	211	22	48	295	56,1	21,9	1,7	43	43	12,3	mf SL	11,7	1,16
60-90	7,5	2,2	14,7	27,4	0,5	411	21	45	242	39,9	18,8	< 1	30	38	31,6	mf ML	5,6	0,55

2.5 Undersökning av rötter

2.5.1 Provtagning

Under hösten, november-december, insåningsåret och vallår 1-3 grävdes 10 plantor upp rutvis i fältförsöken i Järna och Kvinnersta. I storparcellsförsöket togs plantproverna från tre olika punkter i varje storruta (växtföljd), totalt 15 prover per år, under de fyra produktionsåren. För vallår 1 upprepades provtagningen i Ullberga tidig vår 2017, eftersom provtagningen 2016 var otillräcklig samt att 2018 graderades enbart led 5, gårdens blandning, eftersom de andra leden såddes om 2018.

2.5.2 Gradering

Rötterna tvättades och delades in i klasser, 0–4, beroende på graden av mörkfärgning av rotytan där 0 är friska rötter och 4 är helt svarta rötter enligt Rufelt(1986). Därefter delades rötterna och de inre angreppen bedömdes och klassificerades på samma sätt. Sjukdomsindex för yttre och inre angrepp beräknades enligt formeln:

$$SI = \frac{((0 \times N0) + (1 \times N1) + (2 \times N2) + (3 \times N3) + (4 \times N4)) * 100}{n \times 4}$$

Där SI= sjukdomsindex, N = antalet plantor i varje klass och n = totala antalet undersökta plantor per prov (dvs. 10).

Andel rötter med angrepp beräknades.

2.5.3 Identifiering av patogener med realtids-PCR

I fältförsöken analyserades rotproverna med realtids-PCR samtliga år. På Ullberga analyserades rotproverna insåningsåret. Molekylärbiologiska analysmetoder för extraktion av DNA samt detektion och kvantifiering av *Fusarium culmorum*, *F. avenaceum*, *Cylindrocarpon destructans* och *Phoma* spp med realtids-PCR har utförts enligt metod beskriven i Almquist (2016). Plasmidstandarder baserade på syntetiska sekvenser har tagits fram för att möjliggöra kvantifiering av antalet kopior av respektive gen. Nivån av respektive patogen uttrycks som antal kopior per 1 000 000 kopior av växtgenen. Då kopietalet för de olika målsekvenserna inte är känt (i vissa fall flerkopiegener vid polyploid) går det inte att direkt jämföra nivåerna mellan patogenerna.

Efter provtagning tvättades rötterna i kranvatten och förvarades sedan i frys (-18° C) till anlystillfället. Minst tio rötter per ruta (fler vid de tidigaste provtagningarna) klipptes i mindre bitar för hand med en sax (insåningsåret) eller mixades i en Retsch Grindomix knivmixer (Retsch®) vid 10 000 rpm min⁻¹ i 20 s, varefter 100 mg av rotmixen från varje prov vägdes in i ett Matrix A rör. DNA extraherades därefter från två delprov, med FastDNA SPIN Kit (MP Biomedicals, Santa Ana, USA).

2.6 Skörd

I storparcellsförsöket på Ullberga utfördes klippningar av 0,5 m² på fyra platser i varje storruta. Klipphöjden var ca 5 cm. Fältförsöken (figur 1) skördades tre gånger med en vallskördemaskin på 5–7 cm höjd, förutom rutorna med käringtand som skördades två gånger enligt försöksplanen (tabell 2). Friskvikten av den totala biomassan från samtliga försöksrutor vägdes. Delprov togs från varje ruta för analys av torrsubstanshalt och botanisk sammansättning. Fraktionerna för den botaniska analysen var: insådd baljväxt, övrig

baljväxt, insått gräs, örtogräs och stubb från insåningsgrödan. Under 2018 och framåt gjordes inga analyser av stubbinnehållet.

Torrsubstanshalten beräknades på ett prov (friskvikt ca 600 g) från varje ruta efter förtorkning vid 60 °C under 24 timmar och därefter torkning vid 105 °C i minst 3 timmar. Den botaniska analysen utfördes på ett annat delprov (friskvikt ca 600 g) från varje ruta där växtfraktionerna torkades på samma sätt som vid bestämning av torrsubstanshalten. Efter torkning vägdes vallfraktionerna och procentandel av varje växtslag beräknades.

2.7 Kväveefterverkan av vallbaljväxter på Kvinnersta 2

Vallbrottet av försöket på Kvinnersta 2 skedde i början av september 2019 och höstvetete, sort Informer, såddes 20 september 2019 med 210 kg ha⁻¹. Ingen gödsling eller växtskyddsåtgärder utfördes fram till skörden den 6 augusti 2020. Jordprovtagning gjordes den 16 april 2020 på profildjupen 0–30 cm, 30–60 cm samt 60–90 cm för att bestämma mängden NO₃-N och NH₄-N samt mineralkväve (Argilab AB, Uppsala). Kväveinnehållet i höstvetetet mättes med en handhållen N-sensor (Yara) vid stadium DC39 den 2 juni 2020 för att beräkna kväveupptaget i höstveteteplantorna. Höstvetetet skördades med försökströska och skördes skickades till Agrilab för analys av protein och tkv. Hela strån klipptes från 0,25 m² i varje parcell som torkades och skickades till SLU för analys av N och C och halm.

2.8 Nederbörd och temperatur

Nederbörd på respektive försöksplats 2016-2020 redovisas i tabell 4a-d. Medeltemperaturen på försöksplatserna 2016–2020 i figur 2a-c

Tabell 4a. Nederbörd (mm) vid respektive försöksplats, 2016¹

Vallskörd	Ullberga, vallår 1	Järna, vallår 1	Kvinnersta 1, vallår 1
1	103	79	164
2	88	103	83
3	51	84	91
Tot	242	266	338

¹Data hämtad från väderstationerna i Floda (Ullberga), Berga (Järna) och Säbylund (Kumla, Kvinnersta) från 1 januari

Tabell 4b. Nederbörd (mm) vid respektive försöksplats 2017¹

Vallskörd	Ullberga, vallår 2	Järna, vallår 2	Kvinnersta 2, vallår 1
1	43	65	84
2	51	29	79
3	96	248	170
Tot	190	342	333

¹Data hämtad från väderstationerna i Floda (Ullberga), Berga (Järna) och Säbylund (Kumla, Kvinnersta) från 1 januari

Tabell 4c. Nederbörd (mm) vid respektive försöksplats 2018 och 2019¹

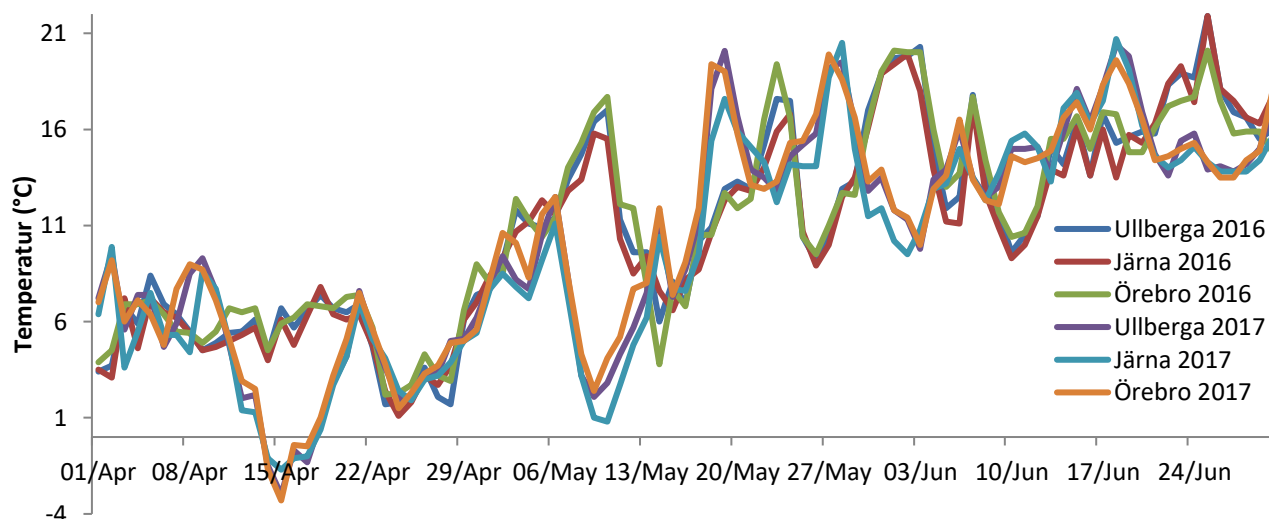
Vallskörd	Ullberga, vallår 3	Järna, vallår 3	Kvinnersta 2, vallår 2	Kvinnersta 2, vallår 3
1	115	134	123	140
2	55	40	43	62
3	48	92	141	34
Tot	218	266	307	236

¹Data hämtad från väderstationerna i Floda (Ullberga), Berga (Järna) och Säbylund (Kumla, Kvinnersta) från 1 januari

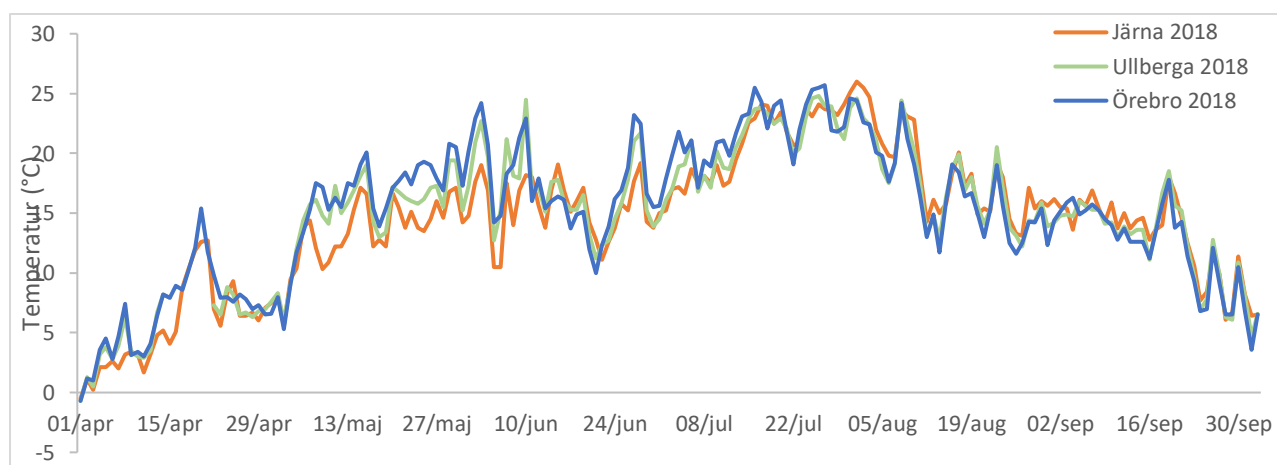
Tabell 4b. Nederbörd (mm) vid Ullberga försöksplats 2019 och 2020 för omsådden vallår 1 och 2 samt Kvinnersta försöksplats 2020¹ vid odling av höstvet efter vallbrott¹

Vallskörd	Ullberga 2, vallår 1	Ullberga 2, vallår 2	Kvinnersta 2, höstvet, 2020
1	174	135	
2	72	39	
3	101	51	
Tot	347	295	193

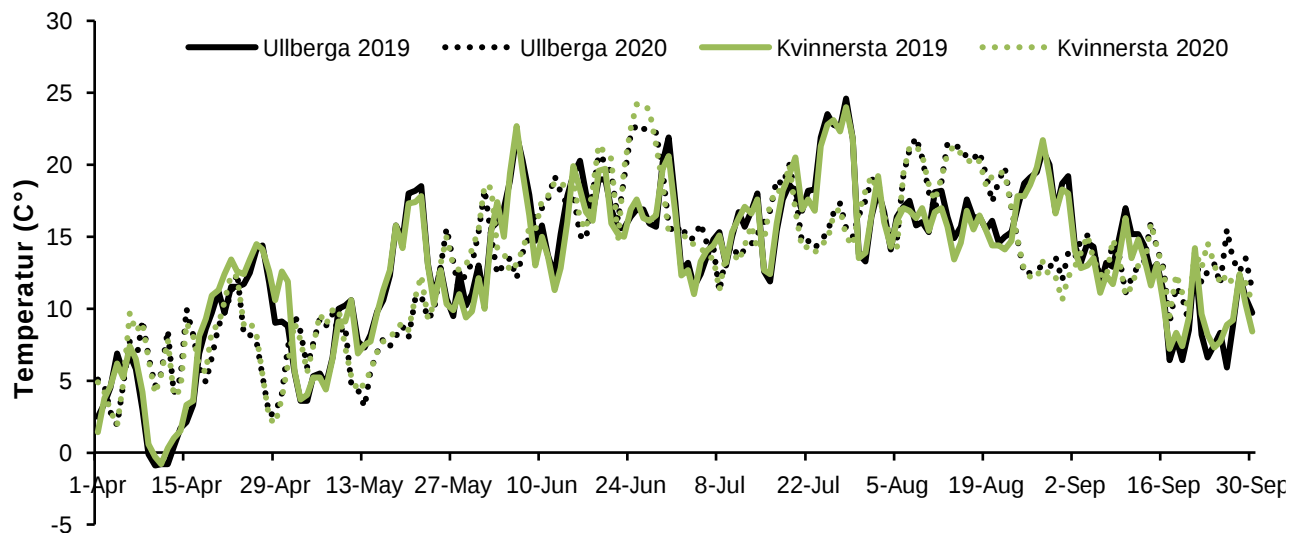
¹Data hämtad från väderstationerna i Floda (Ullberga) och Säbylund (Kumla, Kvinnersta) från 1 januari



Figur 2a. Temperatur april-juni 2016 och 2017 på försöksplatserna. Data hämtad från väderstationerna i Floda (Ullberga), Berga (Järna) och Säbylund (Kumla, Kvinnersta)



Figur 2b. Temperatur april-september 2018 på försöksplatserna. Data hämtad från väderstationerna i Floda (Ullberga), Berga (Järna) och Säbylund (Kumla, Kvinnersta)



Figur 2c. Temperatur april-september 2019 och 2020 på Ullberga och Kvinnersta. Data hämtad från väderstationerna i Floda (Ullberga) och Säbylund (Kumla, Kvinnersta)

2.9 Statistiska analyser

Resultaten bearbetades statistiskt med JMP 14.0 (SAS Institute, 2010). Enfaktoriella samt tvåfaktoriella variansanalyser (envägs- och tvåvägs-ANOVA) utfördes. Vid de statistiska beräkningarna för svampinnehållet i rötterna användes den naturliga logaritmen. Där analysvärdet var 0,00 användes värdet för en tiondel av del lägsta analysvärdet för den naturliga logaritmen $\ln(0+1/10x)$ vid beräkningarna. Regressionsanalyser utfördes för att beräkna interaktionen mellan yttre respektive inre sjukdomsindex för varje svampart fördelat på varje enskild gröda. Tukey's HSD test användes för att definiera vilka behandlingar som var signifikant skilda från varandra då p -värdet för F-testet var $<0,05$.

3. Resultat

3.1 Storparcellförsöket Ullberga

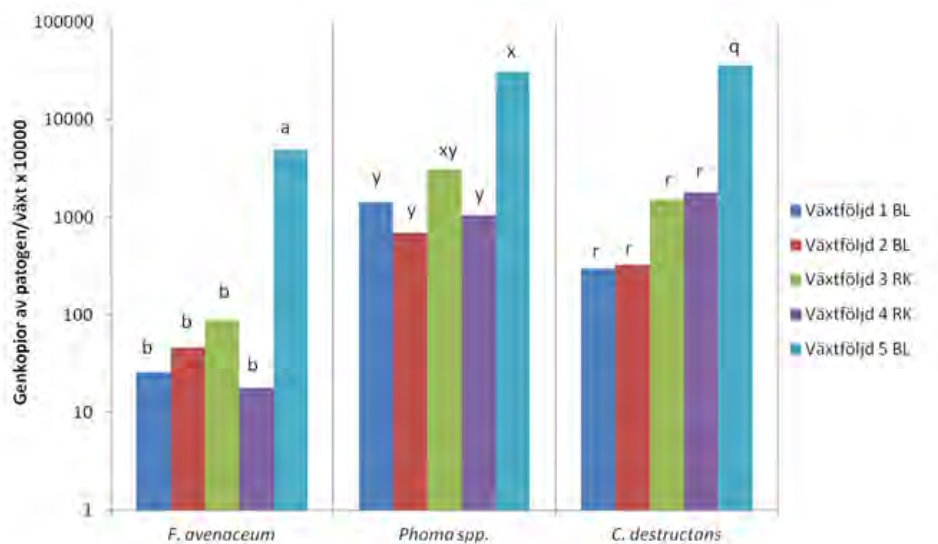
3.1.1 Rotgraderingar och PCR-analyser

Rödklöverplantorna hade i genomsnitt över samtliga år signifikant högre sjukdomsindex jämfört med blåusern i storparcellförsöket (tabell 5, figur 3). Under insåningsåret hade samtliga rödklöverplantor yttre och inre angreppssymtom medan 53 % av lusernplantorna hade yttre angrepp och 43 - 60% hade inre synliga angrepp med undantag av växtföljd 5. DNA analyserna 2015 av *F. avenaceum*, *C. destructans* och *Phoma* spp i baljväxtrötter redovisas i figur 4. Av *F. culmorum* var förekomsten ej detekterbar. Samtliga tre patogener förekom i alla växtföljder, det går inte att jämföra nivåerna mellan patogenerna. Växtföljd 5, gårdens egen växtföljd, visade signifikant högst antal DNA-kopior av samtliga svampar, men för *Phoma* spp, var mängden inte signifikant högre än växtföljd 3 (rödklöver).

Vallskördeår 1 och vallskördeår 2 visar rödklöver signifikant högre både yttre och inre angrepp jämfört med blåusern. I medeltal ökade angreppen hos samtliga baljväxter signifikant över tid. Under alla år, även vid omsådd av rödklöver efter blåusern, hade samtliga rödklöverplantor svåra yttre och inre angreppssymtom. Blåusernplantorna sådda efter rödklöver (led 4) hade signifikant högre angrepp, både yttre och inre, än de blåusernplantor som såddes efter blåusern (led 1). I medeltal ökade angreppen hos samtliga baljväxter signifikant över tid. I ledet med gårdens blandning (blåusern, led 5) fanns det mer av de patogena svamparna *Phoma* sp. och *C. destructans* än i de båda blåusernleden i tvåårsvallen (led 1 och 4; Figur 5). I rödklöverplantorna var det en större mängd av *C. destructans* oavsett om det var rödklöver eller blåusern som förfrukt. Vid jämförelse av hur de yttre och inre skadorna i korrelation med antal genkopior per växtgen i baljväxtrötter av *Phoma* spp och *C. destructans* (Figur 6) hade blåusern lägre sjukdomsindex vid en högre mängd svamppatogen under båda åren i andra omloppet på Ullberga 2019–2020.



Figur 3. Rötter av plantor skördade 9 september 2020 av A) rödklöver efter blålusern (Led 2), B) rödklöver efter rödklöver (Led 3), C) blålusern efter rödklöver (Led 4) som har delats vid gradering samt D) avbruten blålusernrot från Gårdens blandning i en femteårsvall (Led 5). Ullberga, 2020, vallår 2 (Led 1–4).



Figur 4. Antal genkopior per växtgen i baljväxtrötter av *Fusarium avenaceum*, *Phoma* spp respektive *Cylindrocarpon destructans* i de olika växtföljderna på Ullberga gård under insåningsåret 2015. BL = blålusern, RK = rödklöver. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$) inom varje svampart.

Tabell 5a. Yttre (_y) och inre (_i) sjukdomsindex (SI) och angreppsgrad (Angr), Ullberga anläggningsår till vallår 2 2015 – 2017 samt kvarliggande parcell gårdens blandning 2018.

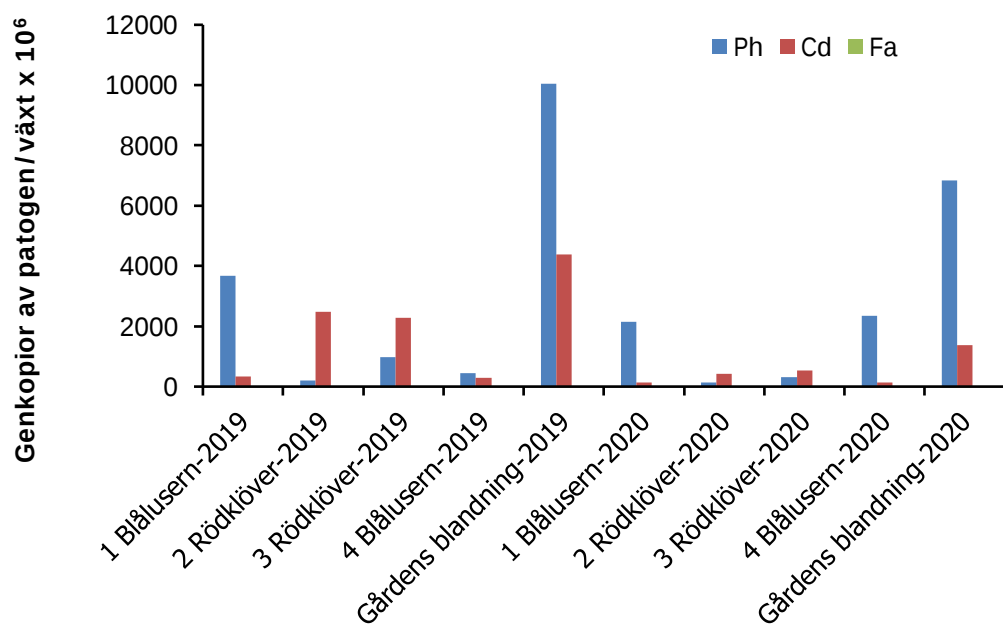
	SI _y	SI _i	Angr _y (%)	Angr _i (%)
Växtföljd, n=9				
1 Blålusen	29 c	21 b	84 b	78 b
2 Blålusen	33 bc	22 b	84 b	82 b
3 Rödklöver	56 a	41 a	100 a	100 a
4 Rödklöver	60 a	42 a	100 a	100 a
5 Gårdens blandning	41 b	27 b	100 a	99 a
<i>p</i>	<0,001	<0,001	0,002	<0,001
Vallår, n=15				
Insådd, 2015	26 c	25 c	81 b	81 b
Vallår 1, 2016	47 b	29 b	100 a	95 a
Vallår 2, 2017	58 a	37 a	100 a	99 a
<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Vallår x växtföljd, n=3				
Insådd, 2015				
1 Blålusen	13 e	11 f	53 b	43 c
2 Blålusen	13 e	15 ef	53 b	60 b
3 Rödklöver	32 de	32 cd	100 a	100 a
4 Rödklöver	40 cd	39 bc	100 a	100 a
5 Gårdens blandning	33 d	29 cd	100 a	100 a
Vallår 1, 2016				
1 Blålusen	33 d	23 def	100 a	90 a
2 Blålusen	42 cd	23 def	100 a	90 a
3 Rödklöver	58 bc	39 bc	100 a	100 a
4 Rödklöver	63 ab	38 bc	100 a	100 a
5 Gårdens blandning	42 cd	24 de	100 a	97 a
Vallår 2, 2017				
1 Blålusen	41 cd	30 cd	100 a	100 a
2 Blålusen	45 bcd	28 cd	100 a	97 a
3 Rödklöver	78 a	53 a	100 a	100 a
4 Rödklöver	78 a	49 ab	100 a	100 a
5 Gårdens blandning	49 bcd	27 cde	100 a	100 a
<i>p</i>	0,023	0,002	<0,001	<0,001
Variationskoefficient	14,5	13,7	11,5	5,6
Vallår 3, 2018				
5 Gårdens blandning vitklöver	33	33	68	97
5 Gårdens blandning blålusern	47	36	97	100
<i>p</i>	ns	ns	ns	ns

Ölika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$).

Tabell 5b. Yttre (γ) och inre (ι) sjukdomsindex (SI) och angreppsgrad (Angr), Ullberga 2 vallår 1 och 2, 2019 – 2020. Ledet med gårdens egen blandning (GB) är vallår 4 och 5.

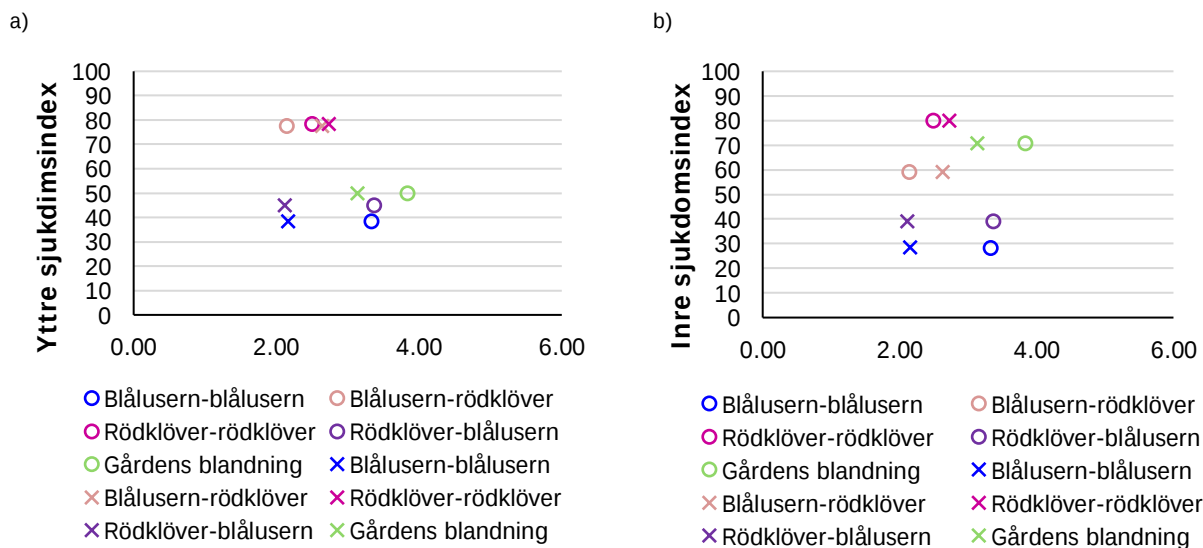
	SI $_{\gamma}$	SI $_{\iota}$	Angr $_{\gamma}$ (%)	Angr $_{\iota}$ (%)
Växtföljd, n=9				
1 Blåusern efter blåusern	38 b	25 b	80	97,5 b
2 Rödklöver efter blåusern	76 a	54 ab	98	100 b
3 Rödklöver efter rödklöver	77 a	69 a	98	100 a
4 Blåusern efter rödklöver	43 b	35 ab	93	100 a
5 Gårdens blandning	51 b	59 ab	95	99 a
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i>0,014</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>11,4</i>	<i>35,0</i>	<i>10,9</i>	<i>2,3</i>
Vallår, n=15				
Vallår 1, 2019	53 b	27 b	98	80 a
Vallår 2, 2020	58 a	56 a	100	97 a
<i>p-värde</i>	<i>ns</i>	<i>0,009</i>	<i>ns</i>	<i>0,002</i>
Vallår x växtföljd, n=3				
Vallår 1, 2019*				
1 Blåusern efter blåusern	35	15	90	60 a
2 Rödklöver efter blåusern	70	38	100	90 a
3 Rödklöver efter rödklöver	73	35	100	90 a
4 Blåusern efter rödklöver	35	23	100	80 a
5 Gårdens blandning, vitklöver	53	25	100	80 a
5 Gårdens blandning, blåusern	10	5	30	20
Vallår 2, 2020				
1 Blåusern efter blåusern	41 cd	30 cd	100 a	100 a
2 Rödklöver efter blåusern	45 bcd	28 cd	100 a	97 a
3 Rödklöver efter rödklöver	78 a	53 a	100 a	100 a
4 Blåusern efter rödklöver	78 a	49 ab	100 a	100 a
5 Gårdens blandning	49 bcd	27 cde	100 a	100 a
<i>p-värde</i>	<i>0,023</i>	<i>0,002</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>14,5</i>	<i>13,7</i>	<i>11,5</i>	<i>5,6</i>

I växtföljd 1-4 samodlas baljväxt med timotej (Lischka)= 8 kg /ha, rödklöver (SW Vicky) = 8 kg/ha samt blåusern (Power)= 17 kg/ha, Gårdens blandning: gårdens vallfröblandning, ekologisk betesblandning från Scandinavian Seed som grund (timotej, vitklöver, engelskt rajgräs, rödsvingel, ängsgröe och ängssvingel) som kompletterats med blåusern, käringtand och örter, totalt ca 20 arter, total utsädesmängd var 23 kg/ha. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p<0,05$). * endast en provruta med 10 plantor per parcell 2019, därav enbart medelvärde. Statistik beräknad för 2020.



Baljväxt-år

Figur 5. Antal genkopior per växtgen i baljväxtrötter av *Fusarium avenaceum*, *Phoma* spp respektive *Cylindrocarpon destructans* i de olika växtföljderna på Ullberga gård under 2019–2020. Led1: blåusern efter blåusern, Led 2: rödklöver efter blåusern, Led 3: rödklöver efter rödklöver, Led 4: blåusern efter rödklöver, Led 5: gårdens blandning med blåusern och vitklöver.



Figur 6. Korrelation mellan a) yttre sjukdomsindex (SI_V) och b) inre sjukdomsindex (SI_I) mot antal genkopior per växtgen i baljväxtrötter av *Phoma* spp (o) respektive *Cylindrocarpon destructans* (x) i de olika växtföljderna på Ullberga gård under 2019–2020. Logaritmerade värden för förekomsten av de patogena svamparna (y-axel).

3.1.2 Avkastning Ullberga 1, 2016 – 2018 och nyanlagd vall 2019 – 2020, Ullberga 2.

Fördelningen av växtart var ungefär densamma för varje insådd baljväxt under vallår 1 och 2 förutom att rödklöverandelen minskat under andra vallåret i Ullberga 2. (Tabell 6). Över lag var vallskördarna av blålusern och gårdens blandning signifikant högre än leden med rödklöver, liksom torrsubstanshalten än växtföljderna med rödklöver (Tabell 7a för omgång 1; Tabell 7b för omgång 2). Blålusernleden har gett högst totalskörd, men skiljer sig inte signifikant från leden med rödklöver. Försöksleden med gårdens egen vallfröblandning gav lägst skörd. Skördarna var signifikant lägre i medeltal vallskördeår 2 jämfört med vallskördeår 1 (Tabell 7a). Under 2018 skördades endast gårdens egen blandning (Tabell 7a) då denna del av fältet lämnades oplöjt. Baljväxterna dominerade och utgjorde 54 % i vallskörd 1, 100 % i vallskörd 2 och 68 % i vallskörd 3.

Skördedatum för vallår 1 på Ullberga 2 var 8 juni, 19 juli samt 21 september och under 2020 var skördedatumen 10 juni, 19 juli samt 9 september. Tillväxten i storparcellsförsöken varierade mellan arterna där rödklöver och timotej var spensliga 8 september 2020 (Figur 7).



Figur 7. Ullberga 2 vallår 2 2020. Lusern odlad efter lusern i förgrunden (Led 1), två storrutor med rödklöver följt av storruta med tvåårig lusern och slutligen gårdens blandning med blommande lusern i bakgrunden hitom allén den 8 september 2020. Foto; Eva Edin

Tabell 6. Botanisk sammansättning (%) vid skörd av vallår 1-3 2016-2018 för Ullberga 1 och vallår 1-2 för Ullberga 2, 2019-2020.

Växtföljd	Vallskörd 1		Vallskörd 2		Vallskörd 3	
	Baljväxt	Gräs	Baljväxt	Gräs	Baljväxt	Gräs
2016						
1.Blåusern	95	5	96,4 a	3,6 b	98,0 a	2,0 b
2.Blåusern	95	5	98,4 a	1,6 b	98,1 a	1,9 b
3.Rödklöver	95	5	98,8 a	1,2 b	99,0 a	1,0 b
4.Rödklöver	95	5	95,8 a	4,2 b	98,7 a	1,3 b
5.Gårdens blandning	-	-	43,5 b	16,4 a	76,8 b	32,9 a
<i>p-värde</i>	-	-	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>0,005</i>	<i>0,011</i>
<i>Variationskoefficient</i>	-	-	<i>5,2</i>	<i>51,4</i>	<i>6,6</i>	<i>128,5</i>
2017						
1.Blåusern	81	19			98	2
2.Blåusern	83	17			98	2
3.Rödklöver	87	13			99	1
4.Rödklöver	87	13			99	1
5.Gårdens blandning	80	20	84	16	78	22
2018						
5.Gårdens blandning	54	46	100	0	68	32
2019, Ullberga 2						
1.Blåusern	98	2	100	0	100	0
2.Rödklöver	99	1	100	0	97	3
3.Rödklöver	99	1	76	24	100	0
4.Blåusern	95	1	100	0	100	0
5.Gårdens blandning	37	62	83	17	85	15
2020, Ullberga 2						
1.Blåusern	100	0	100	0	100	0
2.Rödklöver	81	1	100	0	97	3
3.Rödklöver	69	1	83	24	100	0
4.Blåusern	100	0	56	0	100	0
5.Gårdens blandning	44	62	97	17	85	15

I växtföljd 1-4 samodlas baljväxt med timotej (Lischka)= 8 kg /ha, rödklöver (SW Vicky) = 8 kg/ha samt blåusern (Power)= 17 kg/ha, Gårdens blandning: gårdens vallfröblandning, ekologisk betesblandning från Scandinavian Seed som grund (timotej, vitklöver, engelskt rajgräs, rödsvingel, ängsgröe och ängssvingel) som kompletterats med blåusern, käringtand och örter, totalt ca 20 arter, total utsädesmängd var 23 kg/ha.

Tabell 7a. Avkastning och torrsbstanshalt (TS) vallår 1 och 2 i de fem olika växtföljderna, Ullberga 1 2016-2017 samt vallår 3 för gårdens egen blandning 2018.

Behandling	Vallskörd 1 (kg ts ha ⁻¹)	TS 1 (%)	Vallskörd 2 (kg ts ha ⁻¹)	TS 2 (%)	Vallskörd 3 (kg ts ha ⁻¹)	TS 3 (%)	Tot skörd (kg ts ha ⁻¹)	Medel TS (%)
Växtföljd								
1 Blåusern efter blåusern	3926	19,3 a	5305 a	27,4 a	3553	27,4	12784 a	24,8 a
2 Rödklöver efter blåusern	3775	18,9 a	5055 a	25,7 ab	3368	28,2	12198 ab	24,3 b
3 Rödklöver efter rödklöver	4262	13,9 b	4118 bc	23,0 ab	3220	26,4	11599 ab	21,2 c
4 Blåusern efter rödklöver	4316	14,9 b	3531 c	18,4 b	3380	25,6	11227 ab	19,7 c
5. Gårdens blandning	3163	20,4 a	4515 a	30,8 a	3006	29,2	10271 b	26,6 a
<i>p-värde</i>	<i>ns</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>0,002</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>0,011</i>	<i><0,001</i>
Vallår								
Vallår 1, 2016	4067	19,2 a	5464 a	26,5	4160 a	34,3 a	13526 a	26,6 a
Vallår 2, 2017	3709	15,8 b	3545 b	23,6	2451 b	20,5 b	9705 b	20,1 b
<i>p-värde</i>	<i>ns</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>ns</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>
Vallår x växtföljd								
Vallår 1, 2016								
1 Blåusern efter blåusern	3885	20,4	6210	28,9	4760 a	33,6	14855	27,6
2 Rödklöver efter blåusern	3750	20,8	6210	28,1	4595 a	33,9	14555	27,6
3 Rödklöver efter rödklöver	4690	15,7	4935	22,2	3900 ab	33,6	13525	23,8
4 Blåusern efter rödklöver	4745	17,5	4715	18,8	4220 ab	33,4	13680	23,2
5. Gårdens blandning	3265	21,4	5250	34,6	3325 bc	37,0	11015	30,5
Vallår 2, 2017								
1 Blåusern efter blåusern	3967	18,2	4400	25,9	2347 cd	21,2	10713	21,9
2 Rödklöver efter blåusern	3800	16,9	3900	23,3	2140 d	22,6	9840	21,0
3 Rödklöver efter rödklöver	3833	12,1	3300	23,8	2540 cd	19,2	9673	18,5
4 Blåusern efter rödklöver	3887	12,3	2347	17,9	2540 cd	17,8	8773	16,1
5. Gårdens blandning	3060	19,4	3780	26,9	2687 cd	21,5	9527	22,7
<i>p-värde</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>0,001</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>19,9</i>	<i>11,9</i>	<i>11,7</i>	<i>20,1</i>	<i>10,5</i>	<i>13,3</i>	<i>10,4</i>	<i>8,9</i>
Vallår 3, 2018								
5. Gårdens blandning	2187		3223		3940		9350	

Datum för skörd 2016, klippning 1: 4 juni, klippning 2: 19 juli, klippning 3: 25 augusti. Datum för skörd 2017, klippning 1: 6 juni, klippning 2: 17 juli, klippning 3: 2 september. Datum för skörd 2018, klippning 1: 30 maj, klippning 2: 16 juli, klippning 3: 11 september. I växtföljd 1-4 samodlas baljväxt med timotej (Lischka)= 8 kg /ha, rödklöver (SW Vicky) = 8 kg/ha samt blåusern (Power)= 17 kg/ha, Gårdens blandning: gårdens vallfröblandning, ekologisk betesblandning från Scandinavian Seed som grund (timotej, vitklöver, engelskt rajgräs, rödsvingel, ängsgröe och ängssvingel) som kompletterats med blåusern, käringtand och örter, totalt ca 20 arter, total utsädesmängd var 23 kg/ha. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$).

Tabell 7b. Avkastning och torrsubstans (ts) vallår 1 och 2 för växtföljderna 1-4, Ullberga 2, 2019-2020. Ledet med gårdens egen blandning (GB) är vallår 4 och 5

Behandling	Vallskörd 1 (kg ts ha-1)	TS 1 (%)	Vallskörd 2 (kg ts ha-1)	TS 2* (%)	Vallskörd 3 (kg ts ha-1)	TS 3 (%)	Tot skörd (kg ts ha-1)	Medel TS*
Växtföljd, två år								
1 Blåusern efter blåusern	6337 a	22,9	3493 a	28,4 a	3300 a	26,4	13130 a	25,4
2 Rödklöver efter blåusern	4843 bc	19,2	1403 bc	25,0 b	1343 b	27,0	7590 c	23,5
3 Rödklöver efter rödklöver	4783 c	22,3	1060 c	26,6 ab	1020 b	30,7	6863 c	26,5
4 Blåusern efter rödklöver	6210 ab	22,0	3883 a	28,5 a	3143 a	25,3	13237 a	24,6
5 Gårdens blandning	4857 bc	25,5	3020 ab	26,5 ab	2487 a	26,2	10363 b	26,0
<i>p-värde</i>	<i>0,008</i>	<i>ns</i>	<i><0,001</i>	<i>0,007</i>	<i><0,001</i>	<i>ns</i>	<i><0,001</i>	<i>ns</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>38,2</i>	<i>18,3</i>	<i>42,9</i>	<i>3,6</i>	<i>21,3</i>	<i>19,4</i>	<i>12,9</i>	<i>19,4</i>
Vallår								
Vallår 1, 2019	5068	20,4	3459	27,0	2279	23,5 b	10805 a	23,4 b
Vallår 2, 2020	5744	24,4	1685	-	2239	30,7 a	9668 b	27,6 a
<i>p-värde</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>		<i>ns</i>	<i><0,001</i>	<i>ns</i>	<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>19,0</i>	<i>17,3</i>	<i>48,9</i>		<i>45,0</i>	<i>19,4</i>	<i>55,0</i>	<i>17,9</i>
Vallår x växtföljd								
Vallår 1, Ullberga 2 2019								
1 Blåusern efter blåusern	5433 abc	22,3 ab	4240 ab	28,4 a	2873 ab	23,3 c	12547 a	24,7 b
2 Rödklöver efter blåusern	4867 bc	16,4 b	2273 d	25,0 b	1467 c	22,7 c	8607 b	21,4 b
3 Rödklöver efter rödklöver	4500 c	17,0 ab	1767 def	26,6 ab	1100 c	22,7 c	7367 b	22,1 b
4 Blåusern efter rödklöver	5693 abc	23,1 ab	4893 a	28,5 a	3047 ab	24,4 bc	13633 a	25,4 b
5. Gårdens blandning	4847 bc	23,1 ab	4120 abc	26,5 ab	2907 ab	24,5 bc	11873 a	24,7 b
Vallår 2, Ullberga 2 2020								
1 Blåusern efter blåusern	7240 a	23,6 ab	2747 cd		3727 a	29,4 bc	13713 a	26,5 ab
2 Rödklöver efter blåusern	4820 bc	22,0 ab	533 ef		1220 c	31,3 b	6573 b	26,7 ab
3 Rödklöver efter rödklöver	5067 bc	27,7 a	353 f		940 c	38,7 a	6360 b	33,2 a
4 Blåusern efter rödklöver	6727 ab	20,9 ab	2873 bcd		3240 ab	26,3 bc	12840 a	23,6 b
5. Gårdens blandning	4867 bc	27,8 a	1920 de		2067 bc	27,9 bc	8853 b	27,9 ab
<i>p-värde</i>	<i>0,002</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>		<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>13,5</i>	<i>12,4</i>	<i>18,4</i>		<i>18,4</i>	<i>9,3</i>	<i>50,0</i>	<i>16,2</i>

* Ingen torrsubstansberäkning gjordes vallskörd 2 2020. Datum för skörd 2019, klippning 1: 8 juni, klippning 2: 29 juli; klippning 3: 21 september. Datum för skörd 2020, klippning 1: 10 juni, klippning 2: 19 juli, klippning 3: 9 september. I växtföljd 1-4 samodlas baljväxt med timotej (Lischka)= 8 kg /ha, rödklöver (SW Vicky) = 8 kg/ha samt blåusern (Power)= 17 kg/ha. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p<0,05$).

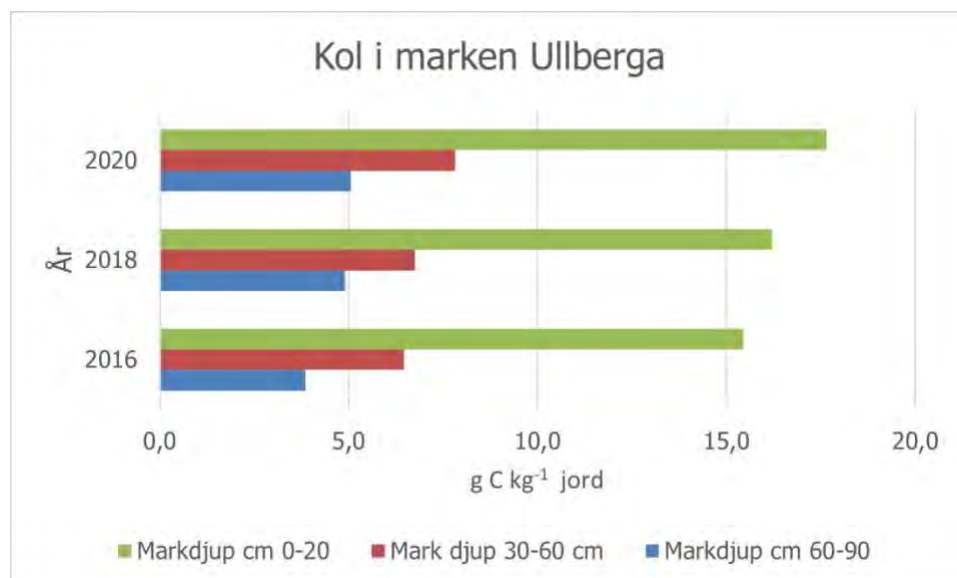
3.1.3 Förändring av total kolhalt i markprofilen i Ullberga

Vid undersökning av den totala kolhalten i marken påvisades en ökning såväl i matjorden som i alven mellan åren 2016–2020 enligt Tabell 8. Medelvärde av led 1 och 3 för 0–20 cm respektive 60–90 cm samt medelvärde av led 2 och 4 för 30–60 cm framgår av Figur 4. Ökning hade skett både matjorden och alven mellan åren 2016 och 2018 och 2020 i både blåusern och klöver. Markprovet taget i blåusern 0–20 cm bedöms som felaktigt med en lägre mullhalt än i övriga prov och analysvärdena har tagits bort för detta prov vid den fortsatta databehandlingen. I led 5 med gårdens blandning skedde inget vallbrott 2018 och nedbrukning skedde liksom i övriga led först 2020 efter fem år.

Tabell 8. Analys av total kolhalt (TOC) i markprofilen för vallår 1 Ullberga 1 (2016) samt insåningsåret (2018) och vallår 2 (2020) för Ullberga 2

Växtföljd	Total kolalt i marken (TOC) (kg)								
	0-20 cm			30-60 cm			60-90 cm		
	2016	2018	2020	2016	2018	2020	2016	2018	2020
1. Blåusern 2015 + blåusern 2018	15,4	10,5	17,1	-	-	-	3,8	3,6	4,8
2. Blåusern 2015+ rödklöver 2018	-	-	-	6,0	6,3	6,8	-	-	-
3. Rödklöver 2015+ rödklöver 2018	15,5	16,2	17,5	-	-	-	3,9	4,9	5,1
4. Rödklöver 2015+ blåusern 2018	-	-	-	7,0	7,2	8,4	-	-	-
5. Gårdens blandning 2015	16,6	16,0	18,3	-	-	-	4,3	4,0	5,7

I växtföljd 1-4 samodlas baljväxt med timotej (Lischka) = 8 kg/ha, rödklöver (SW Vicky) = 8 kg/ha samt blåusern (Power) = 17 kg/ha, Gårdens blandning: gårdens vallfröblandning, ekologisk betesblandning från Scandinavian Seed som grund (timotej, vitklöver, engelskt rajgräs, rödsvingel, ängsgröe och ängssvingel) som kompletterats med blåusern, käringtand och örter, totalt ca 20 arter, total utsädesmängd var 23 kg/ha.



Figur 8. Förändring av halten av total kolmängd vid storparcellförsöket på Ullberga mellan åren 2016–2020. Medelvärde av led 1 och 3 för 0–20 cm respektive 60–90 cm samt medelvärde av led 2 och 4 för 30–60 cm. Led 1: blåusern sådd 2015 + blåusern sådd 2018. Led 2: rödklöver 2015+ blåusern 2018. Led 3. Rödklöver 2015+ rödklöver 2018. Led 4: Blåusern 2015+ rödklöver 2018

3.2 Fältförsök

3.2.1 Rotgraderingar och Realtids qPCR-analyser

3.2.1.1 Insåningsåret 2015

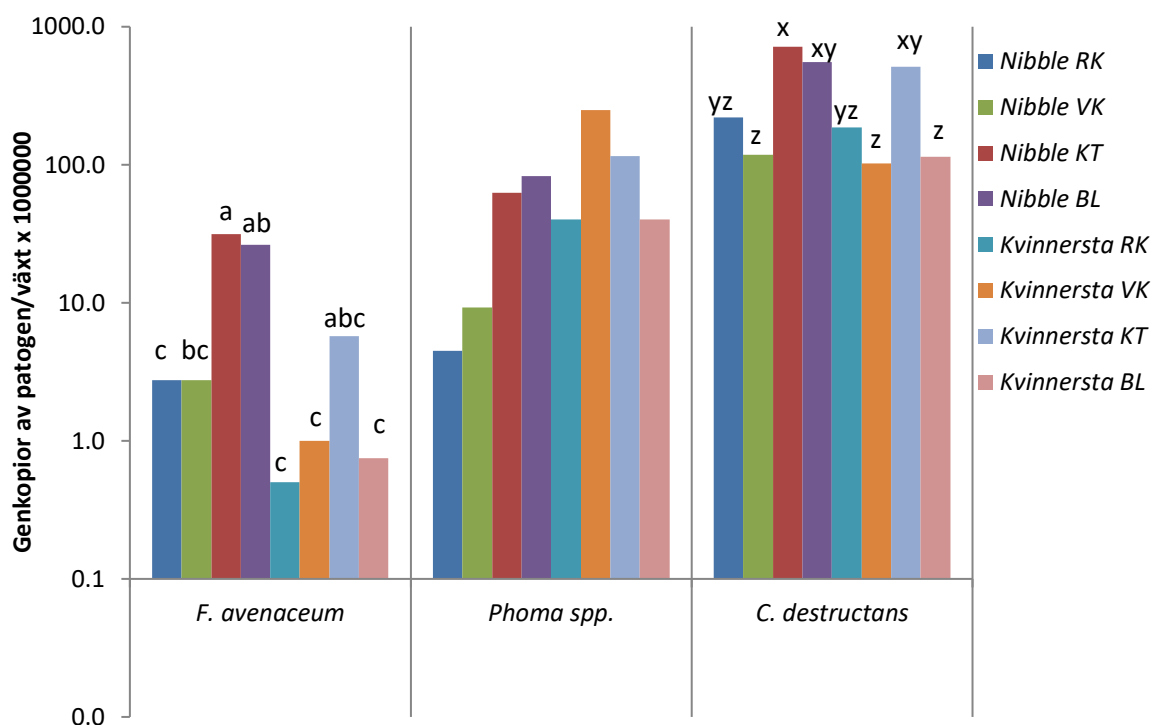
Sjukdomsindex (SI) och angreppsgrad av rotröta var i genomsnitt signifikant högre på Nibble jämfört med på Kvinnersta 1 insåningsåret 2015 (Tabell 9). Rödklöverrötterna hade signifikant högre SI än övriga baljväxter på båda platserna. Angreppsgraden var högre på Nibble än på Kvinnersta, men det fanns inga skillnader i angreppsgrad mellan de olika baljväxterarna.

Tabell 9. Yttre (y) och inre (i) sjukdomsindex (SI) och procent angripna plantor (inre skador) i de olika behandlingarna i fältförsöken på Nibble och Kvinnersta 1 hösten insåningsåret

	SI _y	Angry (%)	SI _i	Angri (%)
Plats				
Nibble	30 a	96 a	21 a	81 a
Kvinnersta	8 b	31 b	5 b	20 b
<i>P-värde (plats)</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>0,002</i>
Behandling				
A. Rödklöver + timotej	27 a	64	20 a	45
B. Vitklöver + timotej	15 b	59	12 b	48
C. Kärtingtand + timotej	17 b	66	10 b	54
D. Blålusern + timotej	17 b	65	11 b	56
<i>p-värde (behandling)</i>	<i><0,001</i>	<i>ns</i>	<i>0,0012</i>	<i>ns</i>
Plats x behandling				
Nibble Rödklöver + timotej	39	93	26	70 abc
Nibble Vitklöver + timotej	26	100	19	85 ab
Nibble Kärtingtand + timotej	28	93	18	73 ab
Nibble Blålusern + timotej	27	98	21	98 a
Kvinnersta Rödklöver + timotej	15	35	13	20 cd
Kvinnersta Vitklöver + timotej	4	18	4	10 d
Kvinnersta Kärtingtand + timotej	6	40	1	35 bcd
Kvinnersta Blålusern + timotej	6	33	2	15 d
<i>p-värde (plats x beh)</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>0,025</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>17,4</i>	<i>20,6</i>	<i>34,3</i>	<i>29,5</i>

Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$)

DNA analyserna av prover från november 2015 visar att nivåerna av *F. avenaceum* var högst i kärtingtand och blålusern på Nibble och i kärtingtand på Kvinnersta 1 (Figur 9). För *Phoma* spp. fanns inga signifikanta skillnader mellan plats eller baljväxtart, men tendenser till högst antal genkopior fanns i kärtingtand och blålusern på Nibble och högst värde i Kvinnersta 1 fanns i vitklöver. Mängd genkopior av *C. destructans* var också högst i kärtingtand och blålusern på Nibble och på Kvinnersta var mängden högst i kärtingtand. Det går inte att jämföra nivåerna mellan de olika patogenerna, men resultatet visar tydligt att *Phoma* spp och *C. destructans* är de dominerande patogenerna



Figur 9. Förekomst av *Fusarium avenaceum*, *Phoma* spp och *Cylindrocarpon destructans* i baljväxtrötter samodlade med timotej i plantor från försöken på Nibble och Kvinnersta 1 november 2015. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$) inom varje sjukdom. RK = rödklöver, Tim = timotej, VK = vitklöver, KT = käringtand, BL = blålusern

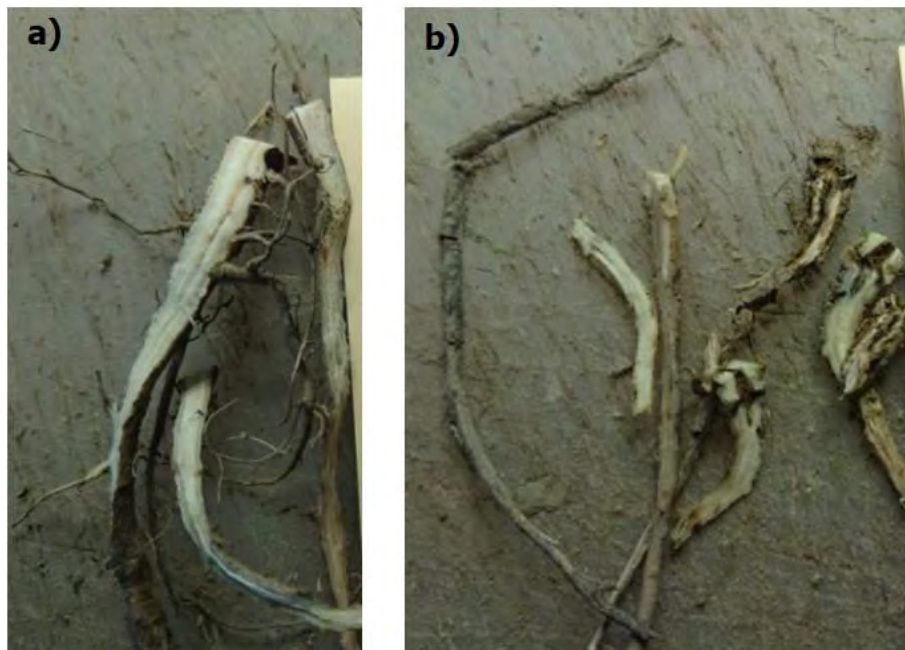
3.2.1.2 Nibble Gård i Järna

Inre och yttre sjukdomsindex och angreppsgrad av rotröta för samtliga år i försöket i Järna redovisas i tabell 10. Rödklöver hade generellt högst sjukdomsindex (SI_Y och SI_I) tillsammans med vitklöver. Sjukdomsindex (SI_Y och SI_I) ökade över tid. Angreppsgraden var hög redan insåningsåret i samtliga baljväxter. Figur 10a) visar rotstorlek och sjukdomsangrepp hos de olika baljväxterna i november 2017. Figur 10b) visar plantstorlek och yttre färg på rötter av rödklöver och blålusern. I Figur 11 visas angreppen i rötter från a) käringtand och b) vitklöver.

Alla analyserade patogener förekom i samtliga baljväxter och variationerna var stora (Tabell 11). Förekomsten insåningsåret var liknande i alla fyra baljväxter. Samma mönster syns i vallår 1, men antal genkopior minskade av *C. destructans* i blålusern. I rötter av vitklöver var förekomsten av *F. avenaceum* och *C. destructans* högst vallår 2. Den största mängden genkopior av *Phoma* spp. fanns i vitklöver och blålusern, mängden ökade över tid. Det fanns klara interaktioner mellan yttre och inre sjukdomsindex för vitklöver för samtliga analyserade svamparter (Tabell 12). Yttre och inre sjukdomsindex och angreppsgraden var signifikant högre i rödklöver än de andra baljväxter. Inre angrepp och sjukdomsindex ökade över tid i samtliga baljväxter med högst angrepp under vallår 2 (Figur 12 för SI_I). För rödklöver fanns dessa samband för av *Phoma* spp och *C. destructans* medan det var ett negativt samband för det yttre sjukdomsindexet för käringtand och *C. destructans*. Det var endast ett samband mellan inre sjukdomsindex och mängden *Phoma* spp. i rötterna.



Figur 10. a) Rötter av A = rödklöver, B = vitklöver, C = käringtand, D = Blåusern. b) plantor av A-B = rödklöver, C-D = blåusern. Plantor från Järnaförsöken november 2017



Figur 11. Delade rötter för gradering av rotskador i a) käringtand och b) vitklöver

Tabell 10. Yttre (y) och inre (i) sjukdomsindex (SI) och angreppsgrad (Angr), Nibble 2015–2018

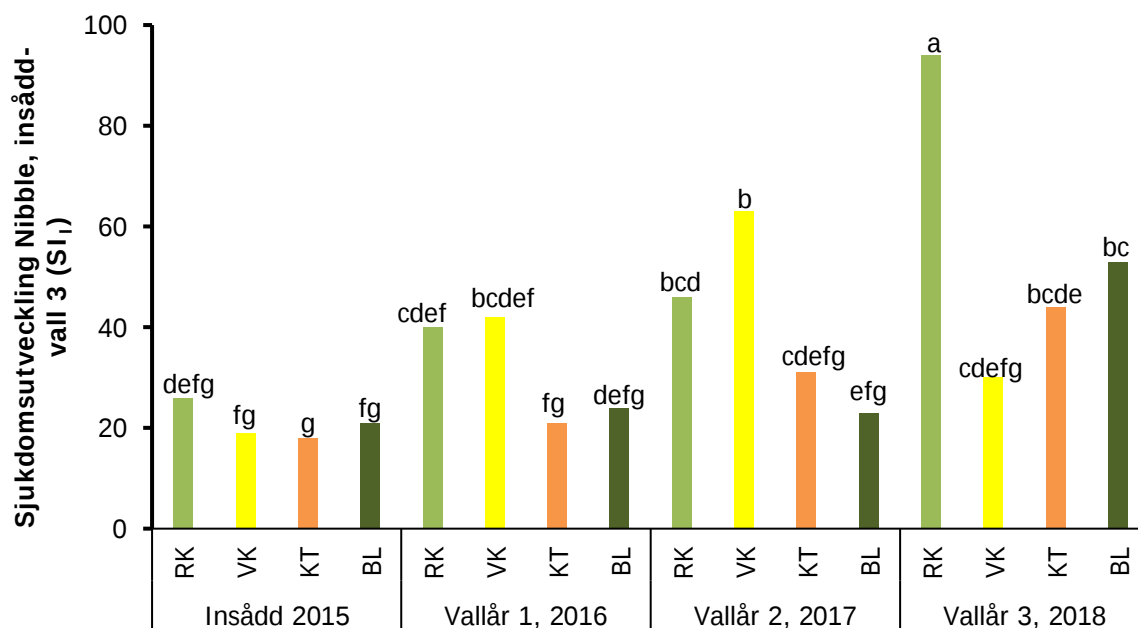
Behandling	SI _y	SI _i	Angr _y (%)	Angr _i (%)
Baljväxtart, n=16				
A. Rödklöver + timotej	63 a	52 a	98	93
B. Vitklöver + timotej	47 ab	39 ab	97	92
C. Kåringtand + timotej	34 b	29 b	92	89
D. Blålusern + timotej	36 b	30 b	90	86
<i>p</i> -värde	<0,001	0,005	ns	ns
Vallår, n=16				
Insådd, 2015	30 b	21 c	96	81
Vallår 1, 2016	45 ab	32 bc	99	93
Vallår 2, 2017	55 a	41 ab	91	93
Vallår 3, 2018	49 a	55 a	93	93
<i>p</i>	0,003	<0,001	ns	ns
Vallår x baljväxtart, n=4				
Insådd, 2015				
A. Rödklöver + timotej	39 de	26 defg	93 ab	70 a
B. Vitklöver + timotej	26 de	19 fg	100 a	85 a
C. Kåringtand + timotej	28 de	18 g	93 ab	73 a
D. Blålusern + timotej	27 de	21 fg	98 ab	98 a
Vallår 1, 2016				
A. Rödklöver + timotej	53 bcd	40 cdefg	100 a	98 a
B. Vitklöver + timotej	47 bcde	42 bcdef	98 ab	98 a
C. Kåringtand + timotej	41 de	21 fg	98 ab	83 a
D. Blålusern + timotej	39 de	24 defg	100 a	93 a
Vallår 2, 2017				
A. Rödklöver + timotej	69 abc	46 bcd	100 a	100 a
B. Vitklöver + timotej	74 ab	63 b	100 a	90 a
C. Kåringtand + timotej	46 cde	31 cdefg	93 ab	100 a
D. Blålusern + timotej	32 de	23 efg	70 b	80 a
Vallår 3, 2018				
A. Rödklöver + timotej	89 a	94 a	100 a	88 a
B. Vitklöver + timotej	41 de	30 cdefg	93 ab	100 a
C. Kåringtand + timotej	22 e	44 bcde	78 ab	100 a
D. Blålusern + timotej	45 cde	53 bc	100 a	83 a
<i>p</i> -värde	<0,001	<0,001	0,012	0,018
Variationskoefficient	24,4	24,3	12,0	15,0

Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$)

Tabell 11. PCR analyser av patogenerna *Fusarium avenaceum* (*Fa*), *Phoma* spp, (*Ph*) och *Cylindrocarpon destructans* (*Cd*) uttryckt som genkopior av patogen per växtgen x 1 000 000, Nibble 2015–2018

Behandling	PCR <i>Fa</i>	PCR <i>Ph</i>	PCR <i>Cd</i>
(Genkopior av patogen växt ⁻¹ x 1 000 000)			
Baljväxtart, n=16			
A. Rödklöver + timotej	1,13 b	70 c	1 087 a
B. Vitklöver + timotej	129 a	858 b	1 863 a
C. Käringtand + timotej	8,46 c	74 bc	867 a
D. Blålusern + timotej	6,69 c	10 510 a	238 b
<i>p</i> -värde	<0,001	<0,001	<0,001
Vallår, n=16			
Insådd, 2015	16 a	40 b	40 b
Vallår 1, 2016	0,98 c	81 c	68 c
Vallår 2, 2017	125 b	1 159 a	1 983 a
Vallår 3, 2018	2,88 bc	774 a	1 602 a
<i>p</i>	<i>p</i> <0,001	<0,001	<0,001
Vallår x baljväxtart, n=4			
Insådd, 2015			
A. Rödklöver + timotej	2,81 cde	4,5 g	221 bcdef
B. Vitklöver + timotej	2,75 bcd	10 fg	118 cdef
C. Käringtand + timotej	32 ab	63 defg	717 abc
D. Blålusern + timotej	26 ab	83 efg	553 abcd
Vallår 1, 2016			
A. Rödklöver + timotej	0,00 e	25 ef	31 f
B. Vitklöver + timotej	3,58 bcd	31 defg	57 def
C. Käringtand + timotej	0,35 cde	46 def	183 bcdef
D. Blålusern + timotej	0,00 e	220 bcde	2,00 g
Vallår 2, 2017			
A. Rödklöver + timotej	0,25 de	76 defg	333 abcde
B. Vitklöver + timotej	498 a	2 956 ab	6 887 a
C. Käringtand + timotej	1,50 bcde	130 cde	675 abcde
D. Blålusern + timotej	0,50 de	1474 abc	67 ef
Vallår 3, 2018			
A. Rödklöver + timotej	1,55 cde	175 bcde	3762 a
B. Vitklöver + timotej	9,58 abc	435 abcd	422 abcd
C. Käringtand + timotej	0,78 cde	58 defg	1892 ab
D. Blålusern + timotej	0,00 e	2 427 a	330 abcdef
<i>p</i> -värde	<0,001	<0,001	<0,001
Variationskoefficient	323	20	19

Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$). Data transformerades genom roten ur.



Figur 12. Sjukdomsutveckling (SI) från insådd i 2015 till vallår 3 i 2018 vid försöksplatsen i Nibble, Järna. RK= rödklöver, VK= vitklöver, KT= Käringtand, BL= blålusern.

Tabell 12. Korrelation mellan antal kopior av *Fusarium avenaceum*, (F.a.), *Phoma* spp. respektive *Cylindrocarpon destructans* (C.d.) och ytte (y) samt inre (i) sjukdomsindex (SI) för planter analyserade från insådningsåret 2015 till vallår 3 (2018) för Järna.

	F.a.		Phoma spp.		C.d.	
	SI _y	SI _i	SI _y	SI _i	SI _y	SI _i
1. Rödklöver	ns	ns	<0,001	0,002	0,003	0,001
2. Vitklöver	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,006
3. Käringtand	ns	ns	ns	ns	0,005*	ns
4. Blålusern	0,032	ns	ns	0,026	ns	ns

ns=ej signifikant korrelation.* omvänd signifikans: lägre SI_y vid högre antal genkopior

3.2.1.2 Kvinnersta 2, anlagt 2016

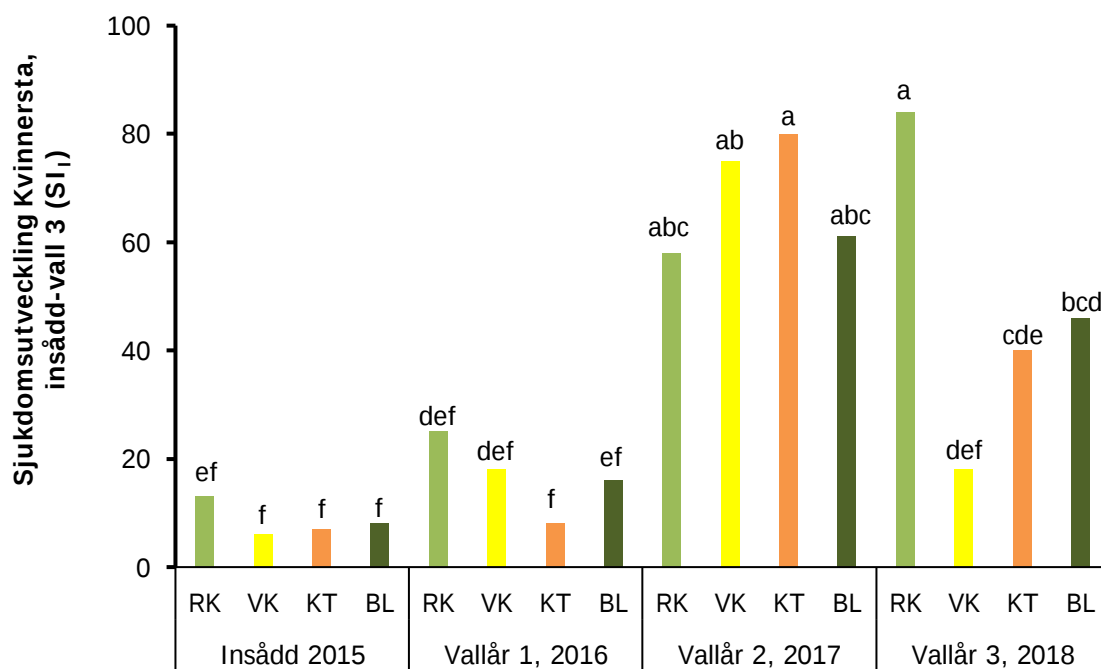
Sjukdomsindex och angreppsgrad av rottröta i Kvinnerstaförsöket som anlades 2016 redovisas i tabell 13 och bilder på skadade rötter av rödklöver och lusern visas i Figur 13. Inre och yttre sjukdomsindex och angreppsgraden var signifikant högre i rödklöver än de andra baljväxterarna. Inre angrepp och sjukdomsindex ökade över tid i samtliga baljväxter (Figur 14).

De undersökta patogenerna förekom i samtliga baljväxter på Kvinnerstaförsöket (Tabell 14). Vitklöver hade högst förekomst av *F. avenaceum* och sammanlagt var det högst förekomst under vallår 2, 2018. Variationerna var stora för mängden av *Phoma* där vitklöver och lusern hade högst värden och de två senare vallskördeåren hade betydligt högre förekomst av *Phoma*. För *C. destructans* var variationerna ännu större där lusern hade signifikant lägst

mängd svampmycel och sammantaget var det stor variation mellan åren med de numerärt högsta värdena under vallår 2, 2018. Det var ett starkt samband mellan yttre och inre sjukdomsindex för vitklöver med alla tre arterna (Tabell 15). För rödklöver var det endast ett samband för Sly och Sli för *F. avenaceum*.



Figur 13. Rötter av a) rödklöver och b) blålusern som har delats vid gradering. Kvinnersta 2, 2019, vallår 3.



Figur 14. Sjukdomsutveckling (SII) från insådd 2016 till vallår 3 2019 vid försöksplatsen i Kvinnersta. RK= rödklöver, VK= vitklöver, KT= Käringtand, BL= blålusern.

Tabell 13. Yttre (_y) och Inre (_i) sjukdomsindex (SI) och angrepp (Angr), Kvinnersta 2, 2016-2019

Behandling	SI _y	SI _i	Angr _y (%)	Angr _i (%)
Baljväxtart ¹ , n=12				
A. Rödklöver + timotej	47 a	45 a	95 a	81 a
B. Vitklöver + timotej	32 b	29 b	76 b	57 b
C. Käringtand + timotej	28 b	34 b	66 b	62 b
D. Blålusern + timotej	29 b	33 b	76 b	72 ab
<i>p</i>	<i><0,001</i>	<i>0,002</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>
Vallår, n=16				
Insådd , 2016	21 c	8 c	66 b	33 c
Vallår 1, 2017	24 bc	17 c	64 b	55 b
Vallår 2, 2018	54 a	68 a	99 a	97 a
Vallår 3, 2019	37 b	47 b	85 a	88 a
<i>p</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>
Vallår x baljväxtart, n=4				
Insådd, 2016				
A. Rödklöver + timotej	38 abc	13 ef	100 a	50 de
B. Vitklöver + timotej	16 bc	6 f	60 ab	23 e
C. Käringtand + timotej	13 c	7 f	45 b	28 e
D. Blålusern + timotej	17 bc	8 f	60 ab	30 e
Vallår 1, 2017				
A. Rödklöver + timotej	38 abc	25 def	83 ab	78 abcd
B. Vitklöver + timotej	22 bc	18 def	55 ab	53 cde
C. Käringtand + timotej	20 bc	8 f	63 ab	30 e
D. Blålusern + timotej	17 bc	16 ef	55 ab	60 abcde
Vallår 2, 2018				
A. Rödklöver + timotej	49 ab	58 abc	98 a	98 ab
B. Vitklöver + timotej	60 a	75 ab	100 a	95 ab
C. Käringtand + timotej	63 a	80 a	98 a	98 ab
D. Blålusern + timotej	46 abc	61 abc	100 a	98 ab
Vallår 3, 2019				
A. Rödklöver + timotej	64 a	84 a	100 a	100 a
B. Vitklöver + timotej	30 abc	18 def	88 ab	58 bcde
C. Käringtand + timotej	17 bc	40 cde	60 ab	93 abc
D. Blålusern + timotej	36 abc	46 bcd	90 ab	100 a
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>39,1</i>	<i>32,8</i>	<i>24,1</i>	<i>23,8</i>

¹ Medelvärde för vallår 1-3. RK = rödklöver, tim = timotej, VK = vitklöver, KT = käringtand, BL = blålusern. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$)

Tabell 14. PCR analyser av patogenerna *Fusarium avenaceum* (Fa), *Phoma* spp, (Ph) och *Cylindrocarpon destructans* (Cd), Kvinnersta 2, 2016-2019

Behandling	PCR Fa	PCR Ph	PCR Cd
(Genkopior av patogen växt ⁻¹ x 1 000 000)			
Baljväxtart, n=16			
A. Rödklöver + timotej	0,40 b	137 c	323 a
B. Vitklöver + timotej	166 a	1048 ab	1932 a
C. Kåringtand + timotej	0,80 b	314 b	1326 a
D. Blålusern + timotej	0,36 b	1362 a	80 b
<i>p</i> -värde	0,0028	<0,0001	<0,0001
Vallår, n=16			
Insådd, 2016	0,28 c	149 b	820 a
Vallår 1, 2017	0,40 c	460 b	723 a
Vallår 2, 2018	125 a	1159 a	1778 a
Vallår 3, 2019	30,5 b	1096 a	339 a
<i>p</i>	<0,0001	0,0001	0,0447
Vallår x baljväxtart, n=4			
Insådd, 2016			
A. Rödklöver + timotej	0,33 cde	91 de	436 abc
B. Vitklöver + timotej	0,20 e	109 cde	35 c
C. Kåringtand + timotej	0,88 bcde	271 abcde	2768 ab
D. Blålusern + timotej	0,19 cde	123 cde	40 c
Vallår 1, 2017			
A. Rödklöver + timotej	0,60 cde	96, cde	326 abc
B. Vitklöver + timotej	0,13 e	299 abcde	1014 ab
C. Kåringtand + timotej	0,00 e	176 bcde	1445 ab
D. Blålusern + timotej	0,39 de	1267 abc	107 bc
Vallår 2, 2018			
A. Rödklöver + timotej	0,28 cde	76 e	333 abc
B. Vitklöver + timotej	498 a	2956 ab	6038 a
C. Kåringtand + timotej	1,54 cde	130 cde	675 abc
D. Blålusern + timotej	0,50 de	1473 abcd	67 c
Vallår 3, 2019			
A. Rödklöver + timotej	6,91 abc	287 abcde	199 bc
B. Vitklöver + timotej	104 ab	830 abcd	640 abc
C. Kåringtand + timotej	3,72 abcd	680 abcd	415 abc
D. Blålusern + timotej	7,46 abc	2586 a	104 bc
<i>p</i> -värde	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Variationskoefficient	220	17	21

RK = rödklöver, tim = timotej, VK = vitklöver, KT = kåringtand, BL = blålusern. Signifikanta skillnader är beräknade på logaritmerade värden. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$)

Tabell 15. Korrelation mellan antal kopior av *Fusarium avenaceum*, (F.a.), *Phoma* spp. respektive *Cylindrocarpon destructans* (C.d.) och ytte (y) samt inre (i) sjukdomsindex (SI) för plantor analyserade från insåningsåret 2016 till vallår 3 (2019) för Kvinnersta 2.

	F.a.		<i>Phoma</i> spp.		C.d.	
	SI _y	SI _i	SI _y	SI _i	SI _y	SI _i
1. Rödklöver	0,037	0,023	ns	ns	ns	ns
2. Vitklöver	<0,001	0,010	0,003	0,027	0,003	0,007
3. Kärtingand	ns	ns	ns	ns	ns	ns
4. Blålusern	ns	ns	0,019	0,039	ns	ns

ns=ej signifikant korrelation

3.2.2. Avkastning fältförsök

3.2.2.1 Järna

Blålusern och rödklöver gav totalt sett den högsta skörden med tydligare skillnader vallår två (Tabell 16). Andelen baljväxter i vallen var störst för blålusern med i genomsnitt 62 % och var allra högst under vallår 2 med 75 %. Vallår 2 var skörden betydligt lägre än vallår 1. Den genomsnittliga totalskörden varje år var högst för rödklöver och blålusern. Fältets produktion minskade med åren där den genomsnittliga avkastningen för samtliga grödor minskade från nära tio ton per ha till ungefär sex ton per hektar vallår 2. Torkan under 2018, i möjlig kombination med rotrötan, gav en tredjedel av den genomsnittliga avkastningen för hela försöket.

Detaljerade uppgifter om beståndskomponenterna i vallen under de tre vallåren, vallår 1-3 2016-2018 redovisas i tabellerna 17 - 19 för respektive år. Andelen baljväxter ökade över säsongen både 2016 och 2017 i Järna, medan andelen minskade under 2018 i rödklöver och framförallt vitklöver (tabell 13). Vallår 2 och 3 var baljväxthalten signifikant störst i blålusern. Inga av dessa baljväxter kunde skördas i vallskörd 3. Torrsubstanshalten (ts) var generellt lägst i rödklöver.

Tabell 16. Avkastning, torrsubstans (ts) och genomsnittlig botanisk sammansättning, Nibble, Järna vallskördeår 1-3, 2016-2018

Behandling	Vallsk 1 (kg ts ha ⁻¹)	Vallsk 2 (kg ts ha ⁻¹)	Vallsk 3 (kg ts ha ⁻¹)	Total skörd (kg ts ha ⁻¹)	Medel ts (%)	Ins. Baljv (%)	Övr. baljv. (%)	Ins. gräs (%)	Örtogräs (%)	Stubb (%)
Baljväxtart, n=12										
A. Rödklöver + timotej	4147	1876 b	2634 a	8656 a	18,1 b	54,4 b	6,5 a	27,3 c	9,4 b	2,5
B. Vitklöver + timotej	3911	1667 b	1381 b	6959 b	22,7 a	37,1 c	0,0 c	46,2 a	14,3 a	2,4
C. Kåringtand + timotej	4022	2659 a*		6681 b	23,2 a	31,9 d	7,7 a	39,1 b	8,7 b	2,7
D. Blålusern + timotej	4025	3080 a	2426 a	9531 a	21,9 a	62,1 a	4,9 b	24,1 c	7,0 c	1,9
<i>p-värde</i>	<i>ns</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>ns</i>
Vallår, n=48										
Vallår 1, 2016	5079 a	3108 a	2185 a	9826 a	18,7 c	39,9	6,5 a	40,7	9,5 b	3,5 a
Vallår 2, 2017	2973 b	1533 b	2109 a	6088 b	24,2 b	52,3	3,8 ab	30,7	11,2 b	1,4 b
Vallår 3, 2018	1726 c	1099 b	491 b	3194 c	31,0 a	44,4	2,0 b	38,9	14,7 a	-
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>ns</i>	<i>0,002</i>	<i>ns</i>	<i>0,006</i>	<i><0,001</i>
Vallår x baljväxtart, n=4										
Vallår 1, 2016										
A. Rödklöver + timotej	5154 a	2533 ab	2512 a	10199 ab	15,6 d	49,5 bcd	9,2 a	29,8 de	8,3 ef	3,1 ab
B. Vitklöver + timotej	5145 a	2509 ab	1419 b	9073 ab	19,2 c	36,9 e	0,0 c	47,1 bc	12,5 bcd	3,5 ab
C. Kåringtand + timotej	5183 a	4303 a*		9486 ab	20,0 c	23,4 f	9,1 a	54,0 b	9,5 def	3,9 a
D. Blålusern + timotej	4836 a	3085 b	2624 a	10545 a	20,1 c	49,6 bc	7,7 a	31,7 de	7,6 ef	3,3 ab
Vallår 2, 2017										
A. Rödklöver + timotej	3140 b	1218 de	2755 a	7113 cd	20,7 c	59,2 b	3,8 b	24,7 ef	10,4 def	1,9 ab
B. Vitklöver + timotej	2676 bcd	825 ef	1343 b	4844 ef	26,2 a	37,2 de	0,0 c	45,3 bc	16,1 abc	1,3 ab
C. Kåringtand + timotej	2862 bc	1014 ef*		3876 efg	26,4 a	40,4 cde	9,3 a	36,5 cde	11,7 cde	2,1 ab
D. Blålusern + timotej	3214 b	3075 b	2228 ab	8517 bc	23,6 b	74,6 a	2,2 bc	16,4 f	6,4 f	0,4 b
Vallår 3, 2018										
A. Rödklöver + timotej	1439 d	669 ef	0 c	2108 f	30,2 b	44,4 cde	2,4 bc	36,3 cde	16,8 ab	-
B. Vitklöver + timotej	1641 cd	477 f	0 c	2118 f	33,0 a	14,7 f	0 c	66,0 a	16,1 abc	-
C. Kåringtand + timotej	1865 bcd	1377 de*		3243 ef	34,4 a	46,6 cde	3,7 b	37,2 cd	12,5 bcd	-
D. Blålusern + timotej	1960 bcd	1874 cd	1443 b	5307 de	26,7 b	71,7 a	2,2 bc	16,0 f	10,1 def	-
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>0,021</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>17,1</i>	<i>15,6</i>	<i>25,8</i>	<i>11,9</i>	<i>4,5</i>	<i>11,0</i>	<i>27,9</i>	<i>13,0</i>	<i>15,8</i>	<i>57,5</i>

* skörden utfördes senare än övriga led. Datum för skörd 2016: skörd 1 led A-D: 3 juni, skörd 2 led A, B, D: 19 juli, skörd 2 led C: 16 aug, skörd 3 led A, B D: 9 sept. Datum för skörd 2017: skörd 1 led A-D: 16 juni, skörd 2 led A, B och D: 26 juli, skörd 2 led C: 15 augusti, skörd 3 led A, B och D, 13 oktober. Datum för skörd 2018: skörd 1 led A-D, 30 maj, skörd 2 led A, B och D, 24 juli, skörd 2 led C: 13 aug, skörd 3 led A, B och D, 3 oktober. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$)

Tabell 17. Andel baljväxter, insått gräs, örtogräs, stubb och torrsubstanshalt i tre skördar av olika baljväxter i samodling med timotej, Nibble, Järna, vallskördeår 1, 2016, n=4

Vallskörd och baljväxt	Insådda baljv (%)	Övriga baljv (%)	Insått gräs (%)	Örtogräs (%)	Stubb (%)	Ts halt (%)
Skörd 1						
A. Rödklöver + timotej	38,7 a	6,3 ab	39,4 b	6,3 b	9,4	22,4 b
B. Vitklöver + timotej	15,1 bc	0,0 c	66,0 a	8,3 ab	10,6	27,7 a
C. Kärtingtand + timotej	10,2 c	8,1 a	63,3 a	10,6 a	7,8	27,4 a
D. Blålusern + timotej	26,1 ab	5,0 b	53,6 ab	5,4 b	10,0	27,7 a
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>0,005</i>	<i>0,005</i>	<i>ns</i>	<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>29,4</i>	<i>24,0</i>	<i>14,6</i>	<i>22,4</i>	<i>19,6</i>	<i>5,6</i>
Skörd 2						
A. Rödklöver + timotej	48,1 ab	10,2 a	33,5 ab	8,2 b	0,0	19,7 c
B. Vitklöver + timotej	41,0 b	0,0 b	45,4 a	13,6 a	0,0	24,8 b
C. Kärtingtand + timotej	36,7 ab	10,2 a	44,7 a	8,4 b	0,0	32,4 a
D. Blålusern + timotej	52,3 a	9,7 a	28,9 b	9,0 b	0,0	25,6 b
<i>p-värde</i>	<i>0,028</i>	<i><0,001</i>	<i>0,012</i>	<i><0,001</i>	-	<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>12,9</i>	<i>22,8</i>	<i>18,0</i>	<i>12,7</i>	-	<i>8,3</i>
Skörd 3						
A. Rödklöver + timotej	61,7 b	11,3 a	16,5 b	10,5 b	0,0	20,2 b
B. Vitklöver + timotej	54,7 c	0,0 b	29,7 a	15,6 a	0,0	24,4 a
D. Blålusern + timotej	70,4 a	8,3 a	12,7 b	8,5 b	0,0	27,0 a
<i>p-värde</i>	<i>0,001</i>	<i>0,002</i>	<i>0,002</i>	<i><0,001</i>	-	<i>0,003</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>5,2</i>	<i>20,2</i>	<i>19,9</i>	<i>10,9</i>	-	<i>8,4</i>

Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$)

Tabell 18. Andel baljväxter, insått gräs, örtogräs, stubb och torrsubstanshalt i tre skördar av olika baljväxter i samodling med timotej, Nibble, Järna, vallskördeår 2, 2017, n=4

Vallskörd och baljväxt	Insådda baljv (%)	Övriga baljv (%)	Insått gräs (%)	Örtogräs (%)	Stubb (%)	Ts halt (%)
Skörd 1						
A. Rödklöver + timotej	45,8 ab	7,0 a	33,5 bc	8,0	5,7	18,2 b
B. Vitklöver + timotej	26,5 b	0,0 b	58,0 a	11,7	3,9	22,8 ab
C. Kärtingtand + timotej	23,1 b	8,5 a	54,7 ab	9,5	4,3	24,4 a
D. Blålusern + timotej	59,7 a	2,2 ab	28,7 c	8,2	1,2	21,0 ab
<i>p-värde</i>	<i>0,007</i>	<i>0,006</i>	<i>0,006</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>0,012</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>34,6</i>	<i>68,1</i>	<i>25,9</i>	<i>20,3</i>	<i>145,2</i>	<i>10,5</i>
Skörd 2						
A. Rödklöver + timotej	72,5 a	0,0 b	16,3 b	11,2 bc	0,0	24,6 c
B. Vitklöver + timotej	49,4 b	0,0 b	33,1 a	17,5 a	0,0	35,4 a
C. Kärtingtand + timotej	57,8 b	10,1 a	18,3 b	13,9 b	0,0	28,4 b
D. Blålusern + timotej	79,2 a	0,0 b	11,9 b	8,9 c	0,0	24,5 c
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>0,006</i>	<i>ns</i>	-	<i>0,012</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>8,6</i>	<i>84,5</i>	<i>25,9</i>	<i>20,3</i>	-	<i>10,5</i>
Skörd 3						
A. Rödklöver + timotej	59,3 b	4,3 a	24,4 b	12,0 b	0,0	19,3 b
B. Vitklöver + timotej	35,8 c	0,0 b	44,9 a	19,2 a	0,0	20,3 b
D. Blålusern + timotej	84,9 a	4,4 a	8,6 c	2,1 c	0,0	25,4 a
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	-	<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>8,4</i>	<i>8,4</i>	<i>20,1</i>	<i>7,0</i>	-	<i>6,6</i>

Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$)

Tabell 19. Andel baljväxter, insått gräs, örtogräs, stubb och torrsubstanshalt i 3 skördar av olika baljväxter i samodling med timotej, Nibble, Järna, vallskördeår 3, 2018, n=4

Vallskörd och baljväxt	Insådda baljv (%)	Övriga baljv (%)	Insått gräs (%)	Örtogräs (%)	Stubb (%)	Ts halt (%)
Skörd 1						
A. Rödklöver + timotej	30,1 b	2,6 ab	47,1 b	20,2	-	26,0
B. Vitklöver + timotej	12,4 b	0,0 b	70,2 a	17,4	-	27,7
C. Kärtingtand + timotej	25,7 b	5,7 a	53,4 ab	15,2	-	28,2
D. Blålusern + timotej	63,1 a	1,0 ab	22,4 c	13,4	-	24,4
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>ns</i>		<i>ns</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>26,5</i>	<i>103,8</i>	<i>17,3</i>	<i>30,4</i>		<i>166,3</i>
Skörd 2						
A. Rödklöver + timotej	58,7 b	2,2 a	25,5 a	13,5 b	-	34,0 b
B. Vitklöver + timotej	17,0 c	0,0 b	61,7 b	21,2 a	-	38,3 a
C. Kärtingtand + timotej	67,5 b	1,7 a	21,0 bc	9,8 b	-	40,6 a
D. Blålusern + timotej	85,4 a	1,8 a	10,6 c	2,1 c	-	34,6 b
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i>0,002</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>		<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>10,6</i>	<i>43,8</i>	<i>16,8</i>	<i>30,3</i>		<i>4,7</i>
Skörd 3						
A. Rödklöver + timotej	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	-	0,0 b
B. Vitklöver + timotej	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	-	0,0 b
D. Blålusern + timotej	66,4 a	3,8 a	15,0 a	14,9 a	-	21,0 a
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i>0,003</i>	<i><0,001</i>	<i>0,020</i>		<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>3,5</i>	<i>72,9</i>	<i>5,1</i>	<i>8,7</i>		<i>11,2</i>

Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$)

Tabell 20. Summering av de årliga vallskördarna ger total vallskörd fördelat på tre vallår samt genomsnittlig andel av insådd baljväxt, Nibble, 2016–2018, Järna

Behandling	Total Vallskörd 2017	Insådd baljväxt %	Total Vallskörd 2018	Insådd baljväxt %	Total vallskörd 2019	Insådd baljväxt %	Summering Vallskörd År 1-3
A Rödklöver + timotej	10 199	50 a	7 113 a	59 b	2 108 c	44 b	19 420 b (100)*
B Vitklöver + timotej	9 073	37 b	4 844 b	37 c	2 118 c	15 c	16 036 c (83)
C Kärtingtand + timotej	9 486	23 c	3 876 b	40 c	3 243 b	47 b	16 605 bc (8)
D Blålusern +timotej	10 545	50 a	8 517 a	75 a	5 307 a	72 a	24 369 a (125)
<i>p-värde</i>	<i>ej sign.</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>0,005</i>	<i>0,001</i>	<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>9,9</i>	<i>9,4</i>	<i>13,6</i>	<i>11,6</i>	<i>14,8</i>	<i>10,9</i>	<i>8,7</i>

*relativtal där rödklöverledet är 100. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$)

3.2.2.2 Avkastning Kvinnersta 1

I Kvinnerstaförsöket som etablerades 2015, Kvinnersta 1, hade blålusern och kärtingtand totalt högst skörd (tabell 21). Ledet med blålusern hade signifikant högst ts-halt och leden med kärtingtand och rödklöver lägst. Andelen insådda baljväxter var signifikant lägre i kärtingtandledet jämfört med övriga led, och andelen insått gräs var signifikant högst i kärtingtandledet och signifikant lägst i rödklöverledet. Detaljerade uppgifter om beståndskomponenternas fördelning visas i tabell 22. Andelen rödklöver var konstant över säsongen 2016 medan övriga baljväxter tenderade att öka. Torrsubstanshalten varierade mellan skördarna.

Tabell 21. Avkastning, torrsubstans (ts) och genomsnittlig botanisk sammansättning, Kvinnersta 1, 2016, Örebro

Behandling	Avkastning					Andel genomsnitt 3 skördar					
	Vallsk 1	Vallsk 2	Vallsk 3	Total ts	TS- halt	Ins. Baljv	Övr. baljv.	Ins. Gräs	Örtogräs	Stubb	
	(kg ts ha ⁻¹)					(%)					
A. Rödklöver + timotej	3722 ab	2997 c	995 b	7714 b	19,9 c	60,8 a	9,8 a	18,3 c	10,1 ab	1,1 b	
B. Vitklöver + timotej	3544 b	3993 b	943 b	8480 ab	22,7 b	56,7 a	2,1 b	29,3 b	10,6 a	1,3 b	
C. Kåringtand + timotej	4539 a	4965 a		9503 a	20,5 c	34,3 b	13,9 a	38,8 a	6,5 b	6,4 a	
D. Blålusern + timotej	4187 ab	3970 b	1650 a	9807 a	25,0 a	48,8 a	15,0 a	26,6 b	7,5 ab	2,1 b	
<i>p-värde</i>	0,019	<0,001	0,017	0,015	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,018	<0,001	
<i>Variationskoefficient</i>	9,6	8,7	22,3	8,7	3,7	11,5	29,0	13,2	20,3	20,7	

*Skörden utfördes senare än övriga led. Datum för skörd 2016: vallskörd 1, led A-D: 9 juni, Vallskörd 2 led A, B, D: 25 juli, vallskörd 2 led C: 19 augusti, Vallskörd 3, led A-D: 7 september. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$)

Tabell 22. Andel baljväxter, insått gräs, örtogräs, stubb och torrsubstanshalt (ts) i tre skördar av olika baljväxter i samodling med timotej, Kvinnersta 1, 2016 Örebro, n=4

Behandling	Insådda baljv (%)	Övriga baljv (%)	Insått gräs (%)	Örtogräs (%)	Stubb (%)	ts-halt (%)
Skörd 1						
A. Rödklöver + timotej	63,6 a	4,4 b	19,1 b	9,3	3,6	15,3 c
B. Vitklöver + timotej	48,9 b	0,0 b	38,8 a	7,9	4,4	16,8 c
C. Kåringtand + timotej	34,3 c	13,9 a	38,8 a	6,5	6,4	20,5 b
D. Blålusern + timotej	34,8 c	14,1 a	38,1 a	6,3	6,7	24,1 a
<i>p-värde</i>	<0,001	<0,001	0,005	ns	ns	<0,001
<i>Variationskoefficient</i>	12,0	34,0	21,7	38,1	34,7	7,5
Skörd 2						
A. Rödklöver + timotej	63,2 ab	8,9 b	17,6 b	10,2	0,0	24,5 b
B. Vitklöver + timotej	70,0 a	0,0 c	20,7 ab	9,3	0,0	32,0 a
C. Kåringtand + timotej	40,6 c	18,3 a	30,7 a	10,3	0,0	23,9 b
D. Blålusern + timotej	50,3 bc	17,7 a	26,2 ab	5,8	0,0	31,4 a
<i>p-värde</i>	0,002	<0,001	0,028	ns	-	<0,001
<i>Variationskoefficient</i>	13,7	34,2	23,5	30,4	-	4,2
Skörd 3						
A. Rödklöver + timotej	60,8	13,2 a	14,9	11,1 b	0,0	19,1
B. Vitklöver + timotej	55,8	0,0 b	29,1	15,1 a	0,0	18,9
D. Blålusern + timotej	63,2	12,3 a	15,0	9,4 b	0,0	19,7
<i>p-värde</i>	ns	<0,001	0,002	0,003	-	ns
<i>Variationskoefficient</i>	11,7	27,9	22,5	14,2	-	4,6

Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$)

3.2.2.3 Avkastning Kvinnersta 2

I Kvinnerstaförsöket som etablerades 2016, Kvinnersta 2, gav blålusern totalt störst skörd som var signifikant större än de andra baljväxterarna i uträknat som total skörd över de tre åren (Tabell 23). Summan av de tre delskördarna varje år gav att lusern- och rödklöverledet gav högst avkastning första och andra året medan rödklövern tappade under tredje vallåret. De genomsnittliga totalskördarna över de tre vallåren skiljer sig för de fyra vallblandningarna

där ledet med käringtand gav lägst totalskördar på de två årliga skördarna medan övriga vallblandningar skördades tre gånger per år (Tabell 24). Avkastningen för blålusernblandningen var i genomsnitt högre över de tre vallåren än övriga baljväxtarter samt att båda klöverarterna hade större totalskörd än käringtand i genomsnitt över de tre åren. Andelen baljväxter var också signifikant större under första året jämfört med de andra vallskördeåren (Tabell 24). Vallskördeår 2 fanns inga signifikanta skillnader i baljväxthalt mellan arterna. Vallskördeår 3 fanns signifikanta skillnader i baljväxthalt mellan arterna. Andelen baljväxter var högre i andra- och tredje skörd jämfört med förstaskörden. Torrsubstanshalten var högst i vitklöver och lägst i rödklöver och timotej medan Ts-halten i blålusern var mitt emellan. Detaljerade uppgifter om beståndets sammansättning under visas årsvis i tabellerna 25–27. Andelen baljväxter var högre i andra- och tredje skörd jämfört med förstaskörden. Torrsubstanshalten var högst i vitklöver och lägst i rödklöver och timotej medan Ts-halten i blålusern var mitt emellan.

Datum för skörd 2017: vallskörd 1, led A-D: 5 juni, vallskörd 2, led A, B, D: 19 juli, vallskörd 2, led C: 14 augusti, Vallskörd 3, led A, B, D: 14 september. Skördedatum under 2018 var: vallskörd 1, led A-D: 5 juni, skörd 2, led A, B, D: 23 juli, skörd 2, led C: 19 augusti, skörd 3, led A, B, D: 25 september. Skördedatum under 2019 var: vallskörd 1, led A-D: 5 juni, skörd 2, led A, B, D: 24 juli, skörd 2, led C: 5 augusti, skörd 3, led A, B, D: 25 september.

Tabell 23. Summering av de årliga vallskördarna ger total vallskörd fördelat på tre vallår samt genomsnittlig andel av insådd baljväxt, Kvinnersta 2, 2017–2019, Örebro

Behandling	Total Vallskörd 2017	Insådd baljväxt %	Total Vallskörd 2018	Insådd baljväxt %	Total vallskörd 2019	Insådd baljväxt %	Summering Vallskörd År 1-3
A Rödklöver + timotej	9 746 a	75 a	4 546 a	47	7 223 b	54 ab	21 515 b (100)*
B Vitklöver + timotej	8 242 b	54 b	4 515 a	39	7 843 b	44 b	20 600 bc (96)
C Kärtingtand + timotej	5 517 c	49 b	2 311 b	41	9 049 ab	62 a	16 877 b (78)
D Blålusern +timotej	10 715 a	75 a	4 442 a	48	11 201 a	67 a	26 358 a (122)
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>ns</i>	<i>0,005</i>	<i>0,001</i>	<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>8,2</i>	<i>4,7</i>	<i>8,2</i>	<i>15,8</i>	<i>14,8</i>	<i>11,5</i>	<i>8,7</i>

*relativtal där rödklöverledet är 100. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$)

Tabell 24. Avkastning, torrsubstans (ts) och genomsnittlig botanisk sammansättning, Kvinnersta 2 vallskördeår 1-3, 2017-2019

Behandling	Vallsk 1 (kg ts ha-1)	Vallsk 2 (kg ts ha-1)	Vallsk 3 (kg ts ha-1)	Total skörd (kg ts ha-1)	Medel ts (%)	Ins. Baljv (%)	Övr. baljv. (%)	Ins. gräs (%)	Örtogräs (%)	Stubb (% 2017)
Baljväxtart, n=12										
A. Rödklöver + timotej	2814 ab	1619 c	2739 b	7172 b	24,0	60,5 a	1,8 b	36,1 c	2,6	3,4 b
B. Vitklöver + timotej	2628 b	1758 bc	2480 b	6866 b	28,1	46,5 b ^a	0,4 c	50,6 a	2,1	4,2 b
C. Kåringtand + timotej	2611 b	3014 a*	-	5625 c	29,1	44,9 b	3,8 a	42,0 b	1,4	6,3 a
D. Blålusern + timotej	3184 a	2159 b	3443 a	8786 a	27,2	61,3 a	2,4 b	30,9 c	2,2	3,4 b
<i>p-värde</i>	<i>0,016</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>ns</i>	<i><0,001</i>
Vallår, n=48										
Vallår 1, 2017	2829 b	3135 a	3455 a	8555 a	23,6 b	62,9 a	0,0 b	32,8 c	0,0 b	4,3
Vallår 2, 2018	1158 c	464 b	3109 a	3954 b	33,0 a	43,7 c	3,7 a	49,2 a	3,4 a	-
Vallår 3, 2019	4441 a	2814 a	2099 b	8829 a	24,7 b	56,8 b	2,7 a	37,7 b	2,8 a	-
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	
Vallår x baljväxtart, n=4										
Vallår 1, 2017										
A. Rödklöver + timotej	3568 bc	2915 bc	3263 ab	9746 ab	20,3 d	74,5 a	0,0 d	22,1 e	0,0 c	3,4 b
B. Vitklöver + timotej	2460 cd	2953 bc	2829 b	8242 bc	23,9 cd	53,8 bcd	0,0 d	41,9 bcd	0,0 c	4,2 b
C. Kåringtand + timotej	1796 de	3721 ab*	-	5517 de	25,8 bc	48,5 cde	0,0 d	45,2 bc	0,0 c	6,3 a
D. Blålusern + timotej	3493 bc	2949 bc	4273 a	10715 a	24,5 c	74,8 a	0,0 d	21,9 e	0,0 c	3,4 b
Vallår 2, 2018										
A. Rödklöver + timotej	871 e	359 f	3317 ab	4546 e	28,7 b	46,6 de	2,6 bcd	45,9 abc	4,8 a	-
B. Vitklöver + timotej	1146 e	320 f	3049 b	4515 e	35,1 a	39,1 e	0,0 d	57,3 a	3,6 ab	-
C. Kåringtand + timotej	1651 de	660 ef*	-	2311 f	35,4 a	41,2 de	7,3 a	50,2 abc	1,3 bc	-
D. Blålusern + timotej	963 e	517 f	2962 b	4442 ef	32,9 a	47,9 cde	4,8 ab	43,4 bc	3,9 ab	-
Vallår 3, 2019										
A. Rödklöver + timotej	4001 ab	1583 de	1638 c	7223 cd	23,1 cd	54,1 bcd	2,8 bcd	40,2 cd	2,9 abc	-
B. Vitklöver + timotej	4278 ab	2002 cd	1563 c	7843 bc	25,5 bc	43,6 de	1,3 cd	52,5 ab	2,7 abc	-
C. Kåringtand + timotej	4387 ab	4661 a*	-	9049 abc	26,1 bc	62,0 abc	4,2 bc	30,7 de	3,1 abc	-
D. Blålusern + timotej	5097 a	3309 b	3095 b	11201 a	24,3 c	67,4 ab	2,4 bcd	27,5 e	2,7 abc	-
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>0,002</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>16,6</i>	<i>18,8</i>	<i>15,8</i>	<i>12,3</i>	<i>5,4</i>	<i>10,0</i>	<i>77,9</i>	<i>11,9</i>	<i>67,2</i>	<i>18,7</i>

* skörden utfördes senare än övriga led. Datum för vallskörd 2016: skörd 1 led A-D: 3 juni, skörd 2 led A, B, D: 19 juli, skörd 2 led C: 16 aug, skörd 3 led A, B D: 9 sept. Datum för skörd 2017: skörd 1 led A-D: 16 juni, skörd 2 led A, B och D: 26 juli, skörd 2 led C: 15 aug, skörd 3 led A, B och D: 13 oktober. Datum för skörd 2018: skörd 1 led A-D: 5 juni, skörd 2 led A, B och D: 23 juli, skörd 2 led C: 10 aug, skörd 3 led A, B och D: 25 september. Datum för skörd 2019: skörd 1 led A-D: 5 juni, skörd 2 led A, B och D: 25 juli, skörd 2 led C: 5 aug, skörd 3 led A, B och D: 25 september. RK = rödklöver, tim = timotej, VK = vitklöver, KT = kåringtand, BL = blålusern. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$) ^aenligt beräkning.

Tabell 25. Andel baljväxter, insått gräs, örtogräs, stubb och torrsubstanshalt i tre skördar av olika baljväxter i samodling med timotej, Kvinnersta 2, vallskördeår 1, Örebro 2017, n=4

Vallskörd och baljväxt	Insådda baljv (%)	Övriga baljv (%)	Insått gräs (%)	Örtogräs (%)	Stubb (%)	Ts halt (%)
Skörd 1						
A. Rödklöver + timotej	57,7 a	0,0	32,1 b	0,0	10,2	25,3
B. Vitklöver + timotej	27,3 b	0,0	60,1 a	0,0	12,7	26,9
C. Käringtand + timotej	22,9 b	0,0	64,6 a	0,0	12,6	26,9
D. Blålusern + timotej	55,4 a	0,0	34,4 b	0,0	10,1	27,0
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	-	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>29,4</i>	<i>8,4</i>	<i>8,9</i>	-	<i>18,6</i>	<i>11,3</i>
Skörd 2						
A. Rödklöver + timotej	80,5 ab	0,0	19,5 ab	0,0	0,0	23,1 c
B. Vitklöver + timotej	73,9 b	0,0	26,1 a	0,0	0,0	31,5 a
C. Käringtand + timotej	74,2 b	0,0	25,8 a	0,0	0,0	24,8 c
D. Blålusern + timotej	85,2 a	0,0	14,9 b	0,0	0,0	27,9 b
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i>0,011</i>	<i>0,011</i>	-	-	<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>12,9</i>	<i>5,7</i>	<i>20,8</i>	-	-	<i>4,3</i>
Skörd 3						
A. Rödklöver + timotej	85,3 a	0,0	14,7 b	0,0	0,0	12,4
B. Vitklöver + timotej	60,4 b	0,0	39,6 a	0,0	0,0	13,1
D. Blålusern + timotej	83,7 a	0,0	16,3 b	0,0	0,0	18,5
<i>p-värde</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	-	-	<i>ns</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>5,2</i>	<i>6,9</i>	<i>0,223</i>	-	-	<i>10,3</i>

Datum för skörd 2017: vallskörd 1, led A-D: 5 juni, vallskörd 2, led A, B, D: 19 juli, vallskörd 2, led C: 14 augusti, Vallskörd 3, led A, B, D: 14 september. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$)

Tabell 26. Andel baljväxter, insått gräs, örtogräs och torrsubstanshalt i tre skördar av olika baljväxter i samodling med timotej, Kvinnersta 2, Örebro, vallskördeår 2, 2018, n=4

Vallskörd och baljväxt	Insådda baljv (%)	Övriga baljv (%)	Insått gräs (%)	Örtogräs (%)	Ts halt (%)
Skörd 1					
A. Rödklöver + timotej	27,9	1,3 Ab	65,9	4,9	32,7
B. Vitklöver + timotej	20,8	0,0 B	77,2	2,0	36,4
C. Käringtand + timotej	16,8	4,6 A	77,4	1,2	36,0
D. Blålusern + timotej	28,2	1,4 Ab	65,4	5,0	36,1
<i>p-värde</i>	<i>ns</i>	<i>0,020</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>35,4</i>	<i>97,1</i>	<i>10,3</i>	<i>83,1</i>	<i>6,1</i>
Skörd 2					
A. Rödklöver + timotej	63,5	3,0 B	29,3 ab	4,3	31,9 b
B. Vitklöver + timotej	52,5	0,0 B	42,2 a	5,3	48,0 a
C. Käringtand + timotej	65,7	9,9 A	23,0 b	1,3	34,9 b
D. Blålusern + timotej	65,0	2,8 B	28,0 ab	4,3	37,9 b
<i>p-värde</i>	<i>ns</i>	<i>0,006</i>	<i>0,017</i>	<i>ns</i>	<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>13,4</i>	<i>83,1</i>	<i>23,9</i>	<i>131,7</i>	<i>10,2</i>
Skörd 3					
A. Rödklöver + timotej	48,4	3,7 ab	42,7 b	5,3	21,4 b
B. Vitklöver + timotej	43,9	0,0 b	52,6 a	3,5	21,0 b
D. Blålusern + timotej	50,5	10,3 a	36,9 b	2,3	24,6 a
<i>p-värde</i>	<i>ns</i>	<i>0,026</i>	<i>0,002</i>	<i>ns</i>	<i><0,001</i>
<i>Variationskoefficient</i>	<i>20,6</i>	<i>95,0</i>	<i>10,1</i>	<i>85,3</i>	<i>4,2</i>

Datum för skörd 2018: skörd 1 led A-D: 5 juni, skörd 2 led A, B och D: 23 juli, skörd 2 led C: 10 aug, skörd 3 led A, B och D: 25 september. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$) enligt beräkning.

Tabell 27. Andel baljväxter, insått gräs, örtogräs, och torrsbstanshalt i tre skördar av olika baljväxter i samodling med timotej, Kvinnersta 2, Örebro, vallskördeår 3, 2019, n=4

Vallskörd och baljväxt	Insådda baljv (%)	Övriga baljv (%)	Insått gräs (%)	Örtogräs (%)	Ts halt (%)
Skörd 1					
A. Rödklöver + timotej	35,3 ab	2,5 b	60,3 ab	2,0	25,1
B. Vitklöver + timotej	18,3 b	0 c	80,7 a	1,0	27,0
C. Kärtingtand + timotej	35,5 ab	4,6 a	56,2 b	3,8	25,4
D. Blålusern + timotej	45,8 a	2,6 b	47,5 b	4,1	24,9
<i>p-värde</i>	0,013	<0,001	0,004	ns	ns
<i>Variationskoefficient</i>	28,8	29,8	16,3	60,9	7,7
Skörd 2					
A. Rödklöver + timotej	54,9 b	4,1 ab	35,8	5,2	24,1
B. Vitklöver + timotej	52,6 b	3,9 ab	39,8	3,9	29,3
C. Kärtingtand + timotej	67,6 ab	6,2 a	22,6	3,7	26,7
D. Blålusern + timotej	73,4 a	2,6 b	21,7	2,4	26,3
<i>p-värde</i>	0,015	0,023	0,009	ns	0,004
<i>Variationskoefficient</i>	14,1	32,7	24,9	79,9	5,7
Skörd 3					
A. Rödklöver + timotej	72,1 b	1,9 a	24,5 b	1,5 a	20,0
B. Vitklöver + timotej	59,9 c	0 b	37,0 a	3,1 a	20,2
D. Blålusern + timotej	83,0 a	2,1 a	13,3 c	1,7 a	21,8
<i>p-värde</i>	<0,001	0,001	<0,001	0,047	ns
<i>Variationskoefficient</i>	7,3	44,4	18,4	39,7	8,3

Datum för skörd 2019: skörd 1 led A-D: 5 juni, skörd 2 led A, B och D: 25 juli, skörd 2 led C: 5 aug, skörd 3 led A, B och D: 25 september. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$) enligt beräkning.

3.2.24 Kväveeffekt av baljväxterna i efterföljande höstvetegröda, Kvinnersta 2

Vallbrottet av försöket på Kvinnersta 2 skedde i början av september 2019 och höstvete, sort Informer, såddes 20 september 2019 med 210 kg ha⁻¹. Ingen gödsling eller växtskyddsåtgärder utfördes fram till skörden den 6 augusti 2020. Mängden växttillgängligt kväve som var kvar i marken i form av nitrat, ammonium eller mineralkväve efter respektive förfrukt skiljde sig inte signifikant åt ner till 90 cm djup vid provtagning i april 2020 (Tabell 28). I matjorden varierade kvävenivåerna mellan 20–30 kg ha⁻¹ för nitrat- och ammoniumkväve medan mineralkvävet varierade mellan 45–60 kg ha⁻¹. Kväveleveransen från de nerplöjda vallbaljväxterna till höstvetet kan jämföras med växtens upptag som uppmättes med den handhållna N-sensorn i höstvetet vid stadium DC39 2 juni 2020. Det var en tydlig skillnad i kväveleverans där rödklöver medförde ett upptag på 11,2 kg N ha⁻¹, vitklöver 14,7 kg N ha⁻¹, kärtingtand 12,4 kg N ha⁻¹ samt blålusern 18,4 kg N ha⁻¹ (Tabell 29). Kväveupptaget i höstvetet var statistiskt signifikant skilda från varandra: rödklöver ≤ vitklöver ≤ blålusern, medan kväveupptaget i höstvetet odlat efter kärtingtand ej var signifikant skilt från de båda klöverarterna.

Förfruktseffekten i efterverkan var att skörden, liksom proteinhalten i kärnan samt kvävehalt i halmen, blev signifikant högre efter lusern i jämförelse med skörderesultaten efter rödklöver (Tabell 29). Vitklöver och kärtingtand gav också god effekt men ej signifikant skilda från blålusern eller rödklöver. Tusenkornvikt och rymdvikt varierade i kärnorna efter de olika förfrukterna där vitklöver gav lägst värden på båda parametrarna.

Tabell 28. Analys av markkväve i form av NO₃-N och NH₄-Na samt total mängd mineralkväve i jorden i april 2020 vid försöket Kvinnersta 2 på tre nivåer i markprofilen: 0–30 cm, 30–60 cm samt 60–90 cm

Behandling	N ₃ -N (kg ha ⁻¹)	NH ₄ -N (kg ha ⁻¹)	Mineralkväve (kg ha ⁻¹)
Totalt i profilen, n=16			
A. Rödklöver + timotej	29,7	25,2	54,9
B. Vitklöver + timotej	25,3	24,8	50,1
C. Kåringtand + timotej	25,8	19,3	45,1
D. Blålusern + timotej	30,2	26,5	56,7
<i>p</i> -värde	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Variationskoefficient	19	30	22
Marknivå 0-30 cm, n=4			
A. Rödklöver + timotej	20,0	14,2	34,3
B. Vitklöver + timotej	17,4	13,2	30,6
C. Kåringtand + timotej	17,1	8,1	25,2
D. Blålusern + timotej	20,0	14,3	34,3
<i>p</i> -värde	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Variationskoefficient	23	54	34
Marknivå 30-60 cm, n=4			
A. Rödklöver + timotej	7,3	6,4	13,7
B. Vitklöver + timotej	6,4	7,0	13,4
C. Kåringtand + timotej	6,2	6,5	12,7
D. Blålusern + timotej	7,6	6,7	14,3
<i>p</i> -värde	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Variationskoefficient	18	20	51
Marknivå 60-90 cm, n=4			
A. Rödklöver + timotej	2,4	4,6	6,9
B. Vitklöver + timotej	1,5	4,5	6,0
C. Kåringtand + timotej	2,6	4,6	7,1
D. Blålusern + timotej	2,6	5,5	8,1
<i>p</i> -värde	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Variationskoefficient	51	14	20

Tabell 29 Analys av höstveteskorde som såddes på hösten efter vallbrottet år tre Kvinnersta 2

Förfrukt	Kärnskörd (15 % v.h*)	Protein- halt (% av TS)	Tusen- kornvikt (g)	Rymdvikt (g L ⁻¹)	Antal ax (m ⁻²)	Halm- skörd (kg TS ha ⁻¹)	Kvävehalt i halmen (%)	Kolhalt i halmen (%)	N- sensor- värde
A. Rödklöver + timotej	3119 b	8,6 b	54,4	806,0 ab	360	9 986	0,27 b	42,66	11,2 b
B. Vitklöver + timotej	3695 ab	8,7 ab	55,2	804,4 b	370	11 040	0,26 b	42,63	14,7 ab
C. Kåringtand + timotej	3314 ab	8,9 ab	57,7	814,2 a	339	9 477	0,27 b	42,65	12,4 b
D. Blålusern + timotej	4426 a	9,0 a	57,3	812,0 ab	374	13 468	0,33 a	42,57	18,4 a
<i>p</i> -värde	0,022	0,033	<i>ns</i>	0,011	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<0,001	<i>ns</i>	0,008
Variationskoefficient	14,7	1,9	3,5	0,5	9,5	22,3	5,8	1,0	17,9

*Omräknat från torrstanshalt till 15 % vattenhalt. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader enligt Tukey's HSD-test ($p < 0,05$).

4. Diskussion

Odling av inhemska proteingrödor har stor betydelse för att stärka konkurrenskraften och förbättra näringshushållningen i svensk djurproduktion. För idisslare som kan nyttja näringen i grovfoder genom symbios med mikrober i vommen är vallen den främsta källan för protein- och fiberförsörjning. Den svaga uthålligheten hos rödklöver har dock under lång tid begränsat vallproduktionen. Likaså står vallbaljväxterna för en viktig del i kväveförsörjningen i ekologisk odling som är baserad på biologisk fixering av luftens kväve och som huvudsakligen sker genom den symbiotiska fixeringen vid odling av vallbaljväxter i för detta anpassade växtföljder (Granstedt, 1990). Vallbaljväxternas utveckling, uthållighet och produktionsförmåga är därför avgörande för ekologisk odling.

I detta projekt identifieras och utvecklas odlingssäkra strategier för lokalproducerat proteinfoder av hög kvalitet. Därmed kan självförsörjningen av kväve och markbördigheten säkras långsiktigt genom aktivt val av baljväxter i vallen. Utvärdering av förfruktseffekten år 2020 som gjordes i försöket i Kvinnersta visade att blåusern som gav högre kväveskörd också gav högsta förfrukts- och kväveefferverkan jämfört med de övriga undersökta vallgrödorna. Dessa resultat överensstämmer väl med de i bakgrunden nämnda påvisade sambanden mellan skörd av vallbaljväxter och den efterföljande skördens storlek (Granstedt & Baeckström, 2000.). För att som i tidigare studier mer i detalj kvantifiera kväveefferverkan i relation till nedbrukat biomassa skulle det också ha behövts en icke-baljväxt som jämförelse. Förfruktsverkan gäller här för samtliga i försöket ingående baljväxterna.

Den mera långsiktiga kväveförsörjningen sammanhänger också med uppbyggnaden av den organiska substansen i marken och som påverkar markens kvävelevererande förmåga oberoende av förfrukt och gödsling. Den organiska substansen uppbyggnad innebär att både kväve och kol binds i marken och en ökning av även övriga till mullhalten förbundna bördighetsegenskaper som mark-biologisk aktivitet och markens vattenhållande förmåga (Granstedt & Kjellenberg, 2008). I den mån vallen kan bidra till en ökning av markens organiska substans bidrar detta också till att marken blir en kolsänka och minskar odlingens belastning på klimatet. Resultaten från storparcellförsöket på Ullberga (Tabell 8 och Figur 4) visar en betydande uppbyggnad av den organiska substansen i både matjorden och alven motsvarande drygt 1000 kg kol per ha och år i matjorden 0–20 cm och även i underliggande marknivåer ned till 90 cm under en begränsad tidsperiod på fem år.

Uthållighet och produktionsförmåga hos rödklöver, vitklöver, käringtand och blåusern i samodling med timotej jämfördes på olika försöksgårdar. Blåusern samodlad med timotej har gett högst totalskörd under de tre åren, i medeltal 25 % respektive 22 % högre totalskörd än rödklöver i Nibble respektive Kvinnersta (tabell 13 och 19). I Nibble var den genomsnittliga totalskörden inte signifikant skild från totalskörden av rödklöver samodlad med timotej, medan den genomsnittliga totalskörden av blåusern var signifikant högre än skörden av de andra baljväxterna i Kvinnersta. Dock minskade skördenivåerna för varje vallår, där torråret 2018 hade stor betydelse för skördenivåerna på dessa obebäddade fält. Käringtand samodlad med timotej har en genomsnittlig skördenivå i paritet med vitklöver på Nibble, medan skördarna var svagare vallskördeår 1 och 2 på Kvinnersta. Däremot har käringtand återhämtat sig och levererade näst högsta skörden vallskördeår 3 vilken överträffade rödklöver med 25 % och vitklöver med 6 %.

I medeltal för samtliga skördar för båda försöksplatserna var baljväxthalten 49,5 % av rödklöver och 49,6 % av blåusern, vilket är signifikant högre än baljväxthalten av vitklöver, 36,9 och av käringtand 23,4 %. Vallskördeår 3, vallskörd 1 på Nibble, var halten av rödklöver 30 %, av vitklöver 12 % och av käringtand 26 % vilket är signifikant lägre än halten av blåusern som var 63 %. I Kvinnerstaförsöket var halten blåusern av 46 % vilket är signifikant högre än vitklöverhalten som var 18 %, medan halterna av rödklöver och käringtand var 36 %. Resultaten är i linje med en tidigare genomförd treårig studie (Wallenhammar et al. 2014) där rödklöver visade god kapacitet med en baljväxthalt på 53 %

respektive 52 % i medeltal för vallskördeår 1 och 2 trots påtagligt sjuka plantor vallskördeår 2. Vallskördeår 3 i föregående undersökning minskade klöverhalten till i medeltal 27 % och vallfodrets sammansättning förändrades (Wallenhammar et al., 2014). Här bör också nämnas att i den tidigare studien tillfördes stallgödsel på våren årligen och att baljväxterna samodlades med ängssvingel och timotej. I detta projekt användes endast timotej och ingen tillförsel av stallgödsel vilket bidrar till att gräset har svårare att konkurrera. På Nibble vallskördeår 3, var rödklöverhalten signifikant lägre än halten av blåusern vid första- och andraskörden. På grund av den extrema väderleken med torka och höga temperaturer (Tabell 4 och Figur 2) gav den ingen tredje skörd medan blåuserhalten var 66 % av den totala biomassan. Tredje vallskördeåret på Kvinnersta 2 var rödklöverhalten likartad den av käringtand och blåusern i första skörden. Andelen blåusern var signifikant högre än rödklöver i både andra och tredje skörd. Skörden av blåusern var signifikant högre än vitklöver och käringtand sammantaget över åren på Nibble, men på årsbasis var det bara under vallår 2 som blåusern avkastade mer än vitklöver och käringtand. På Kvinnersta, en odlingsplats med mindre intensiv vallodling har rödklöver hävdats sig bättre under vallskördeår 3. Den sammanlagda blåuserskörden var då signifikant högre än de övriga baljväxterarterna men på årsbasis var det endast under vallskördeår 3 som blåuserskörden var signifikant högre än rödklöverskörden (Tabell 13). Skörden av blåusern var också högst i båda försöken på Ullberga. Under vallår 1 2019 (Ullberga 2) var totalskörden av blåusern signifikant högre än rödklöver, till skillnad från det första omloppet då inga signifikanta skillnader i skörd förelåg (tabell 7, figur 8). Att blåusern gett högst avkastning är något av ett paradigmskifte i jämförelse med tidigare erfarenheter där andelen baljväxt i blåuserleden varit extremt låg (Wallenhammar et al., 2014). En stark etablering med ny ymp innehållandes bakterien *Sinorhizobium meliloti* lade grunden för blåuserskörden tillväxt.

Totalskördarna av samtliga baljväxterarter i Södermanland andra vallskördeåret (2017) var signifikant lägre än föregående år. På Ullberga var totalskörden 29 % lägre och i Järna 38 % lägre än 2016. Samtidigt var nederbördsmängderna betydligt lägre på samtliga platser (tabell 4 och 5) och vallskörd 1 och vallskörd 2 baserades på endast 94 mm, vilket var en halvering jämfört med 2016. Nederbörden under sommaren har större betydelse på avkastningen jämfört med låg nederbörd under våren (Messer et al., 2016). Nederbördsförhållanden under 2016 får anses vara optimala och då finns inga signifikanta skillnader i avkastning mellan baljväxterarterna (tabell 14). Under den nederbördsfattiga sommaren 2017 bekräftades torkkänsligheten hos vitklöver och käringtand i vallskörd 2. Rödklöver visade också svag tillväxt medan blåusern här gav signifikant högst skörd och överträffade medelvärdet av skördarna för rödklöver, vitklöver och käringtand med 66 % (2056 kg ts/ha). Under 2018 med låg nederbörd (Tabell 4c) och extremvärme var skördarna i rödklöver och vitklöver likartade och i vallskörd 3 fanns ingen vitklöver, rödklöver eller timotej varvid skörden uteblev. Totalt sett var skörden av blåusern 5307 kg ts per ha, vilket är 250 % högre än av rödklöver och vitklöver, och 163 % högre än käringtandleddet.

För båda försöksplatserna gäller att låga temperaturer under mitten av maj månad försenade mineraliseringen av markkvävet 2017, vilket kan vara en av de bidragande orsakerna till en lägre första skörd. I Kvinnersta 2017 var första skörden signifikant högre i rödklöver och blåusern jämfört med den torkkänsliga arten vitklöver och käringtand som anses ha god förmåga att kompensera för torka (Carter et al., 1997; Inostroza et al., 2015; Komanda et al., 2019). Totalt sett var skörden av blåusern och rödklöver signifikant högre än den av vitklöver och käringtand. Vitklöverskörden var också signifikant högre än skörden av käringtand. Baljväxthalten var mycket hög i samtliga led (tabell 20) och signifikant högst i rödklöver och blåusern; 74,5 respektive 74,8 % jämfört med 53,8 vitklöver och 48,5 % käringtand. Baljväxthalten ökade för varje skörd och översteg 80 % från vallskörd 2. Under 2018 avviker skörderesultaten i Kvinnersta stort från Nibble då både rödklöver och blåusern lämnar lägre skörd än vitklöver och signifikant lägre skörd än käringtand i vallskörd 1. I vallskörd 2 som var låg finns inga signifikanta skillnader mellan leden, och i vallskörd 3 lämnar samtliga led skördar som inte är signifikant skilda åt: 2962-3317 kg ts per ha. Totalt

sett lämnade käringtandleddet en signifikant lägre skörd, men hos praktiska odlare torde en tredje skörd ha tagits. Under 2018 medförde nederbörden i augusti i Örebrotrakten att tredjeskörden blev högst totalt för samtliga försöksled medan den högsta skörden i Järna totalt sett skördades i vallskörd 1. Tredje vallskördeåret på Kvinnersta, 2019, gav merskörd av blåusern jämfört med de två klöverarterna.

Rotgraderingarna visar höga sjukdomsangrepp på Nibble och Ullberga redan insåningsåret med SI på 30 och 21 för den yttre respektive inre avläsningen på Nibble är ovanligt högt i jämförelse med tidigare undersökningar (Wallenhammar et al., 2010, Wallenhammar et al., 2014), och visar ett högt sjukdomstryck liksom på Ullberga SI_y var 26 och SI_i var 25 i medeltal. I Kvinnerstaförsöken var motsvarande index SI_y 8 och SI_i 5 2016 och SI_y 21 och SI_i 8. Nibble och Ullberga är gårdar med frekvent odling av vallbaljväxter, medan Kvinnersta har ett längre uppehåll mellan vallarna i växtföljden.

Sjukdomsangreppen ökade över tid. På Nibble fanns inga signifikanta skillnader mellan arter insåningsåret 2015. Under vallår 1 var angreppen högst i vitklöver som tillsammans med rödklöver hade signifikant högre angrepp än käringtand och blåusern, och vallår 2 var SI_i i vitklöver 63, vilket avviker stort från tidigare studier (Wallenhammar et al., 2014). Rödklöver och vitklöver hade signifikant högre angrepp än blåusern. På Ullberga var angreppen i rödklöver signifikant högre än i blåusern samtliga år för båda omgångarna (tabell 5 a-b). I nyanläggningen blev rödklövern som såddes efter blåusern (Led 2) lika infekterad som rödklövern sådd efter rödklöver (Led 3). Blåusern efter blåusern (Led 1) respektive rödklöver (Led 4) har liknande yttre sjukdomsindex och angreppsgrad både under vallår 1 och 2, vilket tyder på att blåusern påverkas av de patogena svamparna i jorden men att uppförökningen i rödklövern inte har betydelse. Dock ökade inre sjukdomsindex och angreppsgraden till vallår 2 i omlopp 2 (Ullberga 2).

I tidigare studier har utvecklingen av mängden patogen-DNA följts i olika sorter av rödklöver (Almquist et al., 2016) och i den här studien undersöktes förekomst av patogen-DNA i vitklöver, käringtand och blåusern för första gången. DNA-analyserna visar förekomst av *F. avenaceum*, *Phoma* spp och *C. destructans* i samtliga baljväxter på alla försöksplatser, redan under insåningsåret, vilket indikerar att blåusern och käringtand visar en tolerans mot patogenerna genom att inte utveckla sjukdomssymtom i motsvarande nivå som rödklöver och vitklöver. Genom förmågan att producera stolonerna bibehåller vitklöver vitaliteten och bildar nya plantor medan rödklöverroten bryts ner och plantan dör (Sawavi et al., 1986). DNA-analyserna visar att både *Phoma* spp och *C. destructans* är viktiga patogener i rotrötekomplexet, vilket stämmer överens med tidigare DNA-analyser i rödklöver (Almquist et al., 2016) och mykologiska undersökningar (Ylimäki, 1967; Rufelt, 1986). Resultaten visar att *F. avenaceum* förekommer i låga nivåer med undantag för Kvinnersta 2018 medan *Phoma* spp., liksom *C. destructans*, är viktiga patogener att uppmärksamma i förädlingsprogram. Vitklöver visade starka samband mellan både yttre och inre sjukdomsindex och mängden patogen-DNA i rötterna möjligen på grund av att den har högst summa av genkopior av både *Phoma* spp och *C. destructans* på båda försöksplatserna. De statistiska uträkningarna gjordes med logaritmerade värden, varav det blev annorlunda signifikansbokstäver för *C. destructans* för alla grödor respektive år än vad medelvärdet utvisar (Tabell 11 & 12). Förekomsten av de olika patogenerna följer samma mönster på Nibble och Kvinnersta där mängden DNA ökade över vallåren med högst antal genkopior av både *Phoma* spp. och *C. destructans* som uppmättes vallår 2.

De patogena svampar som vi undersökte finns historiskt bekräftade i en omfattande finländsk studie från 1967 där *F. avenaceum* och *C. destructans*, då benämnd som *Cylindrocarpon radicola*, var två av de arter som förekom i störst omfattning i undersökta rötter (Ylimäki, 1967). Då var det första gången arten *Phoma medicaginis* var. *pinodella* bestämdes i Finland. *Cylindrocarpon destructans* har bytt namn igen till *Ilyonectria radicola* enligt EPPO Global Database. DNA-analyserna i denna studie och i nyligen genomförd studie (Almquist, 2016) visar dock endast en låg förekomst av *F. avenaceum*, som

är en svamp som kan bana vägen för andra sårparasiter. Flera av de förekommande svamparna anses vara svaga patogener, som inte ensamma kan orsaka sjukdom, men kan öka nedbrytningen av rotens cellvävnad (Ylimäki, 1967). Inledningsvis analyserades rötterna för *F. culmorum*, men vi fick ingen detektion, och fortsatte inte att analysera denna patogen. Detta stämmer också med undersökningar i rödklöver (Almquist, 2016). Den finska studien bekräftar att *F. culmorum* inte orsakar skador i rödklöver (Ylimäki, 1967), men svampen kan vara ett problem i spannmålsintensiva växtföljder (Yli-Mattila et al., 2010).

Information om sammansättning av antal aggressiva kontra icke aggressiva stammar av *Phoma* och *Cylindrocarpon* på varje baljväxt och på de olika försöksplatserna behövs. Andra studier med *C. destructans* från koreansk och amerikansk ginseng samt portugisiska vindruvor visade att isolerade stammar kan delas upp i två grupper med olika aggressivitet (Song et al., 2014; Rego et al., 2001). Faktum att blåusern och käringtand har bättre motståndskraft mot patogenkomplexet kan möjligen härledas till morfologiska skillnader i den botaniska uppbyggnaden av rotens cellväggar.

Grovfoderproduktionen är central i ekologisk djurproduktion och det är viktigt att produktionen är jämn över åren. Här är artvalet avgörande för att bibehålla en hög avkastning i områden med torra förhållanden under sommaren. Våra undersökningar visar att plantor försvagade av sjukdom är utsatta för abiotiska förhållanden. Baljväxter med omfattande angrepp av rotröta försvagas av extrem torka, samtidigt visar tidigare erfarenheter att sjuka plantor är utsatta under perioder av barfroster på våren (Almquist, 2016). Käringtand har visat stor potential och är tålig för torkstress, och har i kärnförsök visat god kontroll att reglera stomata (Komianda et al., 2019). Våra studier har bekräftat att käringtand är en robust vallbaljväxt med stor potential i långliggande slåttervallar.

Precisionen i odlingen kan ökas genom att bestämma markkemiska förhållanden ner till 90 cm djup. På samtliga försöksplatser ökade pH-värdet med markdjup (tabell 3) och var 8,0 i Nibbleförsöket, vilket torde gynna utvecklingen av rötterna hos blåusern.

Klimatförändringarna kan förlänga perioder av torka respektive ihållande nederbörd, vilket skörderesultaten från 2018 tydligt visade, och det gäller att ta höjd för detta genom att platsanpassa valet av baljväxt i olika produktionssystem.

Foderkvaliteten kan variera mellan olika baljväxter. Rödklöver har generellt en bättre proteinkvalitet jämfört med blåusern, med större mängd stabilt protein, som inte bryts ned i vommen, samt en större mängd sant protein (Nadeau et al., 2016; Solati et al., 2016) och kan utnyttjas bättre av idisslarna än proteinet från blåusern (Nadeau et al., 2020).

Ett förnyat intresse att använda vallbaljväxter för att bygga upp markbördighet i spannmålsväxtföljder konstateras framför allt i Europa i en tid när farhågorna över de negativa konsekvenserna av handelsgödsel ökar (McKenna et al., 2018). Direktiv angående begränsning av kvävetillförseln i vallar riktar ett stort fokus mot blandvallar med gräs och kvävefixerande rödklöver. Den svaga uthålligheten hos rödklöver har stort fokus i Europa (Iepema et al., 2006) men orsakssambanden är inte utredda.

Resultaten från denna undersökning bidrar till att förstå sambandet mellan baljväxternas utsatthet för sjukdomsangrepp och förmåga att stå emot väderlekstyper. Baljväxterna är försvagade efter vintern, och en del plantor faller bort här. Sedan utvecklas sjukdomen under växtsäsongen (Ylimäki, 1967) och i tidigare studier där rödklöverrötter analyserats både höst och vår har en stark ökning av SI visats, från 10 till 30 vallskördeår 1 och från 20 till ca 60 vallskördeår 2 (Wallenhammar et al., 2020). Att angreppet är lägre våren vallskördeår 2 kan tillskrivas att sjuka plantor försvunnit. Den kraftiga ökningen under vallskördeår 2 kan sannolikt bero på en ökad utbredning av *C. destructans* i infekterade plantor som orsakar en tilltagande förruttnelse av vävnaderna och leder till en ihållig rot. Få studier finns rörande rotröta i rödklöver men studier från Kanada angående faktorer som påverkar utvecklingen av

rotröta i ginseng orsakad av *C. destructans* ger oss förståelse för patogenens utveckling, där 2 år gamla rötter visade sig vara mest känsliga för infektion av alla åldrar (Led 1–4) under de år som testades (Rahman & Punja, 2005). Viktiga åtgärder för att stärka vallbaljväxterna är skötsel under växtsäsongen, att stärka plantorna inför vintern genom att aktivt välja skördetidpunkt så att kolhydrater lagras in i rötterna och inte förbrukas i en omväxt. Vidare ställer dagens skördesystem och skördemaskiner, med upp till fyra skördar per säsong, krav på att begränsa körskadorna genom att använda fasta körspår. Upprepade avslagningar ger också nya vägar för infektion vilket beskrevs av Rufelt (1986). Växtplatsen har stor betydelse för angreppets styrka, vilket visats i denna studie, liksom tidigare (Almquist, 2016, Wallenhammar et al., 2020), där odlingsintensiteten leder till uppförökning av inokulum. I den kanadensiska studien (Rahman och Punja, 2005) testades olika koncentrationer av inokulum av *C. destructans* och ett tilltagande angrepp registrerades för nivåer som ökade från $3,45 \times 10^2$ CFU (colony forming units) g^{-1} torr jord till $1,86 \times 10^3$ CFU g^{-1} torr jord. Vid högre nivåer ökade inte angreppet ytterligare. Studien visade också att infektion med *C. destructans* blir mer betydligt vid pH-värde 5 jämfört med pH-värde 7 i jorden. Vidare medförde artificiellt tillfogade skador på roten större förruttnelse jämfört oskadade rötter. Översatt till fältförhållanden så innebär detta att efter en tvåårig rödklövervall finns en stor mängd inokulum som sedan kan infekterar nysådda rötter, vilket visades i andra omloppet på Ullberga. *Cylindrocarpon destructans* bildar robusta tjockväggiga klamydosporer i jorden och givet en vid värdväxtkrets är det svårt att eliminera smittan från fält (Rahman och Punja, 2005). Genom att odla lusern eller käringtand i tre år, längre liggtid ökar sjukdomsangreppen, förändras förmodligen sammansättningen mot mer *Phoma* spp än *C. destructans* i jorden efter blålusern, kan en stabil baljväxtproduktion säkerställas i en tid då klimatet förändras med längre perioder av torka. För käringtand behöver liknande växtföljdsstudier göras för att undersöka effekterna på svampsamhällena.



Figur 15. Blålusern och till vänster i övre hörnet skymtar rödklöverparcellerna, storparcellförsöket, Ullberga, 26 augusti 2016.

5. Kommunikation av resultat

Nationella möten och sammankomster

Brunnby Lantbrukardagar 2015, 2016, 2017, 2018 och 2019: Parceller med olika baljväxtblandningar såddes 2015 har skötts i enlighet med försöksplanen. Parcellerna har varit och är fortfarande fina demonstrationsrutor för de 5000 besökare som kommit årligen kom.



Figur 16. Våra vallbaljväxter i demonstrationsrutor som visades på Brunnby Lantbrukardag 2016–2019. Övre rad: skyltning av demonstrationsodlingen, blålusern och vitklöver. Nedre raden: rödklöver och käringtand i såddling med timortl

Ekologiska Lantbrukarna Riksstämman, Järna 16 mars 2016.

Wallenhammar, A-C. Växtföljdssjukdomar i rödklöver.

Ämnesgrupp Vall och grovfoder 22 november 2016: Presentation av projektet. 30 deltagare (rådgivare och forskare) Wallenhammar

Vallkonferensen 7–8 februari 2017: Posterpresentation (Omer). 400 deltagare (rådgivare, lantbrukare, forskare)

Vallkonferensen 4–5 februari 2020: Muntlig presentation av A-C Wallenhammar. Publicerat konferensbidrag tillgängligt på internet (se publikationer på svenska)

Ämneskommitté vall och grovfoder: 25 mars 2021: Redovisning av projektet: digitala presentationer av Wallenhammar, Edin, Omer och Granstedt. 45 deltagare

Internationella möten

European Grasslands Federation, General Meeting, Cork, Irland 17-21 juni 2018
Posterpresentation av Wallenhammar med publicerat konferensbidrag (se Wallenhammar med flera 2018 i internationella publikationer)

EGF EUCARPIA, Joint Symposium, Zurich, 24 - 27 juni, 2019
Poster presentation av Wallenhammar med publicerat konferensbidrag (se Wallenhammar med flera 2019 i internationella publikationer)

EGF, Helsingfors, Finland, European Grasslands Federation, Helsinki, Finland, 19-20 Oktober 2020, online
Posterpresentation av Wallenhammar med publicerat konferensbidrag (se Wallenhammar med flera 2020 i internationella publikationer)

Internationella publikationer

Wallenhammar, A-C., Stoltz, E., Omer, Z., Granstedt, A. 2018. Production capacity of forage legumes and persistence to root rot in organic mixed swards. Grasslands Science in Europe, Sustainable Meat and Milk Production from Grasslands. 17-21 June 2018. Cork, Ireland. Vol 23. 375-377.

Wallenhammar, A-C., Stoltz, E., Omer, Z., Granstedt, A. 2019. Production capacity of forage legumes and persistence to root rot in organic mixed swards. Grasslands Science in Europe 24, 99.

Wallenhammar, A-C., Edin, E., Omer, Z., Granstedt, A. 2020. Challenges in ley farming systems based on legumes in Sweden. Grasslands Science in Europe, Meeting future demands for grasslands production. European Grasslands Federation, 19-20 October 2020 Helsinki, Finland, online, vol 25, 153-155.

Publikationer på svenska

Wallenhammar, A-C., Stoltz, E., Omer, Z., Granstedt, A. 2017. Hållbar produktion av vallbaljväxter. Vallkonferens 2017. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi. Rapport 22, 180-182. Hållbar produktion av vallbaljväxter i ekologiska odlingssystem.

Wallenhammar, A-C., Omer, Z., Edin, E., & Granstedt, A. 2020. Hållbar produktion av vallbaljväxter i ekologiska odlingssystem. In: Nilsson-Linde, N. & Bernes, G. (reds.). Vallkonferens 2020. Konferensrapport. 4–5 februari 2020, Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för växtproduktionsekologi. Rapport 30. 129–131.
<https://pub.epsilon.slu.se/16657/>

Vetenskaplig publikation

Ett manuskript för internationell vetenskaplig publicering är under utarbetande men kan inte fullföljas inom ramen för projektets budget, utan nya medel får sökas för detta ändamål.

6. Tack

Tack till Ekhagastiftelsen för finansiering av projektet. Tack till försöksvärdarna, Job Michelsen, Ullberga, Nyköping, Lucas den Herder, Nibble gård, Järna och Kvinnerstaskolan, Örebro. Tack till Ulf Engman, Patthama Monthalap och Sven Sjökvist på fältförsöksenheten, HS Konsult i Örebro och Per Henriksen, Biodynamiska Forskningsinstitutet i Järna för försöksutförande och provtagning. Henrik Forsberg, HS Konsult AB och Carl-Magnus Olsson, Yara AB utförde N-sensormätningar respektive beräkningar av kväveupptaget.

7. Referenser

Almquist, C. 2016. Monitoring important soil-borne plant pathogens in Swedish crop production using real-time PCR. Doctoral Thesis, Department of Plant Biology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. 2016:26. ISSN 1652-6880.

Almquist C., Stoltz E. & Wallenhammar A.-C. 2016. Incidence of root pathogens associated to clover root rot in Sweden. *Grassland Science in Europe* 21, 786–788.

Bertilsson, J., Dewhurst, R.J. & Tuori, M. 2001. Effects of legume silages on feed intake, milk production and nitrogen efficiency. I: R.J. Wilkins & C. Paul (eds.). *Legume silages for animal production*. FAL. Braunschweig. Special issue 39–45.

Carter, E.B., Theodorou, M.K. & Morris, P. 1999, Responses of *Lotus corniculatus* to environmental change. 2. Effect of elevated CO₂, temperature and drought on tissue digestion in relation to condensed tannin and carbohydrate accumulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79, 1431-1440.

Granstedt, A. 1990. Fallstudier av kväveförsörjningen i ekologiskt lantbruk (Case studies of nitrogen supply in organic farming). Alternative Agriculture 4. Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences (in Swedish with English Summary.)

Granstedt, A. 1992. Case studies on the flow and supply of nitrogen in alternative farming in Sweden. *Biological Agriculture and Horticulture* 9, 15–63.

Granstedt, A. & Bäckström, G., 2000. Studies of the preceding crop effect of ley in ecological agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture* 15, 68 – 78.

Granstedt, A. & Kjellenberg, L. 2008. Organic and biodynamic cultivation – a possible way of increasing humus capital, improving soil fertility and be a significant carbon sink in Nordic conditions. The Second Scientific ISOFAR Conference in Modena 18-20 June 2008.

Granstedt, A. & Kjellenberg, L., 2017, *Carbon sequestration in long term on farm studies*. IFOAM Conference proceedings. Research Report Innovative research for organic 3.0 - Volume 1: Proceedings of the scientific track at the Organic World Congress 2017, November 9-11 in Delhi, India.

Komainsa, M., Küchenmeister, K., Küchenmeister, F., Breitsameter, L., Wrage-Mönnig, N., Kayser, M. & Isselstein, J. 2019. Forage legumes for future dry climates: Lower relative

biomass losses of minor forage legumes compared to *Trifolium repens* under conditions of periodic drought stress. *Journal of Agronomy and Crop science* 205, 460– 469.

Iepema, G., van Eekeren, N. & Van Dongen, M. 2006. Production and persistency of red clover (*Trifolium pratense*) varieties when grown in mixtures. *Grassland Science Europe* 11, 388-390.

Johnston, A.E. & Poulton, P.R. 2018. The importance of long-term experiments in agriculture: their management to ensure continued crop production and soil fertility; the Rothamsted experience. *European Journal of Soil Science* 69, 113–125.

Inostroza, L., Acuña, H. & Tapia, G. 2015. Relationships between phenotypic variation in osmotic adjustment, water-use efficiency, and drought tolerance of seven cultivars of *Lotus corniculatus* L.. *Chilean journal of agricultural research* 75, 3-12.

Knox, O.G. G., Leake, A.R., Walker, R. L. & Edwards, A. C. 2011. Revisiting the multiple benefits of historical crop rotations within contemporary UK agricultural systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 35, 163-179.

Lager, J. & Gerhardson, B. 2002. Pathogenicity of clover root pathogens to pea, bean and lucerne, *Journal of Plant Diseases and Protection* 109, 142-151.

McKenna, P., Cannon, N., Conway, J., & Dooley, J. 2018. The use of red clover (*Trifolium pratense*) in soil fertility-building: A Review. *Fields Crops research* 221, 38-49.

Meisser, M., Deléglise, C., Signarbieux, C., Vitra, A., Mosimann, E. & Buttler, A. 2016. Impacts of spring and summer droughts on yield and forage quality of three grasslands. Grassland Science in Europe, The multiple roles of grassland in the European bioeconomy, 4-8 September 2016. Trondheim, Norway. Vol 21, 792-795.

Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois D., Gunst L., Fried P. & Niggli, U. 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* 296. 1592-1597.

Nadeau, E., Hallin, O., Richardt, W. & Jansson, J. 2016. Protein quality of lucerne- a comparison to red clover and effects of wilting and ensiling. Grasslands Science in Europe, The multiple roles of grassland in the European bioeconomy. 4-8 september 2016. Trondheim, Norway. Vol 21. 372-375.

Nadeau, E., Sousa, D., Hansen, H.H. & Hallin, O. 2020. Avkastning och näringskvalitet i lusernsorter jämfört med rödklöver. Vallkonferens 2020, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi. Rapport 30, 122-125.

Nilsdotter-Linde, N. 2001. Odling av käringtand. Ekologiskt lantbruk. Konferens 13–15 november. SLU. Centrum för uthålligt lantbruk. Sammanfattningar av föredrag och postrar 301–306.

Nilsdotter-Linde, N, Bernes, G., Christensson, D., Hedqvist, H., Jansson, J., Murphy, M., Tuveesson, M. & Waller, P. 2002, Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) with respect to agronomy, *in vitro* protein degradability and parasitic infections in grazing animals. Proceedings of the 14th IFOAM Organic World Congress "Cultivating communities" i Victoria, British Colombia, Canada, 21–24 augusti 2002, 92.

Nykänen, A., Granstedt, A., Laine, A. & Kunttu S. 2000. Yields and clover contents of leys of different ages in organic farming in Finland. *Biological Agriculture and Horticulture*. 18, 55-66.

- Nykänen, A., Granstedt, A., Laine, A. & Jauhiainen, L. 2008. Residual effect of clover-rich leys on soil nitrogen and successive grain crops. *Agricultural and Food Science* 17, 73-87.
- Nykänen, A., Salo, T. & Granstedt, A. 2009. Simulated cereal nitrogen uptake and soil mineral nitrogen after clover-grass leys. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 85, 1–15.
- Rahman, M. & Punja, Z.K. 2005. Factors Influencing Development of Root Rot on Ginseng Caused by *Cylindrocarpon destructans*. *Phytopathology*, 95: 1381-1390.
- Rego, C., Nascimento, T. & Oliveira, H. 2001. Characterisation of *Cylindrocarpon destructans* isolates from grapevines in Portugal. *Phytopathologia Mediterranea* 40, S343–S350.
- Rufelt, S. 1986. Studies on *Fusarium* root rot of red clover (*Trifolium pratense* L.) and the potential for its control. Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst. för växt- och skogsskydd, Uppsala. Doktorsavhandling. 33 s.
- Sawai, A., Gau, M. & Ueda, S. 1986. Difference in root systems among growth types of red clover. *Journal of Japanese Grassland Science* 32, 164-166.
- Saviranta, N.M.M., Julkunen-Tiitto, R., Oksanen, E. & Karjalainen, R.O. 2010. Red clover (*Trifolium pratense* L.) isoflavones: root phenolic compounds affected by biotic and abiotic stress factors. *Science of Food and Agriculture* 90, 418-423.
- Solati, Z., Jørgensen, U. & Sørensen, K. 2016. Protein productivity and extractability of legume and grass species during spring growth. Grassland Science in Europe, The multiple roles of grassland in the European bioeconomy, 4-8 September 2016. Trondheim, Norway. Vol 21, 116-118.
- Song, J. Y., Seo, M. W., Kim, S. I., Nam, M. H., Lim, H. S. & Kim, H. 2014. Genetic Diversity and Pathogenicity of *Cylindrocarpon destructans* Isolates Obtained from Korean *Panax ginseng*. *Mycobiology* 42, 174-180.
- Wallenhammar, A-C. 2010. Field Surveys of *Fusarium* root rot in Swedish organic red clover leys and susceptibility tests of Nordic cultivars. In: NJF Seminar 432. The potential of forage legumes to sustain a high agricultural productivity. Hvanneyri, Iceland, 20–22 June 2010.
- Wallenhammar, A-C, Almquist, C., Stoltz, E & Omer, Z. 2017. Snabb och säker diagnos av patogener på rödklöver i ja och rot samt värmebehandling av rödklöverfrö för ökad utsädeskvalitet. Slutrapport SLF-projekt H1160210. Januari 2017.
- Wallenhammar, A-C, Nilsson-Linde, N., Jansson, J., Stoltz, E. & Lagerström-Bäckström, G. 2013. Uthålliga vallbaljväxter för en miljö- och kostnadseffektiv mjölkproduktion. Slutrapport SLF. Juni 2013.
- Wallenhammar, A-C., Nilsson-Linde, N., Jansson, J. & Stoltz, E. 2014. Rotröta påverkar uthålligheten hos vallbaljväxter. Vallkonferens 2014. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi. Rapport 18, 55-58.
- Wessen, G. 2006. Root rot in red clover (*Trifolium pratense* L). Uppsala, Sweden: SLU, Examensarbete.
- Witter, E. & Johansson, G., 2001. Kalium från alven - djupgående rötter kan hitta dolda reserver. Fakta Jordbruk, 18, SLU.

Ylimäki, A. 1967. Root rot as a cause of red clover decline in leys in Finland. *Annales agriculturae Fenniae* 6, 1–59.

Yli-Mattila, T., Kalko, G., Hannukkala, A., Paavanen-Huhtala, S. & Hakala, K. 2010. Prevalence, species composition, genetic variation and pathogenicity of clover rot (*Sclerotinia trifoliorum*) and *Fusarium* spp. in red clover in Finland. *European Journal of Plant Pathology* 126, 13–27.

Öhberg, H. 2008. Studies of persistence of red clover cultivars in Sweden, Uppsala, SLU, Doktorsavhandling 2008:8.

8. Strategier för odling av hållbara vallbaljväxter

1. Bibehåll en jämn produktionsnivå

Att etablera och odla en vall och bibehålla jämn halt av rödklöver över tid är en utmaning som kräver eftertanke. Vi har odlat rödklöver sedan slutet av 1700-talet och problemen med rotskador har uppmärksamats under långa tider, men det var först efter ett grundligt landsomfattande arbete av uthålligheten i finska vallar för drygt 50 år sedan orsaken fastställdes till patogena svampar bland annat ur släktet *Fusarium*, *Cylindrocarpon destructans* och *Phoma medicaginis*. Svamparna som finns i jorden är svaga patogener som tar sig in genom poröppningar i rothår och huvudrot ofta 5–7 cm under markytan. Smittan sprids sedan vidare genom skador som uppstår vid skörd och tex frost. Valletablering är kostsam och svår särskilt under torra förhållanden, därför krävs val av andra baljväxter som klarar av att leverera en jämn produktion över tre skördeår i lägen där rödklöver inte levererar.

2. Öka uppehållet mellan baljväxtvallarna i växtföljden.

Nibble och Ullberga är gårdar med frekvent odling av vallbaljväxter, medan det i Kvinnersta är ett längre uppehåll mellan vallarna i växtföljden. Det var ett generellt lägre angrepp av rotröta de inledande åren i Kvinnersta. Att odla rödklöver intensivt innebär ett högt risktagande där klöverna kan försvinna helt när väderleken är påfrestande.

3. Minimera fysiska skador

Minimera fysiska skador som kan orsakas av körsador samt nematoder och insekter. Fasta körspår styr markpackningen till begränsade ytor till gagn för både baljväxter och gräs.

4. Odling av lusern innan rödklöver i växtföljden ökar hållbarheten hos rödklöver på lång sikt

Alla tre patogenerna har en bred värdväxtkrets, till exempel *Fusarium avenaceum* som kallas för generalist och angriper plantor i mer än 80 växtsläkten bland annat ärt och åkerböna. Odling av baljväxter samt andra grödor i växtföljden kan bidra till ökning av smitta i marken. I intensiva spannmålsväxtföljder ökar risken med *Fusarium*arter, särskilt *F. culmorum*. Resultatet visade att alla tre patogena svampar uppträdde samtidigt och kunde detekteras med qPCR-analyser i samtliga baljväxter vid första provtagningstillfället under insåningsåret med tydlig dominans av *Phoma* spp och *C. destructans* i rödklöver, vitklöver, käringtand och blålusern. Redan under första vallåret förändrades trenden till mer *Phoma* och mindre *C. destructans* i blålusern och det omvända i rödklöver på båda försöksplatserna. Detta visar att rödklöver är sannolikt mer känslig för *C. destructans*. Storparcellförsöket i Ullberga visade mindre angrepp av rotröta i rödklöver efter blålusern jämfört med rödklöver efter rödklöver. Även om patogenerna inte analyserats i jord kan vi spekulera i att det producerades mindre mängd smitta i blålusern. Den signifikanta korrelationen mellan sjukdomsindex (inre och yttre index) och resultatet av qPCR-analyser i form av antal

genkopior i fram för allt vitklöver, men också i andra baljväxter och vissa av de tre patogenerna bekräftar att symptomen som graderades på rötterna orsakades av *F. avenacea*, *Phoma* spp och *C. destructans*. Längre liggtid ger ökad mängd jordbunden smitta vilket visades i Ullberga där blåusern fick växa fem år och här slutade inre index på 80, samtidigt som plantan var mycket sjuk. För en uthållig växtföljd med jämn produktionsnivå över tid bör vallen begränsas till tre år.

5. Bibehåll eller öka pH i jorden med regelbunden kalkning

Angrepp av patogena svampar t ex *C. destructans* ökar vid lägre pH-värde i jorden dessutom är de kvävfixerande *Rhizobium*-bakterierna känsliga för lågt pH-värde, något som kan försvaga och sätta plantan under stress och därmed öka risken för rotröta. Vi rekommenderar alvprovtagning för att undersöka pH ner till 90 cm djup.

6. Val av arter efter produktionsinriktning

Idag finns goda tekniska möjligheter att blanda foder av olika kvalitet i mixervagnar. Utgå från produktionsdjurens behov och det kommer att finnas plats för olika baljväxter som också ger ett mindre risktagande i torra situationer.